

Utilização e avaliação de recursos digitais na elaboração conceitual sobre solubilidade de sais

The use and evaluation of digital resources on conceptual construction about salts solubility

Caroline Oleinik Vezú¹, Marcelo Maia Cirino²

Resumo

O trabalho investigou a evolução das concepções de estudantes do segundo ano do Ensino Médio sobre “Solubilidade de Sais”, a partir da utilização do software educacional “Sais e Solubilidade” e após o contato formal dos estudantes com esse conteúdo. Partimos da hipótese de que os estudantes não se apropriam corretamente dos significados atribuídos ao conceito de solubilidade na dimensão submicroscópica, uma vez que estabelecem contato, na maioria das vezes, com a dimensão macroscópica (fenômeno) no cotidiano. Dessa forma, uma Situação de Ensino (SE) com o recurso do simulador possibilitou aos estudantes novos níveis de elaboração conceitual, mais próximos da dimensão submicroscópica. Realizamos o acompanhamento antes, durante e após a utilização do software e, com isso, foi possível a reorganização dos níveis explicativos e a análise da elaboração conceitual, pelos estudantes. Os resultados indicam que a utilização desse recurso propiciou melhores possibilidades de conceituação, com relação à dimensão submicroscópica.

Palavras-chave: TIC. Elaboração conceitual. Solubilidade de sais. Simulador. Ensino de Química.

Abstract

This study investigated the development of the conceptions of High School students from the NRE of Apucarana (PR), on the topic “Salts and Solubility” with using the software “Salts and Solubility” after the formal contact of the subject. We had starting up with a hypothesis that students do not appropriate correctly the meanings attributed to the concept of solubility, in the submicroscopic level, since they usually only establish contact with the macroscopic world, in everyday examples. Thus, the teaching situation, with the use of the simulator, enabled students to achieve a more effective level of submicroscopic observation. The results allowed the monitoring before, during and after the implementation of the software and, therefore, it was possible to reorganize explanatory levels and the analysis of the evolution of meaning construction of the students. The last interpretation indicates that the use of digital resource helped students to achieve better results in relation to the submicroscopic understanding of the phenomenon. Without this precious resource, students, mostly of them, could not design the nearest meanings of the scientifically accepted model in the investigated size (submicron).

Keywords: ICT. Conceptual construction. Salts solubility. Simulator. Chemistry teaching.

¹ Mestra em Química (UEL); Docente do Instituto Federal de Mato Grosso, campus de Campo Novo do Parecis (MT) - carol_oleinik@hotmail.com

² Docente do Departamento de Química da Universidade Estadual de Londrina (UEL) - mmcirino@uel.br

Introdução

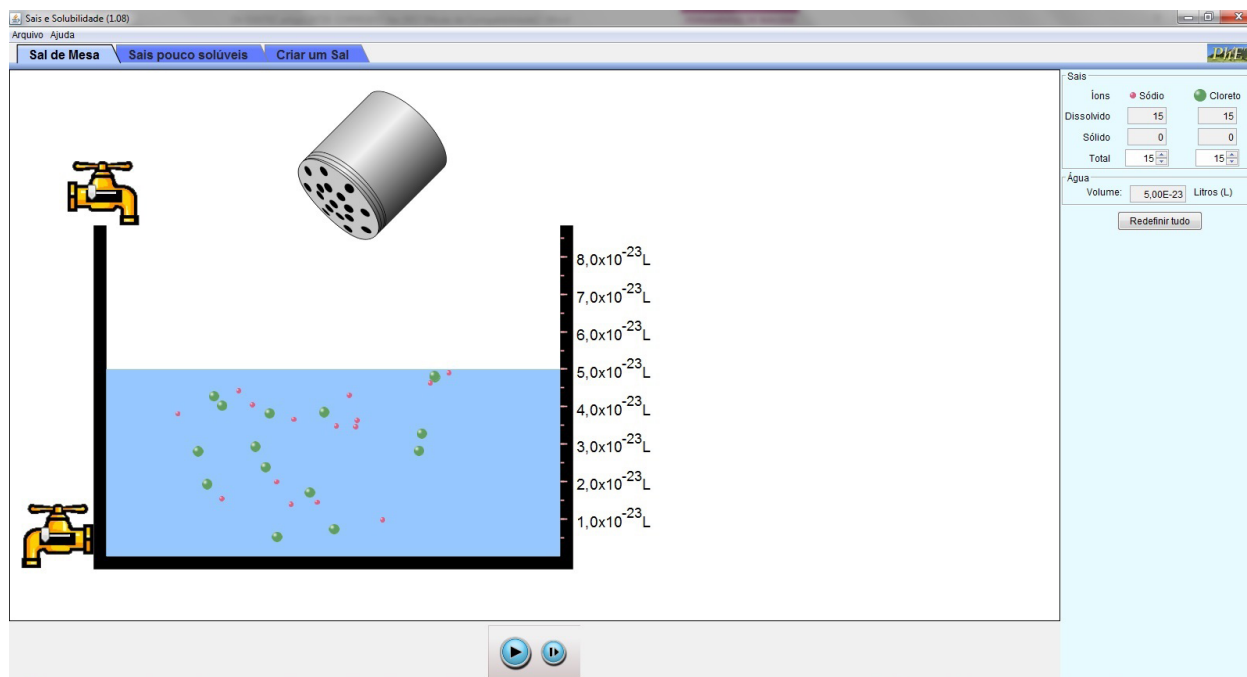
A presença e a intervenção dos meios de comunicação na sociedade moderna é incontestável. Por meio deles podemos nos conectar e obter informações sobre o mundo todo. As primeiras experiências com computadores na educação ocorreram em meados da década de 50 do século passado. Nessa época, eram utilizados como armazenadores e transmissores de informações ao aprendiz. O uso do computador na escola, porém, para a maioria dos especialistas, não funciona na concepção de uma máquina pronta para transmissão do saber. Conforme aponta Valente (2008), a grande utilização desse instrumento é o pacto interacional que ele, juntamente com o aprendiz, constituem, sendo a internet a ferramenta que disponibiliza uma enorme variedade de recursos e instrumentos pedagógicos. Eichler e Del Pino (1988, p. 04) afirmam que programas simuladores, de modelagem e jogos, são os que mais envolvem uma abordagem cognitivista: “*o aluno é elemento participante da simulação, pois controla variáveis e parâmetros que a regem*”. Valente (2001, p. 11), comenta sobre os diferentes usos do computador na educação, e a respeito da simulação virtual, destaca que ela envolve a criação de modelos dinâmicos e simplificados do mundo real: “*estes modelos permitem a exploração de situações fictícias, de situações com risco, como manipulação de substâncias ou objetos perigosos; de experimentos que são muito complicados, caros ou que levam muito tempo para ocorrer*”. Ainda segundo este autor, a utilização de simuladores possibilita a construção da aprendizagem de maneira contínua e caracterizada pela formação de novos conhecimentos, inexistentes anteriormente. O aluno aprende a construir/

aprimorar os conceitos, informações e modelos por meio da aquisição de instrumental lógico-racional. Essas simulações são propostas de abordagem veiculadas de uma maneira ilustrada e lúdica, associando, muitas vezes, os conteúdos às situações do cotidiano.

Descrição do Simulador

O software “*Sais e Solubilidade*” foi escolhido para esse estudo por estar relacionado ao cotidiano dos estudantes pois, segundo Carmo, Martorano e Marcondes (2005), o conceito de “solubilidade” está subjacente ao preparo caseiro de refrescos e bebidas (café, chás, sucos, refrescos, etc.). Além disso, a noção de solubilidade é importante também quando nos referimos às misturas em geral, seu estudo e suas possibilidades. A interface do simulador é bem simples e intuitiva e apresenta duas abas: uma intitulada “sal de mesa”, que disponibiliza como sal o *cloreto de sódio* e outra aba intitulada “sais pouco solúveis”, que disponibiliza os sais: *fosfato de estrôncio, iodeto de cobre I, sulfeto de tálio I, brometo de prata, arseniato de prata e brometo de mercúrio*. Além das abas, o simulador traz um recipiente com variações de volume (quando se utiliza o *cloreto de sódio*, o software disponibiliza os seguintes volumes: 1×10^{-23} L, 2×10^{-23} L, 3×10^{-23} L, 4×10^{-23} L, 5×10^{-23} L, 6×10^{-23} L, 7×10^{-23} L e 8×10^{-23} L; para os sais pouco solúveis os volumes são: 5×10^{-17} L, 1×10^{-16} L e $1,5 \times 10^{-16}$ L). Há também uma torneira colocada na parte superior do recipiente (não ligada ao mesmo) e um segundo recipiente onde estão os sais a serem manipulados (Figura 1).

Figura 1. Interface do simulador.



Fonte: PHET (2011).

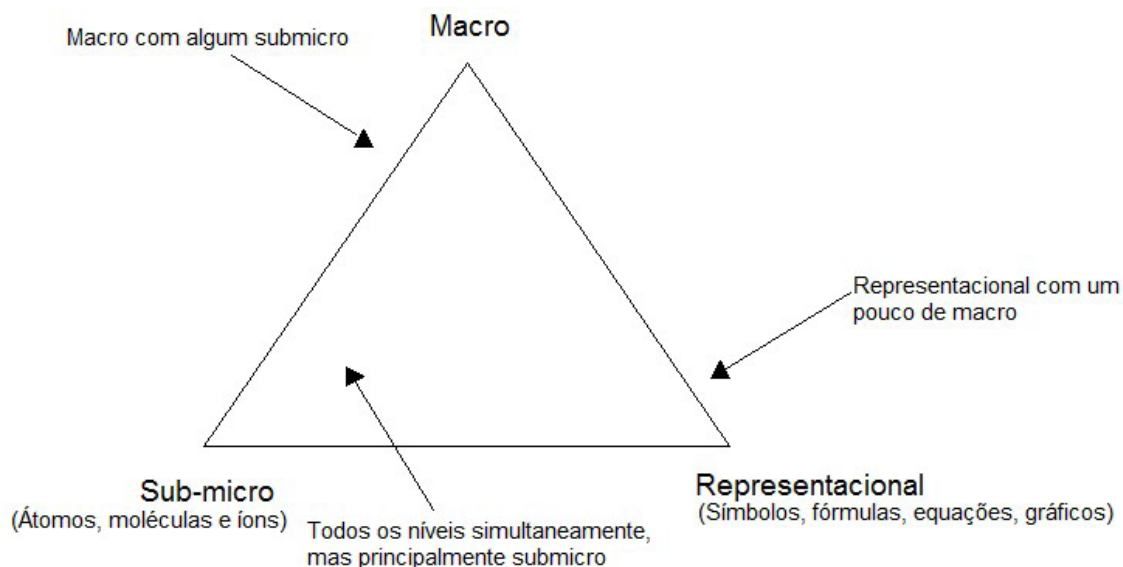
O simulador que utilizamos pode ser baixado na página do Projeto *PHET Interactive Simulations*, da University of Colorado Boulder, disponível em <<https://phet.colorado.edu/pt/simulations/category/chemistry>>. A respeito da utilização de simuladores, podemos ainda destacar que para vários autores (LIN et al., 1995; SILVERMAN, 1995; STARR, 1997; GIORDAN, 2008; MELLO, 2009), quando determinados conceitos são muito formais, do ponto de vista técnico, ou de elevado grau de abstração (como a modelização do processo de solubilização, por exemplo), são recomendáveis estratégias de solução de problemas e simulações simultaneamente ao desenvolvimento dos aplicativos. Portanto, o uso de simulações computacionais tem sido recomendado para fornecer aos estudantes acesso diferenciado aos tópicos que estão aprendendo, os quais, normalmente, seriam desenvolvidos em aulas expositivas. Isso pode ser feito, segundo Eichler e Del Pino (2006), para qualquer situação ou sistema que possa ser modelado por um programa de computador, como por exemplo, citando a área de Química: sistemas orbitais, leis dos gases ideais, operação de usinas nucleares, funcionamento

de células galvânicas/eletrolíticas e, inclusive, processos de solubilização, como no caso de nossa investigação. Goodyear (1991) apud Eichler e Del Pino (2006), porém, adverte que podem ocorrer pelo menos quatro tipos de dificuldades com relação ao uso de aprendizagem baseada em simulações. Primeiro, o aluno pode apresentar um domínio insuficiente sobre o conteúdo. O esquecimento e as concepções errôneas no domínio em que a simulação ocorre têm sido indicados como um dos maiores obstáculos à aprendizagem com simulação. Segundo, o estudante pode carecer de um controle de alto nível independente do domínio, como, por exemplo, demonstrar dificuldades com as habilidades de resolução de problemas ou de investigação que sustentam uma exploração efetiva da simulação. Terceiro, o aluno pode trazer consigo crenças inúteis sobre a natureza e o valor da aprendizagem por simulação. E, por último, há a questão da transferência. O aprendiz pode não ser hábil o bastante para relacionar o conhecimento adquirido na simulação com o mundo real ou com domínios semelhantes (idem, 2006, p. 17-18). Acrescente-se a isso a exigência da fidedignidade

dos dados incluídos na modelagem das simulações, pois pouco valor didático terão caso suas extrapolações sejam improváveis, ou pior, impossíveis. Assim, partindo desses pressupostos, nosso principal objetivo foi identificar as dificuldades manifestas pelos estudantes relacionadas à “solubilidade dos sais”, mesmo após o ensino formal desse conceito. A análise refere-se à identificação de possíveis erros conceituais relacionados à dimensão submicro do fenômeno, e também à elaboração de significados subjacentes ao modelo de dissolução. De acordo com Van Berkel (2005), a construção do currículo de Química, pressupõe no mínimo, o domínio das dimensões submicro e macroscópica. Para isso, é necessário um conhecimento aprofundado sobre o conteúdo, principalmente nos dias de hoje, onde são exigidos esses conhecimentos, articulados ao exercício da cidadania e ao domínio da Ciência e da Tecnologia. Johnstone (1982), foi o primeiro a propor um modelo explicativo para os níveis representacionais, em seu artigo “*Macro and micro-chemistry*”. Nesse trabalho, e por isso o adotamos como referencial teórico de análise, introduz os três níveis diferentes para o conhecimento químico: o macroscópico (o que pode ser visto, tocado e cheirado); o submicroscópico (átomos,

moléculas, íons e estruturas) e o nível representacional (símbolos, fórmulas, equações, manipulações matemáticas e gráficos) (JOHNSTONE, 1982; 2000). Em 1993, Johnstone retificou seu primeiro trabalho e o intitulou “Componentes de uma Nova Química” (JOHNSTONE, 2000), afirmando que seu modelo de triângulo tem a ver com a própria natureza da Química. Johnstone (2000) considera que nenhum dos lados do triângulo é melhor ou mais importante que o outro, mas que se complementam. No nível macro da Química observa-se a situação experimental, que é feita em laboratório ou na cozinha. Mas, para melhor compreensão, a Química deve avançar para o submicro, para o comportamento das substâncias, na direção do invisível e do molecular e como são representados (JOHNSTONE, 2000). Os químicos mais experientes conseguem percorrer os três lados do triângulo com facilidade, o que não é tão simples para os estudantes e principalmente para os que estão se iniciando no estudo da Química. Para Chandrasegaram, Treagust e Mocerino (2007) há necessidade de meios de comunicação (instrucionais, por natureza) e ferramentas mediadoras para que os estudantes sejam capazes de percorrer os três níveis

Figura 2. As dimensões do conhecimento Químico



do triângulo de Johnstone. A partir dos estudos de Johnstone (1982; 1993; 2000; 2006), que expressam a importância da compreensão dos universos macro, submicro e representacional da Química, direcionamos essa pesquisa de modo a investigar: a) o conceito de solubilidade de sais e sua interpretação nos níveis macroscópico e representacional; b) a modelagem da dimensão submicroscópica; c) a elaboração conceitual (pelos estudantes) antes, durante e após a utilização do simulador; d) a procura por evidências sobre a interpretação do fenômeno, no nível submicro.

Metodologia

A abordagem metodológica que escolhemos para este trabalho foi qualitativa/quantitativa. Segundo Günther (2006), a pesquisa qualitativa baseia-se no estudo das relações como a compreensão e não apenas como transmissão de dados. Nesse tipo de abordagem, o mais importante é compreender o processo sobre “como” as coisas acontecem e é nesse sentido que o método deve se adequar ao objeto de estudo, contemplando todas as variáveis com a mesma importância. No sentido de facilitar a interpretação dos resultados, incluímos também o tratamento estatístico da quantificação de características envolvidas nas respostas e das relações estudantes/concepções/níveis das representações. A pesquisa contou com a participação de 18 estudantes, do 2.º ano do Ensino Médio de um colégio particular, pertencente ao Núcleo Regional de Apucarana (PR). Esses alunos já haviam estudado o conteúdo de sais e solubilidade ao longo do 1.º ano, numa proposta didática bastante utilizada em sala de aula, com abordagens expositivas do então professor da época e foco na resolução de exercícios. A atual professora da turma, procurada pelos pesquisadores, concordou desde o primeiro contato, em colaborar com nossa investigação, facilitando os trâmites junto à coordenação da escola. A turma, bastante homogênea e participativa, era composta de 08 rapazes e 10 meninas, com idades entre 15 e

17 anos. Inicialmente, propusemos um questionário (Q1,) com três questões abertas, a fim de identificar as concepções, relacionadas aos níveis macroscópico e submicroscópico dos estudantes sobre o tema. Analisando os dados coletados, propusemos uma atividade com a utilização de um simulador, disponível na página do Projeto Phet, da Universidade do Colorado (EUA): “Phet Interactive Simulations”, disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/. Simultaneamente ao simulador, utilizamos um segundo questionário (Q2), com quatro orientações distintas sobre como usar o aplicativo, seguido de quatro questões abertas relacionadas a essas orientações. Após a utilização do simulador, desenvolvemos um terceiro questionário (Q3), com três questões abertas, relacionadas à dimensão submicroscópica do modelo de solubilidade. O questionário Q1 continha três questões abertas sobre o cotidiano dos estudantes. O conteúdo da questão 1 exigia uma explicação do “porquê” uma determinada quantidade de sal de mesa (NaCl) desaparece quando adicionado a um certo volume de água. A questão 2 referia-se ao fato do sal “desaparecer” após a dissolução. Para onde ele iria, então? Esperávamos que o estudante desenvolvesse o conceito de dissolução com seus significados próprios, para responder à questão. A terceira pergunta, abordava a razão pela qual uma determinada quantidade desse sal, maior que a mencionada na questão 1, não desaparecia se adicionada a um volume de água menor que o utilizado na questão 1. O Q2 foi aplicado no laboratório de informática do colégio, onde estavam disponíveis 14 computadores. Na utilização do simulador com o Q2, os computadores estavam dispostos dois a dois, e, nesse caso, a utilização do software foi feita em duplas e/ou em trios, de forma que acomodássemos todos os sujeitos. A organização da sala obedeceu ao seguinte formato: quatro equipes com três estudantes e três equipes com dois estudantes. Cada equipe, tanto a de dois, quanto a de três estudantes, tinha à disposição dois computadores. Cada estudante recebeu um roteiro com as instruções para a utilização do simulador e um

sal para análise, juntamente com um questionário de quatro questões abertas relacionadas ao sal que seria analisado. Tomamos o cuidado em dispor os roteiros da seguinte forma: na equipe de três estudantes havia dois roteiros de sais pouco solúveis e um roteiro com um sal solúvel, onde os sais pouco solúveis eram distintos. Na equipe de dois estudantes havia um roteiro de sal pouco solúvel e um roteiro de sal solúvel. De acordo com as instruções, cada estudante deveria efetuar a análise do seu roteiro, responder ao Q2 e observar a análise do roteiro do(s) outro(s) estudante(s) da dupla e/ou do trio. As instruções dadas foram: I) seguir o roteiro e responder à que estão relacionada àquele procedimento; II) após o término do roteiro e do Q2, o estudante que estivesse em trio deveria disponibilizar o computador para o outro estudante realizar sua análise. A primeira instrução do Q2 referia-se ao volume inicial (V1) e a quantidade de sal (P1) que os estudantes deveriam adicionar àquele volume inicial. Em seguida, o estudante se deparava com um questionamento sobre o que acontecia com os íons daquele sal, naquele determinado volume. A segunda instrução do Q2 era aumentar a quantidade de sal (P2), adicionada ao mesmo volume inicial (V1), e responder ao mesmo questionamento que se referia à disposição dos íons. A terceira instrução era aumentar o volume inicial (V2), adicionar a mesma quantidade de sal (P1) determinada na primeira instrução e responder ao questionamento da disposição dos íons. A quarta instrução era manter o mesmo volume (V2) e adicionar uma quantidade maior de sal (P2) e responder ao questionamento da disposição dos íons. O Q3 foi aplicado individualmente e continha três questões abertas: I) o conteúdo da primeira questão abordava um aspecto submicroscópico acerca da dissolução de um sal solúvel; II) a segunda questão referia-se à interpretação submicroscópica sobre a solubilidade de um sal pouco solúvel; III) para responder à terceira questão era preciso uma explicação sobre o processo de solubilização de um sal insolúvel.

Resultados e Discussões

No quadro 1 apresentamos os resultados obtidos a partir da interpretação das unidades de análise, do envolvimento dos alunos na elaboração de suas concepções e das relações com os níveis explicativos nas três dimensões do conhecimento químico (categorizações).

Quadro 1. Descrição resumida dos níveis explicativos.

Características das Explicações	Nível Explicativo	Concepções apresentadas pelos estudantes
Explicações Macroscópicas	I	Apresentam o conceito de solução como uma mistura de substâncias. Não mencionam/diferenciam o conceito de solução saturada, insaturada e/ou supersaturada. Não elaboram corretamente o conceito de sais solúveis, pouco solúveis e/ou insolúveis. Explicam o processo de dissolução apenas relacionado aos aspectos macroscópicos, sem mencionar partículas e não apresentam o conceito de solubilidade.
	II	O conceito de solução é concebido como uma mistura de substâncias. O estudante não cita o conceito de sais solúveis, pouco solúveis e/ou insolúveis. Diferencia solução saturada, insaturada e/ou supersaturada, mas não apresenta o conceito de solubilidade.
	III	O conceito de solução é concebido como o de mistura homogênea. Não mencionam o conceito de sais solúveis, pouco solúveis e/ou insolúveis. Não mencionam/diferenciam o conceito de solução saturada, insaturada e/ou supersaturada e não elaboram o conceito de solubilidade.
	IV	O conceito de solução é concebido como uma mistura homogênea. Não elaboram os conceitos de solução saturada, insaturada e/ou supersaturada. Não mencionam o conceito de sais solúveis, pouco solúveis e/ou insolúveis. Explicam o processo de dissolução apenas relacionado aos aspectos macroscópicos, sem citar partículas. Não apresentam o conceito de solubilidade.
	V	Apresentam o conceito de solução como uma mistura homogênea. Diferenciam os significados para solução saturada, insaturada e/ou supersaturada. Não apresentam o conceito de solubilidade.
Explicações Pseudomicroscópicas	VI	A solução é concebida como uma mistura homogênea. Nas respostas que se referem à dissolução os estudantes indicam referências a partículas com atributos caracteristicamente macroscópicos. Não mencionam o conceito de sais solúveis, pouco solúveis e/ou insolúveis. Não diferenciam soluções saturadas, insaturadas e supersaturadas. O conceito de solubilidade não aparece bem como sua elaboração baseada em algum modelo.
	VII	A solução é concebida como uma mistura homogênea de substâncias. Os estudantes diferem as soluções saturadas, insaturadas e supersaturadas. Não mencionam o conceito de sais solúveis, pouco solúveis e/ou insolúveis. Conseguem elaborar o conceito de solubilidade, no entanto, não o ampliam para justificar e explicar o processo de dissolução.
Explicações Submicroscópicas	VIII	A solução é concebida como uma mistura de substâncias. Os estudantes diferenciam sais solúveis, pouco solúveis e/ou insolúveis. Elaboram o conceito de solubilidade, mas não o ampliam para explicar a dissolução. Interpretam o processo de dissolução baseado no modelo submicroscópico, mas ainda desconsideram as interações entre as partículas constituintes da solução. Suas explicações veem carregadas de erros conceituais.
	IX	O conceito de solução é definido como uma mistura homogênea. Os estudantes diferenciam sais solúveis, pouco solúveis e/ou insolúveis; elaboram o conceito de solubilidade, mas não o utilizam corretamente para justificar a dissolução. Interpretam o processo de dissolução usando o modelo submicroscópico, considerando interações entre as partículas constituintes da solução. Contudo, suas explicações ainda aparecem carregadas de erros conceituais, sem sugerir a solvatação dos íons.
	X	Os estudantes elaboram o conceito de solução como mistura homogênea. Eles diferenciam sais solúveis, pouco solúveis e/ou insolúveis, utilizam corretamente o conceito de solubilidade. Avançam na interpretação da dissolução com a utilização de modelos submicroscópicos, considerando interações entre as partículas constituintes da solução e coerente com a visão científica.

Fonte: Adaptado de CARMO, MARTORANO e MARCONDES (2005).

Baseado no trabalho de Carmo, Martorano e Marcondes (2005), propusemos dez níveis explicativos (NE), com a finalidade de analisar os conhecimentos demonstrados pelos estudantes nas três atividades desenvolvidas: antes da utilização do simulador (AS), durante a utilização do simulador (DS) e após a utilização desse recurso (PS). Essas ideias dos estudantes envolveram as seguintes características: a) explicações **macroscópicas** pautadas no nível sensorial e englobaram os níveis I, II, III, IV e V; b) explicações **pseudomicroscópicas**, onde os alunos ultrapassaram a barreira do perceptível e mencionaram elementos submicroscópicos, mas com características macroscópicas e que envolveram os níveis VI e VII; c) explicações **submicroscópicas**, nas quais as concepções dos estudantes demonstraram elementos submicroscópicos, níveis VIII, IX e X. Para análise dos Questionários (Q1, Q2 e Q3), utilizamos a metodologia da Análise Textual Discursiva (ATD) de Moraes e Galiazzi (2008), que consiste na estruturação das “unidades de análise” (no nosso caso, as repostas, unitarizadas por itens), categorização das mesmas e a elaboração de um metatexto. Este último, juntamente com um aporte teórico consistente, tem como característica apresentar fidedignidade científica aos dados coletados. A análise do Q1 apresentou os resultados expressos no Quadro 02. As perguntas relacionadas ao Q1 foram: “01) Por que quando colocamos 1 colher de sopa rasa de sal de cozinha (NaCl) em um copo com água de 500mL o sal “desaparece”? Para onde ele vai?” “02) Por que se colocarmos 5 colheres de sopa cheias de sal de cozinha em um copo com água de 200 mL o sal não “some”?”. As repostas dos estudantes também estão exemplificadas no Quadro 2, onde as siglas **A1** até **A18** se referem aos 18 alunos participantes da investigação. Para otimizar o processo de análise, optamos por selecionar apenas os extratos de enunciados mais representativos, aqueles que mais se aproximam dos conceitos presentes no “discurso científico”, e do qual o aluno “toma posse”. Isto, para evitar a transcrição de todo e qualquer tipo de enunciação, que não mantenha relação com o que está sendo investigado.

Quadro 2. Análise do Questionário 1 (Q1)

Nível Explicativo Analisado	Porcentagem de Q1 encontradas
I	5,56%
Resposta do estudante referente a esse nível explicativo: A17: “O sal de uma colher de sopa não some num copo de 500 mL com água, ele dissolve porque vai para o fundo e se tivesse mais sal que água ele não ia dissolver”.	
II	5,56%
Resposta do estudante referente a esse nível explicativo: A3: “O sal da colher de sopa se mistura com a água do copo de 500 mL e formam dois componentes, mas apenas uma fase física, ele passa pela molécula de água, mas não é visível. Assim, mudando as quantidades, o sal ficaria mais presente na substância”.	
V	61,11%
Resposta do estudante referente a esse nível explicativo: A13: “Uma colher de sopa de sal em um copo de 500 mL de água dissolve, o sal continua na água só que ele se torna uma mistura homogênea com a água e se quantidade de sal fosse muito maior que a de água um pouco ficaria no fundo do copo”.	
VI	11,11%
Resposta do estudante referente a esse nível explicativo: A1: “Quando colocamos uma colher de sopa de sal em um copo de água de 500 mL o sal desaparece por que o sal se mistura com as gotas de água, ele vai para o fundo do copo e se ele estivesse em maior quantidade que a água, ele não ia sumir porque a água tem menos quantidade que o sal”.	
VII	16,66%
Resposta do estudante referente a esse nível explicativo: A15: “O sal dissolve na água pois ele vai para alguma molécula da água, se aumentar a quantidade de sal e diminuir a de água vai ficar mais “sólido” misturado na água”	

Fonte: Autores

A análise do Q2 foi feita de forma diferente, pois o proposto era a descrição do processo apresentado no simulador e orientado pelo aplicador. A partir das imagens obtidas no simulador, analisamos as repostas dos estudantes. Cada caso mencionado no Q2 mostrava características do sal em relação à quantidade de água proposta. Essas características eram: se havia quebra

da ligação iônica e se havia agitação dos íons. A partir dessas características analisamos, via ATD, as concepções dos estudantes em relação a elas, de forma a identificar se observavam todas as características ou apenas parte delas. Após a análise e as categorizações em Q2, observamos que **83,33%** dos estudantes perceberam e conceituaram todas as características esperadas, enquanto **16,77%** deles observaram apenas parcialmente essas características. Dessa forma, constatamos que a maioria dos estudantes compreendeu e identificou as principais características independentemente da questão proposta. A análise do Q3 está representada no Quadro 3, juntamente com a resposta de um estudante referente à pergunta do questionário: “Como ocorre o processo de dissolução de sais solúveis, pouco solúveis e insolúveis em água?”.

Quadro 3. Análise do Questionário 3 (Q3)

Nível Explicativo Analisado	Porcentagem de Q3 encontradas
VI	5,56%
Resposta do estudante referente a esse nível explicativo: A8: “Quando se joga um sal solúvel em água ele se dispersa rapidamente, mas se o sal é pouco solúvel algumas partes minúsculas ficam grudadas e num sal insolúvel elas ficam totalmente junto.”	
VIII	61,11%
Resposta do estudante referente a esse nível explicativo: A1: “Num sal solúvel em água, todas ficam separadas e agitadas, ou seja, todas se dissolvem. Em um sal pouco solúvel, a maioria fica separada e agitada e um pouco ficam juntas. Em um sal insolúvel, todas ficam juntas.”	
IX	27,78%
Resposta do estudante referente a esse nível explicativo: A5: “Em um sal solúvel em água, os átomos no caso do exemplo do cloreto de sódio, se dissolve com os átomos se separando pelo recipiente. Em um sal pouco solúvel alguns átomos não se separam e outros se distanciam. Em um sal insolúvel os átomos ficam juntos.”	
X	5,55%
Resposta do estudante referente a esse nível explicativo: A18: “Em um sal solúvel em água todos os íons são dissolvidos, ou seja, separados. Em um sal pouco solúvel alguns íons são dissolvidos (separados) e outros continuam sólidos (grudados). Em um sal insolúvel, todos os íons continuam no estado sólido (grudados).”	

Fonte: Autores

Considerações Finais

A configuração em grupos, na utilização do simulador, no laboratório de informática, deve ser levada também em consideração nas análises das respostas, e fica aqui o registro de que investigadas individualmente, as possibilidades de elaboração conceitual de cada estudante poderiam ser diferentes das que obtivemos. As interações aluno-aluno, aluno-professor e aluno-software contribuíram, cada uma com seu grau de ponderação, nos resultados finais. Nas análises, procuramos dar prioridade àquelas relações que se escoram no “tema” e no “contexto” dos significados atribuídos, de acordo com conhecimento químico escolar. Assim, o processo de significação que interpretamos, requisitou atenção especial ao tema concreto (*solubilidade, dissolução, ligações iônicas*) para identificação dos significados que estão sendo atribuídos às palavras que designam os conceitos. Demos destaque também ao reconhecimento dos significados reais dos conceitos (através da *descrição, explicação* ou da *generalização*), possibilitado, em nossa opinião, pela compreensão e valoração do tema significado. A compreensão se baseou nas atitudes responsivas entre os sujeitos e seu interlocutor (o professor, as telas do simulador ou as questões aplicadas) e a valoração, na relação dos significados com a realidade. As relações quantitativas, pela tabulação dos dados coletados, apontam nesta investigação, para uma maioria de estudantes, **72,23%**, cujas elaborações conceituais prévias (antes da utilização do simulador) apresentam características predominantemente macroscópicas em suas respostas, mesmo após o contato com o ensino formal sobre o conteúdo de solubilidade. Uma parcela menor, de **27,77%**, apresentou indícios de características relacionadas ao nível submicroscópico. Após a utilização do simulador, observamos que **94,44%** dos estudantes apresentaram conceituação com referências, em vários nuances, ao nível submicroscópico, em relação aos sais solúveis, pouco solúveis e insolúveis, enquanto apenas **5,56%** deles marcaram notadamente características pseudomicroscópicas em suas respostas

ao Q3. Entendemos, portanto, que a proposta mostrada aqui possibilitou a observação das características submicroscópicas do fenômeno da dissolução/solubilização, com o precioso auxílio do simulador, conforme indicam os resultados pós-intervenção. A utilização da tecnologia, na forma de um aplicativo para computador, facilitou, em nossa opinião, a compreensão sobre a “simulação” do fenômeno investigado e a apropriação de sua modelagem, aproximando a conceituação formal, do Ensino Médio, à do nível submicroscópico do conhecimento químico escolar. Acreditamos que este tipo de abordagem didática pode fornecer mais subsídios aos estudantes para a construção de seus próprios modelos, facilitando assim, seus percursos discursivos e conceituais ao longo das três dimensões do triângulo de Johnstone.

Referências

- CARMO, M. P.; MARTORANO, S. A. A.; MARCONDES, M. E. R. Um estudo sobre a evolução conceitual dos estudantes na construção de modelos explicativos relativos ao conceito de solução e ao processo de dissolução. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona (ESP.), v. extra, p. 1- 8, 2005.
- CHANDRASEGARAM, A. L.; TREAGUST, D.; MOCERINO, M. The development of a two-tier multiple-choice diagnostic instrument for evaluating secondary school students' ability to describe and explain chemical reactions using multiple levels of representation. *Chemistry Education: Research and Practice*, Glasgow (U.K), v. 8, n. 3, p. 293-307, 2007.
- EICHLER, M. L.; DEL PINO, J. C. Modelagem e implementação de ambientes virtuais de aprendizagem em Ciências. In: CONGRESSO RIBIE, 4., 1998, Brasília, DF. *Anais...* Disponível em: <<http://www.iq.ufrgs.br/aeq/producao/delpino/resumos/RIBIE.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2015.
- EICHLER, M. L.; DEL PINO, J. C. *Ambientes virtuais de aprendizagem*. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2006.
- GIORDAN, M. *Computadores e linguagens nas aulas de Ciências*. Ijuí: Ed. da Unijuí, 2008.
- GOODYEAR, P. A knowledge-based approach to supporting the use of simulation programs. *Computers and Education*, Oxford, v. 16, n. 1, p. 99-103, 1991.
- GÜNTHER, H. Pesquisa qualitativa versus pesquisa quantitativa: esta é a questão? *Psicologia: Teoria e Pesquisa* (UnB. Impresso), v. 22, p. 201-209, 2006.
- JOHNSTONE, A. H. Macro and micro-chemistry. *The School Science Review*. Hatfield (U.K), v. 64, n. 227, p. 377-379, 1982.
- JOHNSTONE, A. H. The Development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. *Journal of Chemical Education*, New York (USA), v. 70, n. 9, p.701-704, 1993.
- _____. Teaching of chemistry - logical or psychological? *Chemistry Education Research and practice*. Glasgow (U.K), v. 1, n. 1, p. 9-15, 2000.
- _____. Chemical education research in Glasgow in perspective. *Chemistry Education Research and Practice*. Glasgow (U.K), v. 07, n.02, p. 49-63, 2006.
- LIN, X. D.; BRANSFORD, J. D.; HMELO, C.; KANTOR, R.; HICKEY, D.; SECULES, T.; PETROSINO, A.; GOLDMAN, S. R. Instructional design and development of learning communities: an invitation to a dialogue. *Educational Technology*, New Jersey, v. 35, n. 05, p. 53-63, 1995.
- MELLO, I. C. *O ensino de química em ambientes virtuais*. Cuiabá: Ed. da UFMT, 2009.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. *Análise textual discursiva*. Ijuí: Ed. da Unijuí, 2008.

PhET. *Physics Education Technology*. University of Colorado (USA), 2011. Disponível em: <<http://phet.colorado.edu>>. Acesso em: 25 nov. 2014.

SAIS E SOLUBILIDADE, Versão 1.08. PHET. *Phet Interactive Simulations*. University of Colorado Boulder. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/>. Acesso em: 25 nov. 2014.

SILVERMAN, B. G. Computer supported collaborative learning. *Computers and Education*, Oxford, v. 25, n. 3, p. 81-91, 1995.

STARR, R. M. Delivering instruction on the world wide web: overview and basic design principles. *Educational Technology*, New Jersey, v. 37, n. 3, p. 07-14, 1997.

VALENTE, J. A. *Diferentes usos do computador na educação*. 2001. Disponível em: <<http://www.mrherondomingues.seed.pr.gov.br/redeescola/escolas/27/1470/14/arquivos/File/PPP/DiferentesusosdocomputadoreducacaoPDF>>. Acesso em: 12 abr. 2015.

VALENTE, J. A. Por que o computador na educação? In: SALGADO, M. U. C.; AMARAL, A. L. *Tecnologia na educação: ensinando e aprendendo com as TIC: guia do cursista*. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação à Distância, 2008. p. 193-210.

VAN BERKEL, B. *The structure of current school chemistry: a quest for conditions for escape*. Utrecht: Utrecht University, The Netherlands, 2005.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos revisores (anônimos), pelas valiosas sugestões e contribuições.

Apêndices/Questionários Aplicados

[1º questionário]

01) Por que quando colocamos 1 colher de sopa de sal em um copo de água de 500mL ele “desaparece”?

02) Se o sal some, no caso da questão acima, para onde ele vai?

03) Por que quando colocamos 5 colheres de sopa de sal em um copo de água de 200mL de água o sal não some?

[2º questionário]

Grupo 1

1º caso: com uma quantidade de água de 1×10^{-23} L, agite 5 vezes o recipiente de cloreto de sódio.

O que aconteceu com as bolinhas verdes e rosas que representam os íons cloreto e sódio? Agite mais três vezes o recipiente. E agora o que aconteceu com os íons cloreto e sódio?

2º caso: com uma quantidade de água de 5×10^{-23} L, agite 5 vezes o recipiente de cloreto de sódio. O que aconteceu com as bolinhas verdes e rosas que representam os íons cloreto e sódio? Agite mais três vezes o recipiente. E agora, o que aconteceu com os íons cloreto e sódio?

Grupo 2

1º caso: com uma quantidade de água de 5×10^{-17} L, agite 5 vezes o recipiente de fosfato de estrôncio. O que aconteceu com as bolinhas verdes e rosas que representam os íons fosfato e estrôncio? Agite mais três vezes o recipiente. E agora o que aconteceu com os íons fosfato e estrôncio?

2º caso: com uma quantidade de água de 1×10^{-16} L, agite 5 vezes o recipiente de fosfato de estrôncio. O que aconteceu com as bolinhas verdes e rosas que representam os íons fosfato e estrôncio? Agite mais três vezes o recipiente. E agora, o que aconteceu com os íons fosfato e estrôncio?

Grupo 3

1º caso: com uma quantidade de água de 5×10^{-17} L, agite 5

vezes o recipiente de arseniato de prata. O que aconteceu com as bolinhas laranjas e pretas que representam os íons arseniato e prata? Agite mais três vezes o recipiente. E agora, o que aconteceu com os íons arseniato e prata?

2º caso: com uma quantidade de água de 1×10^{-16} L, agite 5 vezes o recipiente de arseniato de prata. O que aconteceu com as bolinhas laranjas e pretas que representam os íons arseniato e prata? Agite mais três vezes o recipiente. E agora, o que aconteceu com os íons arseniato e prata? Grupo 4

1º caso: com uma quantidade de água de 5×10^{-17} L, agite 5 vezes o recipiente de brometo de mercúrio. O que aconteceu com as bolinhas cinzas e lilás que representam os íons brometo e mercúrio? Agite mais três vezes o recipiente. E agora o que aconteceu com os íons brometo e mercúrio?

2º caso: com uma quantidade de água de 1×10^{-16} L, agite 5 vezes o recipiente de brometo de mercúrio. O que aconteceu com as bolinhas cinzas e lilás que representam os íons brometo e mercúrio? Agite mais três vezes o recipiente. E agora, o que aconteceu com os íons brometo e mercúrio?

Grupo 5

1º caso: com uma quantidade de água de 5×10^{-17} L, agite 5 vezes o recipiente de brometo de prata. O que aconteceu com as bolinhas cinzas e pretas que representam os íons brometo e prata? Agite mais três vezes o recipiente. E agora o que aconteceu com os íons brometo e prata?

2º caso: com uma quantidade de água de 1×10^{-16} L, agite 5 vezes o recipiente de brometo de prata. O que aconteceu com as bolinhas cinzas e pretas que representam os íons brometo e prata? Agite mais três vezes o recipiente. E agora, o que aconteceu com os íons brometo e prata?

Grupo 6

1º caso: com uma quantidade de água de 5×10^{-17} L, agite 5 vezes o recipiente de Iodeto de cobre II. O que aconteceu com as bolinhas roxas e verdes que representam os íons iodeto e cobre II? Agite mais três vezes o recipiente. E

agora o que aconteceu com os íons iodeto e cobre II?

2º caso: com uma quantidade de água de 1×10^{-16} L, agite 5 vezes o recipiente de iodeto de cobre II. O que aconteceu com as bolinhas roxas e verdes que representam os íons iodeto e cobre II? Agite mais três vezes o recipiente. E agora, o que aconteceu com os íons iodeto e cobre II?

Grupo 7

1º caso: com uma quantidade de água de 5×10^{-17} L, agite 5 vezes o recipiente de sulfeto de tálio I. O que aconteceu com as bolinhas amarelas e lilás que representam os íons sulfeto e tálio I? Agite mais três vezes o recipiente. E agora o que aconteceu com os íons sulfeto e tálio I?

2º caso: com uma quantidade de água de 1×10^{-16} L, agite 5 vezes o recipiente de sulfeto de tálio I. O que aconteceu com as bolinhas amarelas e lilás que representam os íons sulfeto e tálio I? Agite mais três vezes o recipiente. E agora, o que aconteceu com os íons sulfeto e tálio I?

[3º Questionário]

01) Como ocorre o processo de solubilização em água de um sal solúvel nesse solvente (água)?

02) Como ocorre o processo de solubilização em água de um sal pouco solúvel nesse solvente (água)?

03) Como ocorre o processo de solubilização em água de um sal insolúvel nesse solvente (água)?

*Recebido em 17 Março, 2016 – Received on March 17, 2016
Aceito em 18 Novembro, 2016 – Accepted on November 18, 2016*