

O papel dos alunos em seu próprio processo educacional: produção de materiais audiovisuais e educação científica

Daisy De Brito Rezende
Tânia Cristina Vargas Sana
Luiz Guilherme Basílio Novaes
Agnaldo Arroio

É crucial que a Educação em geral e a Educação Científica, em particular, sejam praticadas de modo a serem um canal para a promoção da consciência crítica, primordial para que as ações humanas sejam desenvolvidas para a busca de um mundo melhor. Nesse sentido, atualmente, um número expressivo de professores, tanto no Brasil como ao redor do mundo, busca melhorar o aprendizado de seus alunos empregando vídeos, *softwares* e/ou outros recursos digitais para aprimorar suas aulas, tornando-as uma experiência mais imersiva.

Considerando que, atualmente, tais tecnologias permeiam a vida dos jovens estudantes, esse tipo de abordagem pode motivar, despertar a curiosidade e estimular discussões proveitosas. No que diz respeito mais especificamente à

Educação Científica, o aluno precisa entender e articular teorias, leis, fórmulas e modelos científicos, bem como raciocinar sobre gráficos e tabelas para desenvolver uma compreensão dos conceitos básicos que fundamentam as questões sociopolíticas cotidianas, além da compreensão sobre análise de variáveis e leitura de gráficos e tabelas que facilitam a interpretação de várias temáticas que permeiam a vida cotidiana como, por exemplo, as pesquisas eleitorais ou os dados acerca das variações econômicas. Em síntese, apropriar-se da linguagem das Ciências Naturais e da Matemática possibilita uma melhor leitura de mundo. Mais especificamente, no que concerne ao aprendizado da Química, pode-se considerar que, para a compreensão dos conceitos envolvidos, é necessário apropriar-se de uma linguagem diferente daquela empregada na comunicação cotidiana. A dificuldade envolvida assemelha-se àquela do aprendizado de qualquer língua estrangeira, como se pode depreender facilmente considerando-se os modelos que representam as dimensões do conhecimento químico. Essa proposição vai ao encontro das ideias de Lemke (1997), que contribuem para as hipóteses que nortearam este estudo:

A ciência não é feita, não é comunicada, apenas através da linguagem verbal. Não pode ser. Os "conceitos" da ciência não são conceitos verbais, embora apresentem componentes verbais. São híbridos semióticos, simultaneamente e essencialmente, tipológico-verbais e matemático-gráfico-operacional-topológicos. Os gêneros textuais de ação, conversação e escrita da ciência são gêneros multimídia históricos e atuais, fundamentalmente e irredutivelmente, gêneros multimídia. Para fazer ciência, falar sobre ciência, para ler e escrever a ciência é necessário fazer malabarismos e combinar, de forma canônica, o discurso verbal, expressões matemáticas, representações gráfico-visuais e operações motoras no mundo "natural" (inclusive humano-como-natural). (Lemke, 1997, p.4, tradução nossa).

Dentre vários outros modelos possíveis para o conhecimento químico, o proposto por Johnstone (2000; 1991; 1982) é amplamente aceito entre os pesquisadores no campo do ensino de Química. Johnstone propõe um modelo explicativo para articular as três dimensões do conhecimento químico, mostrando

sua correlação, como exemplificado na Figura 1, onde se ilustra este modelo para o fenômeno da efervescência de um comprimido analgésico.

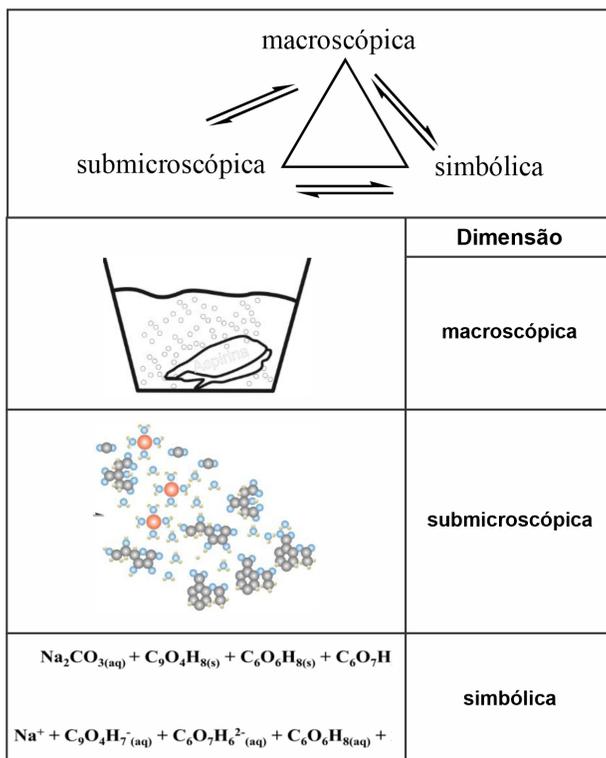


Figura 1. Exemplo de fenômeno representado nas três dimensões do conhecimento químico.

Em síntese, cada uma das dimensões do conhecimento químico pode ser definida como se segue: *macroquímica* (também chamada de macroscópica), relacionada aos processos tangíveis, concretos e mensuráveis na perspectiva dos dispositivos sensoriais humanos (ainda que incrementados por instrumentação sofisticada); *submicroquímica* (ou submicroscópica), relaciona-se a modelos moleculares, atômicos e cinéticos propostos a partir das evidências experimentais; *representacional*, referente aos símbolos, equações e fórmulas químicas, também chamada de simbólica. A aprendizagem da Química envolve além de compreender a articulação entre essas três dimensões, saber transitar entre elas.

Inúmeros estudos indicam que os alunos, principalmente da Escola Básica, têm dificuldade para interpretar e representar o nível submicroscópico (Chittleborough; Treagust, 2007; Chandrasegaran et al, 2007; Cook, 2006; Jansoon et al, 2009; Gibin e Ferreira, 2010; Jaber e Boujaoude, 2011; Scalco, 2014). Para facilitar a aprendizagem dos alunos, o nível submicroscópico requer maior atenção, sendo necessário que se desenvolvam atividades de ensino que propiciem o estabelecimento de interações entre os diferentes níveis do conhecimento químico.

Dessa forma, abordagens multimodais que promovam a efetiva participação dos alunos podem facilitar a aprendizagem de Química, pois essa abordagem promove o envolvimento de muitos processos cognitivos: além da integração digital, os alunos podem utilizar recursos visuais para comunicar seus conhecimentos e, assim, compartilhar suas ideias e produções com outros alunos e com o professor, facilitando os processos de ensino-aprendizagem tanto por torná-los protagonistas de sua aprendizagem como por facilitar a expressão de suas representações mentais.

Neste contexto, o presente trabalho relata os resultados de uma investigação relacionada a produções audiovisuais sobre transformações químicas e físicas, de alunos do Ensino Médio de uma escola pública e uma particular, situadas na região metropolitana da grande São Paulo (Brasil). Os dados foram obtidos durante a implementação de uma sequência de ensino-aprendizagem (SEA)¹ referente à transformação de materiais, cujos aspectos principais estão apresentados na Tabela 1, para a escola pública, situada em Diadema, Grande São Paulo. Esta sequência foi desenvolvida nas aulas regulares da disciplina do segundo e terceiro anos do EM. A sequência desenvolvida na escola particular no contraturno das aulas regulares, com alunos de três séries do EM, que se voluntariaram, é semelhante a esta, com algumas modificações, no sentido de encurtá-la, mantendo os objetivos instrucionais. Com estas sequências, pretendia-se que os estudantes pudessem se expressar através de diferentes gêneros discursivos, incluindo a produção de imagens e de objetos audiovisuais (OA).

1 Adaptada de Mazon, A. B et al (1986). Para maiores detalhes sobre esse material didático, ver Bortolai, M. M. (2010), p.177-198.

As imagens, animadas ou não, permitem a expressão do modelo mental dos estudantes e sua socialização, facilitando a percepção de equívocos conceituais e sua ressignificação coletiva.

Tabela 1: Sequência das atividades de ensino desenvolvidas.

Etapas	Objetivos principais	Ensino
1	Contextualização histórica do conhecimento químico com o texto: “A Química é velha”	Discussão e leitura coletiva
2	Arrolamento dos conhecimentos de mundo dos alunos sobre o termo “TRANSFORMAÇÃO”	Construção e discussão de tabelas individuais e coletivas
3	Estudo dos processos de transformações físicas e químicas	Execução de experimentos e interpretação preliminar das evidências
4	Adição dos qualificadores “física” e “química” ao termo Transformação	Discussão e correlação entre as tabelas produzidas
5	Observação macroscópica da ebulição da água e de uma mistura água mais glicerina	Execução e interpretação de experimentos
6	Observação dos experimentos de mistura Água + álcool (1) e Difusão de corante em água (2) para subsidiar as discussões no âmbito submicroscópico do conhecimento químico	Execução e interpretação conjunta dos experimentos
7	Desenho do modelo submicroscópico em cartolinas	Discussão coletiva das imagens em cartolina
8	Construção dos objetos audiovisuais (OA)	Discussão coletiva das produções audiovisuais
9	Conclusão	Fechamento

Neste artigo, serão apresentados exemplos dos materiais produzidos pelos alunos durante as etapas 7 e 8 mencionadas na Tabela 1, para mostrar como a expressão do modelo mental dos alunos é facilitada por esses meios, que trazem maior informação do que o registro escrito. Nessa perspectiva, o conteúdo informativo dos OA é maior por eles serem multimodais, permitindo expressar melhor os atributos do modelo, o que enriquece a discussão coletiva sobre eles, em comparação ao que é expresso nas imagens estáticas. A SEA foi planejada em espiral, para que fossem facilitadas diversas semioses ao longo

da execução das atividades, permeadas de características próprias, relativas a cada tipo de registro (registro escrito, desenho estático e OA) e atributos mais específicos fossem tornando o conceito de transformação menos inclusivo, ou seja, mais especializado, caminhando para a significação de transformações químicas, em uma abordagem inspirada nas considerações de Ausubel sobre a aprendizagem.

A sequência didática culminou na produção de imagens sobre o domínio sub-microscópico, em cartolinas, e na elaboração dos objetos audiovisuais, etapas 7 e 8, que deveriam contribuir para a explicitação dos modelos submicroscópicos dos alunos.

O objetivo de se inserir a etapa 7 da **SEA** é o de obterem-se representações materializadas em imagens sobre as transformações. Portanto, para analisar as imagens, na perspectiva multimodal, Bell (2001) esclarece que o mais indicado para análises de materiais “visuais” é a análise de conteúdo. Nas suas palavras, “a análise de conteúdo é um procedimento objetivo e empírico (observacional) para quantificar representações "audiovisuais" registradas (incluindo a parte verbal) usando categorias confiáveis e explicitamente definidas.” Assim, decidiu-se proceder à análise deste material à luz da perspectiva da Semiótica Social - que entende as imagens e a linguagem visual como construções vinculadas diretamente à história social e cultural do indivíduo. A análise foi feita, especificamente, com base nos trabalhos de Kress e Van Leeuwen (2006), que, em sua vasta literatura, propõem uma base teórica, taxonômica e descritiva de como imagens podem ser utilizadas para expressar e construir significados. As categorias² propostas por esses autores derivam das discussões da Gramática Sistêmico-Funcional, portanto, se estruturam a partir da noção de linguagem como prática social e decorrem de três aspectos de significação que convergem ao longo das comunicações:

2 As categorias de análise de imagens foram construídas pelos autores tendo, como objetivo inicial, caracterizar imagens relativas à população em geral, como placas de trânsito, livros didáticos, propagandas contidas em mídias impressas como revistas, jornais, *outdoors* e propagandas televisivas, todas relacionadas ao marketing e suas problematizações. Dessa forma, diversas categorias são próprias da área das comunicações e, neste trabalho, foram selecionadas apenas as categorias em que as representações dos alunos se encaixaram.

- 1) inferências acerca da representação de objetos e suas relações em um mundo externo ao sistema de representação, ou seja, as experiências humanas e seus contextos;
- 2) necessidade de se relacionar, indiretamente, os sujeitos envolvidos na comunicação por meio da representação, isto é, a relação pretendida entre o que é representado e o leitor;
- 3) percepção de quais elementos e características do texto foram utilizados pelo autor para expressar corretamente sua representação.

Destes aspectos, é importante ressaltar que esses tipos de representação codificam as ideias vivenciadas pelos alunos na execução dos experimentos e na observação de suas evidências macroscópicas que antecederam o processo de representação imagética. Portanto, as representações estão impregnadas de características que foram negociadas coletivamente durante sua construção, cuja origem é bem mais complexa e anterior à essa experiência escolar particular.

Após a transcrição³ do áudio, foram selecionados os trechos do OA relativos à expressão do fenômeno representado. Portanto, foi possível obter “imagens” em sequência, denominados de frames, em conjunto com a fala dos alunos, como mostrado no exemplo que se segue.

A mistura água + álcool

O OA denominado “Mistura de água + álcool”, representa o efeito da diminuição do volume final de uma mistura entre água destilada e etanol 96°GL, em relação ao esperado pela soma dos volumes dos componentes individuais. Em linhas gerais, o experimento consiste na mistura de 50 mL de cada um dos dois materiais. Indagados sobre o possível volume final, os alunos sugerem que serão medidos 100 mL, mas, na prática, há uma redução de cerca de 20% no

3 A definição de transcrição utilizada, neste trabalho, é inspirada nos estudos do poeta e tradutor Haroldo de Campos (1929-2003). Para o autor, (1992) a transcrição seria um modo de traduzir textos que se preocupa com a reconstituição da formação estética do original, em português, não lhe sendo, portanto, pertinente o simples escopo didático de servir de auxiliar à leitura desse original. Assim, a transcrição dos OA se baseia apenas na seleção de falas pertinentes à representação, suprimindo-se vícios de linguagem, erros de concordância e expressões verbais que não se referem à representação.

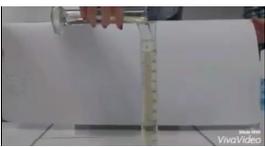
volume da mistura, em relação ao esperado da soma dos volumes individuais. O modelo submicroscópico sugere que, devido às forças de atração intermoleculares resultantes das ligações de hidrogênio entre as partículas dos materiais, mais intensa para o caso das interações intermoleculares com a água (um dipolo mais intenso), a distância existente entre as moléculas diminui pois, quando se tem somente etanol, a atração interpartículas é menor, devido às moléculas do álcool apresentarem um momento de dipolo menos intenso. Este é o modelo explicativo, em nível das partículas constituintes dos materiais, para o fato do volume macroscópico medido para a mistura final ser menor do que o previsto. Em uma situação de ensino, essa observação experimental, uma evidência macroscópica, sugere para os alunos que a matéria seja descontínua em sua dimensão submicroscópica e que o modelo explicativo reside na consideração da estrutura das partículas constituintes dos materiais.

A transcrição do OA correspondente ao que se descreveu acima está registrada no Quadro 1, seguida de uma discussão sobre os modos presentes nos frames selecionados da mesma representação.

<i>Objeto audiovisual 1 – Mistura de água+álcool</i>	<i>Duração: 2min29s</i>
<p><i>Aluna:</i> Nosso experimento é referente à mistura da água e do álcool. O objetivo é mostrar para vocês o porquê de não acontecer o esperado, que seria a adição dos dois, que, no caso de 50 mL de álcool e 50 mL de água deveria dar 100 mL. Agora, a junção dos dois. No caso, vou colocar 50 mL de água, que seria esse [ela aponta para uma das provetas], e 50 mL de álcool, que seria esse [aponta para outra proveta e verte o conteúdo para a proveta de água]. Como vocês podem perceber, tinha 50 mL aqui e 50 mL aqui [apontando para as duas provetas]. Só que não deu 100 mL.</p> <p><i>Aluno:</i> Bom, agora vou explicar para vocês porque os 50 mL de água junto com os 50 mL de álcool, juntos, a mistura não deu 100 mL. Isso aconteceu porque as partículas vazias da água, que é uma substância mais simples, as partículas dela que estão vazias, se agruparam às partículas do álcool. Conseqüentemente, isso fez com que o volume da água e do álcool juntos, diminuísse, por isso o resultado final foi 96 mL [apontando para o valor registrado na lousa]. Então, aqui tem a representação das partículas. Aqui é uma representação bem mística do que acontece com as partículas da água e do álcool. Aqui dá para ver a partícula do álcool, encaixando dentro da partícula da água. Depois, se vê todo o processo até que eles fiquem encaixados, agrupados, todos juntos. Depois que isso ocorre, a gente vai ter, conseqüentemente, um volume um pouco menor do que o esperado, o que era para ter. Então, depois que isso acontece, o volume abaixa e o resultado final é 96 mL.</p>	

Quadro 1. Transcrição do áudio do OA.

O OA possibilitou a adição de dinamicidade à representação em relação àquela mostrada no cartaz de cartolina. A dinamicidade pode ser inferida a partir do gesto representacional de ação no Evento 1, descrito no Quadro 2.

Evento	Frame	Transcrição do trecho	Observações
1		“nosso experimento é referente à mistura da água e do álcool. O objetivo é mostrar para vocês o porquê não acontece o esperado, que seria a adição dos dois, no caso, 50 mL de álcool e 50 mL de água deveria dar 100 mL”	Desenho representando a mistura e gesto com as mãos mostrando a junção dos componentes.
2		“agora, a junção dos dois, no caso vou colocar 50 mL de água que seria esse (ela aponta para o frasco) e 50 mL de álcool, que seria este (aponta outro frasco).”	Representação conceitual classificatória
3		Ausência de fala	O ato de verter o conteúdo de uma proveta na outra representa o processo de mistura

Quadro 2. Caracterização do objeto audiovisual 1 – parte 1

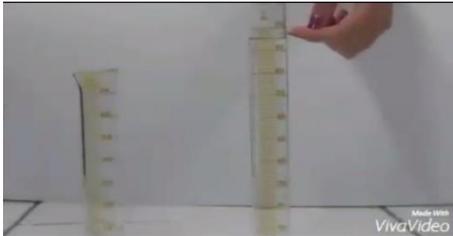
A seguir, ao efetuar o experimento para demonstração do fenômeno de diminuição do volume em relação ao esperado, a aluna apresenta os materiais (Evento 2; Quadro 2, e utiliza **gestos dêiticos** para diferenciá-los. As mãos da aluna, ao serem curvadas em alusão a se fazer uma mistura, gesticulam no exato momento em que ela diz a palavra *mistura*. A imagem desenhada na lousa não faz qualquer menção a esse processo e não possui elementos que permitam inferir sobre a ação de misturar (vetores, símbolo de soma ou ente sugerindo movimento). Entretanto, isso é expresso pelo texto oral em associação com o gesto da aluna. Este é um exemplo da possibilidade de se transmitir

maior conteúdo de informação através deste recurso (OA) do que através de representações estáticas OA, que existem duas provetas com líquidos transparentes, o que, à princípio, sugere que sejam o mesmo líquido. O ato de apontar para os materiais ao falar os seus nomes, indica que o gesto objetiva classificar e distinguir os materiais para o espectador.

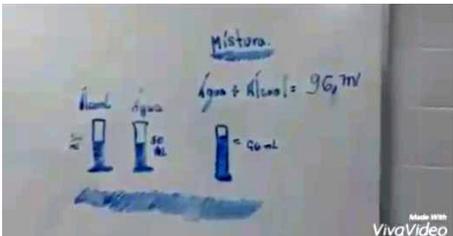
Assim que descreve os materiais, a aluna verte o conteúdo de uma proveta em outra (Evento 3; Quadro 2). O ato de executar o experimento para depois explicá-lo reforça a descrição das evidências macroscópicas expressa na parte introdutória do **OA**. Ao apresentar o fenômeno, a aluna expõe sua indagação, mesmo não sendo verbalizada palavra alguma durante a ação.

Os eventos 4 a 7 desse mesmo **OA** estão apresentados nos Quadros 3 a 6. Nestes eventos, os alunos utilizam gestos dêiticos ao apontar para dois entes diferentes na representação que possuem o mesmo significado; o primeiro (mostrado no Quadro 3) é a graduação da proveta indicando o volume final da mistura, ou seja, a evidência macroscópica que origina a indagação acerca do motivo de se obter um volume diferente do esperado.

O segundo ente se refere ao valor do volume registrado na lousa para esquematizar o processo de mistura (evento 5; Quadro 4). O objetivo desse registro é o de informar a sequência narrativa do processo, entretanto, não são representados vetores para indicar ou dar destaque para a mistura, diminuição do volume e valor da medida final. Isso é feito de forma oral, tomando o desenho como pano de fundo da narração. Considerando a fala da pessoa no evento 5 do **OA** (vide Quadro 4), é importante ressaltar que os alunos que o desenvolveram estavam cursando o segundo semestre do segundo ano do Ensino Médio, isso é, estavam quase por finalizar sua escolarização básica.

Frame

<p>Transcrição do trecho: “No caso, como vocês podem perceber, tinha 50 mL aqui e 50 mL aqui, mas, no caso, não deu 100 mL.”</p> <p>Observações: Ela aponta para a graduação da proveta indicando que não foram obtidos os 100 mL esperados.</p>

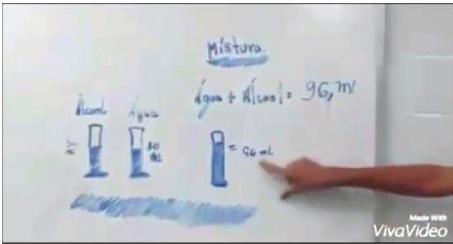
Quadro 3. Caracterização do objeto audiovisual – evento 4

Frame

<p>Transcrição do trecho: “Bom, agora vou explicar para vocês porque os 50 mL de água junto com os 50 mL de álcool, juntos, não deram 100 mL. Isso aconteceu porque as partículas da água, que é uma substância mais simples, as partículas dela, que estão vazias, se agruparam às partículas do álcool.”</p> <p>Observações: O esquema desenhado na lousa não possui vetores e o autor explica o processo de diminuição do volume final esperado.</p>

Quadro 4. Caracterização do objeto audiovisual – evento 5

Nesta fala, foram sublinhados alguns trechos que sugerem a importância de se favorecer a expressão das representações dos alunos, ao longo de todo seu percurso de aprendizagem (o que aparenta não ter acontecido, no caso desses estudantes). Percebe-se, pelo conjunto dos trechos sublinhados, que a aluna não internalizou adequadamente a ideia de descontinuidade da matéria, isso é, que toda a matéria é descontínua porque seria formada de partículas em movimento e espaços enormes entre elas (a chamada descontinuidade da matéria).

Ela emprega os termos partículas e vazio de forma equivocada, sugerindo que não tenha conseguido atribuir os significados adequados a esta terminologia, porque no modelo de descontinuidade da matéria de que ela se utilizava, os espaços estão entre as partículas em constante movimento, não existindo partículas vazias ou a possível agregação de partículas até que praticamente não mais exista espaço entre elas.

Frame

<p>Transcrição do trecho: “(...) isso fez com que o volume da água e do álcool juntos, diminuísse, por isso o resultado final foi 96 mL.”</p> <p>Observações: ênfase no valor do volume encontrado no final do experimento, utilizando um gesto de apontamento.</p>

Quadro 5. Caracterização do objeto audiovisual – evento 6

No que se refere ao Evento 6 do **OA** (apresentado no Quadro 5), nossos resultados sugerem que os modos comunicacionais em uma aula de Ciências se mesclam e complementam, embora Piccinini e Martins (2004), ao analisarem diversos desses modos, em situação de ensino, tenham destacado que os modos gestual e imagético estão subordinados à linguagem verbal. Existe, no nosso entendimento, uma interdependência entre os modos, que facilita a significação da ação de mistura dos materiais apenas quando o modo verbal e a imagem da lousa são expressos conjuntamente.

Caso atividades como a proposta nesta **SEA** tivessem sido implementadas mais precocemente e de forma contínua durante a escolarização desses alunos, a expressão do modelo mental, pela aluna, já teria conduzido a discussões coletivas com seus colegas e o professor que, provavelmente, conduziriam à reformulação de seu modelo devido à negociação de significados no grupo. Por fim, os alunos utilizaram o desenho que haviam feito em cartolina (Quadro 6) para complementar a discussão do fenômeno.

Frame
<p>Transcrição do trecho: “Então, aqui tem a representação das partículas. Aqui é uma representação bem mística do que acontece com as partículas da água e do álcool. Aqui dá pra ver a partícula do álcool encaixando na partícula da água. Depois, se vê todo o processo até que eles fiquem encaixados, agrupados, todos juntos. Depois que isso ocorre, a gente vai ter, conseqüentemente, um volume um pouco menor do que o esperado, o que ‘era’ para ter. Então, depois que isso acontece, o volume abaixa e o resultado final é 96 mL</p> <p>Observações: começo do turno da explicação a nível das partículas, utilizam a mesma imagem das cartolinas e narra o processo complementando a imagem. A representação da imagem sugere que as partículas se “eclipsam”, mas o conteúdo verbal é de que uma se encaixa na outra.</p>

Quadro 6. Caracterização do objeto audiovisual – evento 7.

É interessante salientar que a cartolina apresenta vetores que representam o movimento de uma partícula eclipsando outra. Quando o aluno explica a representação, ele diz que as partículas se encaixam. Portanto, o objeto audiovisual, nesse caso, atribuiu outro significado para o movimento dos entes, corroborando a expressão dos aspectos dinâmicos do conjunto de partículas, mesmo utilizando um modelo explicativo alternativo ao aceito cientificamente.

Os híbridos semióticos (imagem, voz e gestos), conforme destaca Lemke (2000), evidenciam uma significação que sobrepuja a explicação oral e as imagens isoladas. A observação da representação visual da cartolina, reutilizada na produção audiovisual, evidencia essa sinergia. A mudança de significados entre a imagem e o **OA** – eclipse *versus* encaixe – reforça os pressupostos de que a mídia audiovisual suporta mais conteúdo informacional do que a mídia escrita ou apenas visual (Van Leeuwen e Jewitt, 2005; Sousa et al, 2013), pois envolve mais elementos para a expressão da informação.

A performance gestual dos alunos, ao utilizarem gestos dêiticos para classificar os materiais e gestos representativos relacionados ao processo de mistura, denotam uma ênfase no que se destaca para os alunos em sua representação.

Outro ponto que merece destaque é a construção da representação para as partículas. Excluindo-se a questão da validade científica, ao selecionarem signos específicos (círculos, setas e fórmulas químicas) negociados coletivamente entre eles, a representação foi suficiente para expressar a sua proposição teórica para a evidência macroscópica que haviam observado.

Referências

- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 1977.
- BELL, P. Content analysis of visual images. In T. van Leeuwen & C. Jewitt (Eds.), *Handbook of visual analysis*. London: Sage, 2001.
- Bortolai, M. M. *PROQUIM em ação: resignificando o conceito de transformação no Ensino Médio*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências. USP (Institutos de Física, de Química, de Biociências e Faculdade de Educação). São Paulo. 2010, p.177-198.
- CAMPOS, H. Da tradução como criação e como crítica. In: _____. *Metalinguagem e outras metas*. São Paulo: Perspectiva, 1992, p. 31-48.
- 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*, v. 8, n. 3, p. 293-307, 2007.
- CHITTLEBOROUGH, G.; TREAGUST, D. The modelling ability of non-major chemistry students and their understanding of the sub-microscopic level. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 8, n. 3, p. 274-292, 2007.
- COOK, M. P. Visual representations in science education: the influence of prior knowledge and cognitive load theory on instructional design principles. *Science Education*, v. 90, n. 6, p. 1073-1091, 2006.
- GIBIN, G.; FERREIRA, L. H. A formação inicial em Química baseada em conceitos representados por meio de modelos mentais. *Química Nova*, v.33, n.8, 1809-1814, 2010.
- JABER, L. Z.; BOUJAOUDE, S. A macro-micro-symbolic teaching to promote relational understanding of chemical reactions. *International Journal of Science Education*, v.34, n.7, p. 973-998, 2011.
- JANSOON, N. et al. Understanding mental models of dilution in Thai students. *International Journal of Environmental & Science Education*, v.4, n.2, p. 147-168, 2009.
- JOHNSTONE, A. H. Chemical education research: where from here? *University Chemistry Education*, v.4, n.1, p. 34-38, 2000.
- JOHNSTONE, A. H. Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, v.7, n.2, p. 75-83, 1991.
- JOHNSTONE, A. H. Macro and micro-chemistry. *The School Science Review*, v.64, n.227, p. 377-379, 1982.

KRESS, G.; VAN LEEUWEN, T., *Reading images: the grammar of visual design*. Londres: Routledge, 2006

LEMKE, J. L. *Aprender a hablar ciencia*. Buenos Aires: Paidós, 1997.

LEMKE, J. Multimedia Demands of the Scientific Curriculum. *Linguistics and Education*, v.10, nº.3, p.1-25, 2000

MAZON, A. B.; REZENDE, D. B.; ROMANELLI, L. I.; MARCONDES, M. E. R.; BELTRAN, M. H. R.; BELTRAN, N. O.; SCHNETZLER, R. P. *PROQUIM: Projeto de Ensino de Química para o 2º grau*. Vol I e II. Campinas: UNICAMP, 1986. 52p.

SOUZA, D. D. D.; SANTOS, V. C.; ARROIO, A. Alfabetização científica multimodal na resolução de problemas por estudantes do ensino médio regular. XVI ENEQ/X EDUQUI, 2013.

SCALCO, K.C. *Estudo das representações sobre ligações químicas nos livros didáticos e suas contribuições para o processo de aprendizagem*. Alfenas, 2014. 180p. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal de Alfenas, 2014

VAN LEEUWEN, T. JEWITT, C. *Handbook of visual analysis*. London: Sage, 2001

Sobre os autores

Daisy De Brito Rezende - Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências. Departamento de Química Fundamental, Instituto de Química.

Tânia Cristina Vargas Sana - Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências.

Luiz Guilherme Basílio Novaes - Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências.

Aginaldo Arroio - Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências. Departamento de Metodologia de Ensino, Faculdade de Educação Universidade de São Paulo.