

Recital

Revista de Educação,
Ciência e Tecnologia de Almenara/MG.

REPRESENTAÇÃO E TRANSIÇÃO MODAL EM AULAS DE CIÊNCIAS NO ENSINO REMOTO EMERGENCIAL: OS FENÔMENOS DE VOLATILIDADE E SOLUBILIDADE

*Representation and modal transition in Science lessons in the emergency remote teaching:
the phenomena of volatility and solubility*

Ana Livia Baptistella ARAUJO

Universidade Federal de Minas Gerais
analiviabap@yahoo.com.br

Ana Luiza de QUADROS

Instituto Federal de Minas Gerais
ana.quadros@uol.com.br

DOI: <https://doi.org/10.46636/recital.v5i2.347>

Resumo

O ensino remoto emergencial ampliou os desafios enfrentados por professores e pelas instituições de ensino. Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de analisar o potencial das representações no envolvimento dos estudantes com o conteúdo e no desenvolvimento de habilidades representacionais em aulas virtuais. Para isso elaboramos uma sequência de dez aulas de 100 minutos cada, na qual as representações foram inseridas. Essas aulas foram desenvolvidas junto a estudantes do sétimo ano do Ensino Fundamental. Para este trabalho foram consideradas as quatro últimas aulas, nas quais foram analisados tanto um conjunto de representações do caminho percorrido pelas moléculas odoríferas de uma flor até chegar às narinas de uma pessoa, quanto a performance dos estudantes em transitar de um modelo bidimensional para um modelo tridimensional. Observamos que mesmo no ensino remoto é possível envolver os estudantes com esse tipo de atividade e, principalmente, com os conceitos relacionados às representações. As atividades desenvolvidas foram importantes para iniciar o processo de desenvolvimento de competências representacionais nos estudantes participantes.



Palavras-chave: Ensino de Ciências. Representações. Ensino Remoto Emergencial. Multimodalidade.

Abstract

The emergency remote teaching has broadened the challenges faced by teachers and educational institutions. This study aimed to analyze the potential of representational activities in students' engagement with the content and in the development of representational skills in virtual classes. To this end, a sequence of ten 100 minute classes was elaborated with 7th graders, in which the representations were inserted. For this work, we considered the last four lessons, analyzing both a set of representations such as how the smell of a flower reaches us and how the students performed on moving from a two-dimensional model to a three-dimensional model. It was observed that even in remote teaching, it is possible to engage students with this kind of activity, especially with concepts related to representations. The developed activities were important to start the process of developing representational skills in the participating students.

Keywords: Science teaching. Representations. Emergency remote teaching. Multimodality.

INTRODUÇÃO

Quando se trata de conhecimento químico é praticamente impossível dissociar os conceitos de suas representações. No Ensino Fundamental os estudantes têm o primeiro contato formal com esse conhecimento na disciplina de Ciências. Assim, acreditamos que desenvolver habilidades representacionais nesses estudantes se mostra importante para que eles prossigam os estudos com condições mais favoráveis para entender melhor a Química.

Porém, lidar com representações foi um desafio ainda maior durante o Ensino Remoto Emergencial (ERE). Em função da pandemia do novo coronavírus (SARS-CoV-2), as escolas foram fechadas em março de 2020, como medida necessária para diminuir a transmissão do vírus. As atividades escolares só foram retomadas por meio do ensino remoto, como uma solução estratégica temporária. Sabemos que no ensino presencial é comum que eventualmente alguns estudantes se distraiam, seja pela proximidade de um colega ou por interesses que não são compatíveis com o conteúdo. No ensino remoto, no entanto, o ambiente de casa se mostra mais favorável à dispersão, pois é possível que haja pessoas no ambiente envolvidas em tarefas diferentes e que o estudante se desloque ou mesmo navegue por outros *sites* que estão disponíveis no aparelho usado para assistir às aulas sem ser percebido pelo professor. Portanto, as chances de desatenção aumentam no ERE.

Além dessa possibilidade de dispersão, existem fatores que independem do discente ou do docente, tais como os relacionados às tecnologias, a exemplo do acesso limitado à internet e a falta de equipamento adequado. A adesão dos estudantes às aulas remotas poderia, ainda, sofrer impactos de problemas emocionais decorrentes ou não da pandemia, da necessária reorganização escolar para lidar e acolher os estudantes, do apoio dos pais em relação ao conhecimento, da relação dos pais com a escola, da infraestrutura disponível tanto para o professor quanto para os estudantes, de problemas econômicos e, até mesmo, das questões políticas presentes em um cenário tão polarizado como esse que vivemos no Brasil, caracterizado inclusive pela pouca valorização da educação e da Ciência.



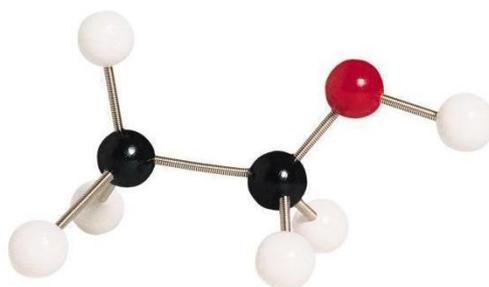
Para esta pesquisa, fez-se necessário lidar com esse contexto e, em alguns momentos, desconsiderar alguns desses fatores, por estarmos distantes de qualquer possibilidade de resolvê-los. Esse contexto nos levou a propor e desenvolver um conjunto de aulas nas quais as representações fossem valorizadas. Neste trabalho dirigimos nossa atenção para como os estudantes lidam com as representações em aulas virtuais, com objetivo de analisar o potencial de atividades envolvendo representações no envolvimento dos estudantes com o conteúdo e no desenvolvimento de habilidades representacionais.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

A partir dos estudos de Halliday (1978; 1994), mais especificamente a Gramática Sistêmico-Funcional (GSF), a ótica sob a qual a sala de aula é estudada em termos de linguagem foi ampliada. A partir da GSF a linguagem passou a ser estudada não apenas como um sistema regulado por regras, mas como um sistema de produção de significados (SANTOS, 2009). A partir desses estudos, pesquisadores (JEWITT, 2009; KRESS, 2010; KRESS; VAN LEEUWEN, 1996; NORRIS, 2004) deram uma nova perspectiva para os estudos da linguagem e ampliaram o foco das pesquisas envolvendo a comunicação, considerando os múltiplos modos semióticos envolvidos, o que foi chamado de Multimodalidade.

De acordo com Adami (2016), além de ser um campo de pesquisa, a multimodalidade também pode ser vista como um fenômeno da comunicação humana comum a diversas áreas, uma vez que no processo de interlocução é necessária a utilização de diversos modos. Esses modos são canais de comunicação que uma cultura reconhece, podendo ser uma imagem, um gesto, uma representação, uma trilha sonora, entre outros. A dependência sociocultural do modo pode ser explicada pensando no modelo bola-vareta (Figura 1) utilizado na Química para representar moléculas.

Figura 1. Representação de uma molécula a partir do modelo bola-vareta



Fonte: *eHow* Brasil¹

Se esse modelo for apresentado para um químico, provavelmente ele conseguirá relacioná-lo à estrutura de alguma molécula e poderá até aprofundar a interpretação considerando aspectos como a geometria do modelo, a cor das peças (que se refere a diferentes átomos), ou até mesmo a forma como as peças estão conectadas (inferindo o tipo de ligação entre os átomos).

¹ Disponível em https://www.ehow.com.br/diferencas-analiticas-entre-isopropanol-etanol-info_44949/



Ao ser apresentado a alguém sem conhecimento químico suficiente, esse modelo poderá ser visto como um brinquedo, um enfeite ou ter uma interpretação distinta, de acordo com os conhecimentos da pessoa. Para esse último, o modelo bola-vareta não representa um modo semiótico, uma vez que não faz parte de sua cultura. Isso significa que o modelo bola-vareta é um modo semiótico para a comunidade científica e para os “conhecedores” da Química, mas não o é para um leigo. No exemplo citado na Figura 1, trata-se da estrutura química do etanol ou álcool etílico.

Considerar o potencial dos diferentes modos na comunicação tem a função de tornar essa comunicação mais eficiente. Como professores sabemos que o estudante já tem explicações para as “coisas” do mundo, construídas a partir da cultura do dia a dia. Dessa forma, a sala de aula se constitui em um espaço/tempo de negociação e de “convencimento”, uma vez que a atividade do professor inclui convencer o estudante de que as explicações da Ciência são mais abrangentes e mais estruturadas e que foram legitimadas pela comunidade científica. Para isso a comunicação precisa ser eficiente. As pesquisas que exploram a multimodalidade na sala de aula ressaltam a importância de o professor utilizar e relacionar os multimodos, visando a uma comunicação mais eficiente, de forma que os estudantes consigam significar as informações.

A Química é um campo da Ciência que, por usar de “entidades” submicroscópicas (átomos, moléculas, íons etc.) para explicar o mundo material, é carregada de representações. É praticamente impossível ensinar essa Ciência sem usar as representações. Portanto, ensinar e aprender Química significa imergir em um mundo representacional. Diversos estudos, a exemplo de Pena e Quadros (2020), têm mostrado que mesmo estudantes de graduação em Química nem sempre reconhecem o papel das representações na Química.

Tytler e colaboradores (2013), com a intenção de desenvolver habilidades espaciais em estudantes, passaram a explorar as representações em salas de aula de Ciências, em uma abordagem na qual os estudantes, mediados pelo professor ou professora, propunham a representação de um fenômeno, comunicavam o proposto na arena pública da sala de aula e participavam de um processo de negociação para essa proposta. Com isso eles puderam ir modificando a representação inicial até que ela se aproximasse da representação canônica. Tytler e colaboradores denominaram essa perspectiva de “Representações Multimodais”. A abordagem que se utiliza de representações multimodais visa o protagonismo e a reflexão do estudante durante o processo de proposição, negociação e reelaboração das representações, buscando aproximá-las das representações canônicas.

Prain e Tytler (2013) argumentam que as representações multimodais consideram três dimensões para o conhecimento trabalhado em sala de aula: semiótica, epistêmica e epistemológica. Para a construção de significados a dimensão semiótica envolve o uso de ferramentas culturais, que podem ser materiais, ou seja, instrumentos e artefatos, ou podem ser simbólicas, tais como gestos, imagens, equações matemáticas etc. Essas ferramentas são importantes para o estudante, uma vez que ele pode querer explicar um fenômeno por meio de diferentes modos. Caso opte por um desenho, por exemplo, ele enfrentará limitações, como o espaço físico disponível (uma folha de papel). Se essa mesma explicação for por meio da fala, ele encontrará outras limitações e poderá recorrer a ferramentas simbólicas para auxiliá-lo, como, por exemplo, os gestos.



REPRESENTAÇÃO E TRANSIÇÃO MODAL EM AULAS DE CIÊNCIAS NO ENSINO REMOTO EMERGENCIAL: OS FENÔMENOS DE VOLATILIDADE E SOLUBILIDADE

Na dimensão epistêmica estão as práticas epistêmicas (SASSERON; DUSCHL, 2016; ARAÚJO, 2008) e as práticas pedagógicas. Com as práticas pedagógicas o professor poderá possibilitar um ambiente de construção e negociação de significados no qual os estudantes poderão propor representações, justificando essa proposta e participando de um processo de negociação que os leve a reelaborar essas representações. Como prática epistêmica temos as explicações, os argumentos, as conclusões, as representações e uma gama de outros recursos usados na construção de significados. A dimensão epistemológica, por sua vez, envolve um conjunto de processos cognitivos usados durante a construção/reconstrução de representações. Esses processos podem ocorrer em nível individual ou em grupo e estão relacionados ao conhecer mais amplamente a Ciência ou a conhecer a natureza da Ciência. No que se refere à natureza da Ciência, os estudos de Gooding (2004; 2010) auxiliam no entendimento do papel das representações na produção do conhecimento pelos cientistas.

Como podemos perceber, essa abordagem permite que os estudantes aprendam conceitos científicos por meio de desafios ao serem chamados a propor e justificar representações. De acordo com Prain e Tytler (2013, p. 74) “é necessário que a aprendizagem nas aulas de Ciências se concentre nos processos pelos quais o conhecimento comunitário é construído, bem como nos meios pelos quais esse conhecimento é defendido e estabelecido”. Logo, além de respeitar as concepções prévias dos estudantes e os processos cognitivos, criando vantagens em termos de aprendizagem (TYTLER *et al.*, 2013), as representações multimodais estão relacionadas às três dimensões e têm um papel fundamental na compreensão de aspectos da Natureza da Ciência e no desenvolvimento de competências e habilidades que contribuem para a alfabetização científica (GILLIES; BAFFOUR, 2017; TYTLER *et al.*, 2013; ZOMPERO; LABURÚ, 2010).

É esperado que, ao propor uma representação usando um modo semiótico específico, o estudante se depare com algumas limitações daquele modo e precise se utilizar de outro, escolhido por ele ou sugerido pelo professor. Essa transição entre modos semióticos também tem sido objeto de investigação. Quadros e Giordan (2019) analisaram as transições entre os modos semióticos durante a discussão de um experimento em uma aula de Química do Ensino Médio, ao que os autores chamaram de “rota de transição modal”. A professora em questão usou o desenho na lousa, os artefatos do experimento, os gestos, uma imagem projetada na tela e a fala para representar um mesmo fenômeno. Os autores afirmam que a professora usou diferentes modos simultaneamente e transitou entre os modos para atender às demandas dos estudantes. Com isso, ao mobilizar os diferentes modos na ação, esses se tornaram “parte de um arcabouço representacional mais amplo envolvendo uma multiplicidade de modos semióticos em uso” (QUADROS; GIORDAN, 2019, p. 96).

Mortimer e colaboradores (2014) analisaram aulas de duas professoras do ensino superior em relação aos modos semióticos mobilizados. Uma das professoras utilizou a estratégia de sobrepor um modelo tridimensional (bola-vareta) a um modelo bidimensional desenhado na lousa com a intenção de esclarecer melhor a representação em questão. A segunda professora fez uso de uma estratégia gestual para dar dinamismo a uma equação estática. Segundo os autores, as professoras transitaram e usaram simultaneamente diferentes modos, como um esforço em transformar o modelo químico bidimensional em tridimensional ou como um esforço em fazer com que uma representação química estática fosse entendida na sua forma dinâmica.



Prain e Waldrup (2006) argumentam ser necessário que os estudantes interpretem modos representacionais diferentes, pois isso estimula um desenvolvimento do conhecimento conceitual e faz com que os discentes trabalhem com pensamentos conflitantes em função da interpretação desses modos. Além disso, usar uma ampla gama de representações faz com que o estudante desenvolva uma compreensão da natureza submicroscópica da Química, o que auxilia na compreensão, principalmente quando se trata de um conteúdo de natureza abstrata (TREAGUST; CHITTLEBOROUGH; MAMIALA, 2003).

Neste trabalho dirigimos a nossa atenção para a vida dos estudantes com representações em aulas virtuais durante o período de ensino remoto emergencial.

2 METODOLOGIA

Esta investigação tem características de pesquisa qualitativa, uma vez que considera fenômenos e processos relacionados a pessoas e contextos em que elas se encontram (BOGDAN; BIKLEN, 1994). Os dados produzidos referem-se a palavras ou imagens, e os resultados contêm citações feitas com base nesses dados para ilustrar e substanciar a apresentação, conforme ressaltado por Bogdan e Biklen (1994).

2.1 AMBIENTE E SUJEITOS DA PESQUISA

Esta investigação foi conduzida junto a estudantes do sétimo ano do Ensino Fundamental de uma escola pública localizada dentro de uma Universidade Federal. Essa escola se organiza em ciclos de formação humana e preza pela investigação e pela produção do conhecimento no ensino, o que torna comum a presença de câmeras e/ou pesquisadores nas aulas.

As aulas investigadas foram planejadas para acontecer no ambiente presencial. A pandemia, no entanto, fez com que replanejássemos as atividades para o ensino remoto. Com isso as aulas aconteceram com todos os estudantes do sétimo ano simultaneamente, ou seja, com duas turmas, o que envolveu 50 estudantes – 21 meninos e 29 meninas –, com idade entre 11 e 13 anos. Para esta investigação usamos os dados de 32 estudantes que assinaram, com seus pais ou responsáveis, os termos de consentimento e de assentimento. Esses estudantes ingressaram na escola por meio de sorteio de vagas, o que os caracteriza como um público diversificado em termos de origem social e econômica. A maioria dos participantes frequenta a escola desde o primeiro ano.

2.2 AS AULAS INVESTIGADAS

Uma sequência de aulas foi organizada para um total de dez aulas – sete assíncronas e três síncronas – com duração prevista de 1 hora e 30 min, embora essa duração fosse controlada apenas nas aulas síncronas. Essa sequência foi planejada a partir do tema “Cosméticos” e explorou atividades nas quais os estudantes propunham representações para um fenômeno, as quais foram objeto de atenção nas aulas seguintes.

Para este trabalho selecionamos um conjunto de aulas desenvolvidas na parte final da sequência, listadas no Quadro 1, as quais culminaram em atividades com representações bidimensionais e tridimensionais, com uma atenção para a transição entre essas duas formas de representar.



REPRESENTAÇÃO E TRANSIÇÃO MODAL EM AULAS DE CIÊNCIAS NO ENSINO REMOTO EMERGENCIAL: OS FENÔMENOS DE VOLATILIDADE E SOLUBILIDADE

Quadro 1. Aulas da sequência didática que foram analisadas

Aula	Tipo	Tema	Atividade desenvolvida	Tarefa dos estudantes
7	assíncrona	Solubilidade e Volatilidade	Realizar experimento com esmalte e introduzir os conceitos de “solubilidade” e “volatilidade”.	Responder às perguntas inseridas na videoaula.
8	assíncrona	Solubilidade e Volatilidade	Texto “Por que sentimos os cheiros?”.	Representar o deslocamento das moléculas que propiciam a uma pessoa sentir o cheiro de uma flor.
9	assíncrona	Representação molecular	Construir representações de moléculas em 3D a partir de representações em 2D.	Utilizar o <i>Molecular Constructor</i> ou o <i>Phet</i> para construir uma molécula de água e uma molécula de acetona.
10	síncrona	Revisão dos conteúdos	Retomar os conceitos em que os estudantes apresentaram mais dificuldades, e dar um <i>feedback</i> às atividades realizadas. Discutir o papel das representações na aprendizagem.	Participar da discussão e preencher o formulário de avaliação da disciplina

Fonte: autoria própria

Na Aula 7 elaboramos uma atividade experimental para introduzir os estudantes na atividade-fim. Para isso foi disponibilizado na plataforma *Edpuzzle* um vídeo que apresenta um histórico do esmalte, uma vez que em séculos passados sua utilização não era influenciada por questões de gênero como é observado atualmente, mas envolvia relações de poder, ou seja, o esmalte não era utilizado apenas com finalidades estéticas (SILVA; BIERHALZ, 2017; SOUSA, 2017). Além desse histórico havia informações sobre a composição usual do esmalte, com seus solventes, resinas, pigmentos, entre outras substâncias. Logo depois o vídeo mostrava a professora passando esmalte na unha, deixando-o secar e, em seguida, tentando removê-lo com água e, posteriormente, com acetona. Durante essa prática foram surgindo questões no vídeo que solicitavam aos estudantes, entre outras coisas, a identificação do estado físico do esmalte no recipiente e após ter sido passado na unha. Ressaltamos que a plataforma *Edpuzzle* permite que se faça *upload* de aulas gravadas – autorais ou não –, e que sejam inseridas questões no decorrer do vídeo, de modo que o estudante deverá respondê-las para prosseguir assistindo. Dando prosseguimento, foram apresentadas as fórmulas estruturais planas do etano, da água, da propanona (acetona) e da nitrocelulose, compostos presentes em maior quantidade na fórmula do esmalte. Nesse momento outras perguntas surgiram no vídeo, abordando, entre outros tópicos, a identificação dos átomos presentes nessas estruturas químicas, o número de ligações do átomo de carbono nas estruturas apresentadas, as semelhanças e diferenças observadas por eles nas fórmulas estruturais.



A intenção era fazer os estudantes perceberem as características das estruturas em estudo. No final dessa videoaula, após a professora ter trabalhado com os conceitos de solubilidade e volatilidade, foi retomada a pergunta inicial: “Por que sentimos cheiros?”

A Aula 8, baseada em Pinto e colaboradores (2014), contou com uma atividade em que os estudantes deveriam representar as partículas presentes em um frasco de perfume, ou seja, uma representação no nível submicroscópico. Foi disponibilizado aos estudantes um texto intitulado “Por que sentimos cheiros?”, construído com base em Retondo e Faria (2014), com uma breve explicação sobre moléculas odoríferas e as condições necessárias para que uma pessoa consiga sentir o odor de alguma substância, processo que envolve a solubilidade em água e a volatilidade. Esse texto visava fornecer condições para que os estudantes realizassem o exercício que seria proposto. No *Google Formulários* foram disponibilizadas duas questões, a primeira delas solicitando que o estudante identificasse um cheiro marcante para ele e justificasse sua escolha. Já a segunda questão solicitava que fossem citadas e explicadas as duas condições (solubilidade em água e volatilidade) que, de acordo com Retondo e Faria (2014), as moléculas precisariam satisfazer para serem caracterizadas como “odoríferas”. A atividade final dessa aula foi a construção de representações. Nela, pedimos que o estudante imaginasse que estava passando próximo a um canteiro com flores perfumadas e que representasse com um desenho como o cheiro das plantas chegava até ele, considerando as moléculas odoríferas como partículas. Com isso ele teria de representar o deslocamento dessas moléculas, uma vez que é possível sentir o cheiro de uma flor, mesmo estando a certa distância dela.

Na Aula 9 os estudantes foram orientados a construir representações em 3D a partir de representações 2D, usando tecnologias digitais. Para isso eles poderiam optar entre o *site Phet*, usando uma simulação nomeada como “monte uma molécula”, ou o aplicativo *Molecular Constructor*. Essa atividade foi inspirada nos estudos de Prain e Waldrip (2006), que trabalharam com circuitos elétricos, e de Treagust, Chittleborough e Mamiala (2003), que exploraram conhecimentos de Química Orgânica. A atividade, disponibilizada no *Google Formulários*, solicitava que estudantes construíssem em 3D as moléculas de água e de propanona, tendo como base a fórmula estrutural de linha dessas moléculas. A professora disponibilizou um vídeo contendo o tutorial dos dois recursos, do *site Phet* e do aplicativo *Molecular Constructor*. As imagens das moléculas construídas por eles poderiam ser anexadas ao *Google Formulários* ou ser enviadas via *WhatsApp* para a professora.

Todos os links para essas atividades foram disponibilizados no *Moodle*, plataforma gratuita que auxilia no gerenciamento e no compartilhamento de materiais e que conta com recursos diversificados, como a criação de fóruns de discussão, *chats* com os estudantes, realização de avaliações, possibilidade de criar e personalizar o ambiente virtual de acordo com as demandas (PONTES, 2017). A plataforma *Moodle* era usada pela escola para todas as aulas remotas, na Aula 10 a professora retomou os conceitos trabalhados e apresentou aos estudantes algumas das representações feitas por eles, sem apontar o autor, com a intenção de analisar se eles eram capazes de identificar problemas e sugerir mudanças, com a intenção de propiciar um momento de negociação dessas representações.



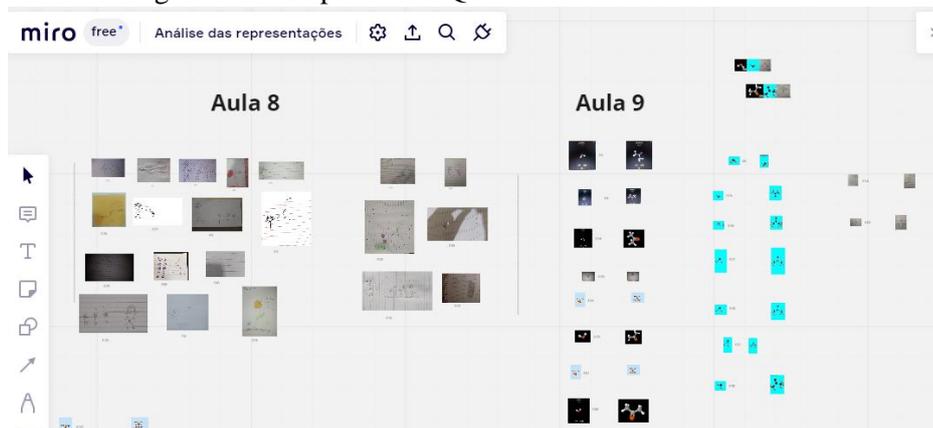
2.3 PRODUÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

O projeto da pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (COEP), com parecer nº 28848819.8.0000.5149. A produção de dados foi um desafio nesse contexto do ensino remoto, principalmente em função da grande quantidade de aulas assíncronas. Nessas aulas, cuja interação não foi em tempo real, registramos todas as respostas das atividades propostas. Já na aula síncrona, que aconteceu em tempo real, realizamos a gravação e, conforme a observação das pesquisadoras, os trechos de maior interesse foram transcritos de forma adaptada para facilitar a análise.

Além disso, durante a sequência didática as pesquisadoras fizeram uso de um diário de bordo para anotação de pontos que poderiam ser importantes para a análise, com a finalidade de manter na memória algumas especificidades dessas aulas.

Para a análise dos dados, organizamos as representações elaboradas pelos estudantes em um quadro virtual no *site* Miro. Com essa ferramenta pudemos inserir em um único quadro todas as representações enviadas pelos estudantes durante a sequência didática, conforme Figura 2:

Figura 2. Visão parcial do Quadro construído no *site* Miro.



Fonte: imagem feita a partir do *site* Miro

Nesse quadro as representações foram agrupadas levando em conta as semelhanças, no caso da Aula 8, e a forma como foram construídas (*site*, aplicativo e manual), no caso da Aula 9. Analisamos tanto as representações quanto a aula síncrona, na qual essas representações foram discutidas. Para facilitar a análise transcrevemos a Aula 10 (síncrona), usando uma codificação para identificar os estudantes, de forma a resguardar o anonimato. Para isso foi usada a letra “E” seguida de um número de 1 a 50. Nas transcrições usadas neste trabalho aparecem apenas as falas dos estudantes que autorizaram o uso dos dados.

3 RESULTADOS

Prain e Tytler (2013) ressaltam a necessidade de os estudantes transitarem entre diferentes modos para representar. Para isso devem ter a oportunidade de ir além da dimensão conceitual e serem inseridos em abordagens que se utilizam de representações multimodais.



Esses pesquisadores afirmam que isso possibilita o desenvolvimento de práticas de raciocínio na Ciência, já que o envolvimento do estudante e a integração de múltiplos modos de representação podem incentivá-lo a raciocinar e a externar seu conhecimento acerca dos conceitos e dos fenômenos trabalhados em sala de aula, o que pode contribuir para a melhoria da aprendizagem.

As aulas 7, 8 e 9 foram construídas para introduzir os conceitos de solubilidade e volatilidade, trabalhar com as representações e oportunizar a transição de modos representacionais bidimensionais para tridimensionais, sendo que todas as atividades estavam, de alguma forma, alinhadas aos conceitos citados.

Destacamos a seguir os principais resultados obtidos nas questões presentes no vídeo da Aula 7. Em relação aos átomos presentes nas estruturas químicas, observamos que a maioria dos estudantes (67%) conseguiu identificar que a estrutura do etano é formada por carbono e hidrogênio. Os demais (33%) não souberam responder ou apresentaram uma resposta incorreta, a exemplo do estudante E38, que indicou que na estrutura havia “hidrogênio e gás carbônico”. Após responderem à pergunta, os estudantes eram conduzidos para uma explicação da professora acerca da questão, e assim eles recebiam um *feedback* e tomavam ciência da resposta correta. Ressaltamos que a primeira resposta dos estudantes foi referente a estrutura do etanol. No caso dos átomos presentes na fórmula molecular da água e da propanona (acetona), o percentual de acerto foi de 92% e 72%, respectivamente, talvez pelo fato de eles já terem recebido o *feedback* referente ao etanol.

No caso do etanol, 44% dos estudantes afirmaram serem quatro as ligações do átomo de carbono, mesma resposta dada por 52% em relação à propanona. Analisando as respostas diferentes dessas, vimos que alguns consideraram a ligação dupla como apenas uma ligação e outros só consideraram as ligações simples. Para esse caso também havia um *feedback* no vídeo.

Na última pergunta foi solicitado que eles explicassem o motivo de o esmalte ser removido pela acetona e não ser removido pela água. Como nas questões anteriores, eles deviam analisar a estrutura química dessas substâncias, sendo esperado que alguns deles conseguissem associar a estrutura à solubilidade. No Quadro 2 estão sintetizadas as respostas fornecidas para essa questão.

Quadro 2 – Explicação dos estudantes sobre a remoção do esmalte pela acetona.

Categorias	Subcategorias	Estudantes
Considera a fórmula estrutural plana	Os dois (esmalte e cetona) possuem carbono	E3, E5, E15, E21, E22, E23, E25, E29, E31, E41, E43, E46, E48
	Quantidade química	E18, E26, E27, E28
	Força/polaridade	E4, E16, E20
	Acetona tem coisas em comum com o esmalte	E14, E16
Não considera a fórmula estrutural plana	Acetona é um solvente	E9, E50
	Acetona e água são substâncias diferentes	E13
	Não respondeu	E38

Fonte: autoria própria



REPRESENTAÇÃO E TRANSIÇÃO MODAL EM AULAS DE CIÊNCIAS NO ENSINO REMOTO EMERGENCIAL: OS FENÔMENOS DE VOLATILIDADE E SOLUBILIDADE

Dos 26 estudantes investigados que realizaram essa atividade, 22 foram capazes de relacionar, de alguma forma, a estrutura das substâncias à solubilidade. Desses, 13 citaram a presença de carbono nas duas estruturas e dois disseram que elas tinham “coisas” em comum (ex: E5). Os quatro estudantes cujas respostas foram inseridas na categoria “quantidade química” fizeram referência à semelhança entre as substâncias, porém sem identificá-la, apenas tratando de quantidades de “alguma coisa” (ex: E16). Outros três estudantes foram além do que foi trabalhado na disciplina, inserindo ou a força de atração ou a polaridade das moléculas (ex: E4):

Porque a acetona possui carbono, assim como o esmalte, e a água não. (E5)

Se olharmos para a fórmula, dá pra ver que a acetona e o esmalte possuem semelhanças (E16)

Não dá para dissolver um composto orgânico apolar em um solvente polar. Por isso não podemos utilizar nesse caso a água ou o álcool como solventes para o esmalte. (E4)

No caso de E4, assim como os outros dois dessa categoria, não sabemos se a polaridade era um assunto conhecido por eles ou se buscaram uma explicação em livros ou na *internet*. Por outro lado, quatro deles não fizeram relação com a estrutura, colocando respostas mais genéricas ou não respondendo.

Na Aula 8 os estudantes deveriam representar a forma como o cheiro pode ser sentido, mesmo quando estamos distantes da planta/flor emissora. O texto disponibilizado aos estudantes abordava duas condições necessárias para as moléculas serem consideradas odoríferas: a volatilidade e a solubilidade. Após a leitura do texto os estudantes receberam duas questões para serem respondidas, sendo que na primeira delas eles deveriam relatar cheiros que sentiram e que os marcaram. As respostas variaram desde o aroma liberado quando o café está sendo preparado até o álcool usado para higienizar as mãos, esse certamente por estarmos em plena pandemia, momento em que seu uso era fortemente indicado.

Na segunda questão foi solicitado que eles explicassem as duas condições necessárias para sentir o aroma que eles haviam descrito na questão anterior. Dividimos as respostas em três grupos, sendo que no primeiro estão as explicações de 17 estudantes que consideramos corretas e completas, ou seja, que citaram a solubilidade e a volatilidade e explicaram a importância dessas condições. Para exemplificar, destacamos a explicação do estudante E26:

Para a gente sentir cheiro essas moléculas precisam ser voláteis, pois é dessa forma que as moléculas conseguem chegar na cavidade nasal. Outra condição é que as moléculas tenham uma pequena solubilidade em água. Isso é importante, pois o muco que reveste a região olfativa do nariz é uma solução aquosa de proteínas e carboidratos. (E26)

No segundo grupo de respostas sete estudantes se valeram de informações relacionadas a conteúdos trabalhados anteriormente, mas que não eram explicações adequadas para o que foi solicitado. Nesse caso, temos como exemplo a seguinte resposta:

Elas devem estar nas condições climáticas e de estado físico. (E21)



Por fim, no terceiro e último grupo, com duas respostas, estão agrupadas as explicações incompletas, ou seja, que mencionaram apenas uma das condições, como aconteceu na resposta de E41:

A primeira condição é que essas moléculas sejam voláteis e a outra não achei no texto. (E41)

Levando em conta que 26 estudantes participaram dessa atividade, consideramos positivo que 17 deles tenham recorrido ao texto e construído uma explicação adequada para que as substâncias odoríferas de uma planta sejam sentidas por nós. Além disso, nessa aula eles deveriam representar essa explicação usando o modelo particulado. Para isso foi solicitado que os estudantes considerassem as moléculas odoríferas como sendo partículas e desenhassem seu deslocamento em uma situação na qual uma pessoa sentisse o cheiro de uma flor. Nessa atividade recebemos um total de 19 representações, uma vez que alguns estudantes tiveram dificuldade em fotografar a própria representação e anexá-la ao formulário.

Entre as representações feitas, observamos que 14 estudantes definiram uma trajetória específica das partículas, que ia da flor até o nariz, enquanto outros cinco fizeram a representação das partículas dispersas aleatoriamente no ar, sendo que apenas algumas delas entravam em contato com o nariz do personagem. Nas figuras 3 e 4 apresentamos duas delas como representativas de cada um dos grupos.

Figura 3 – Representação do deslocamento das partículas construída pelo estudante E27

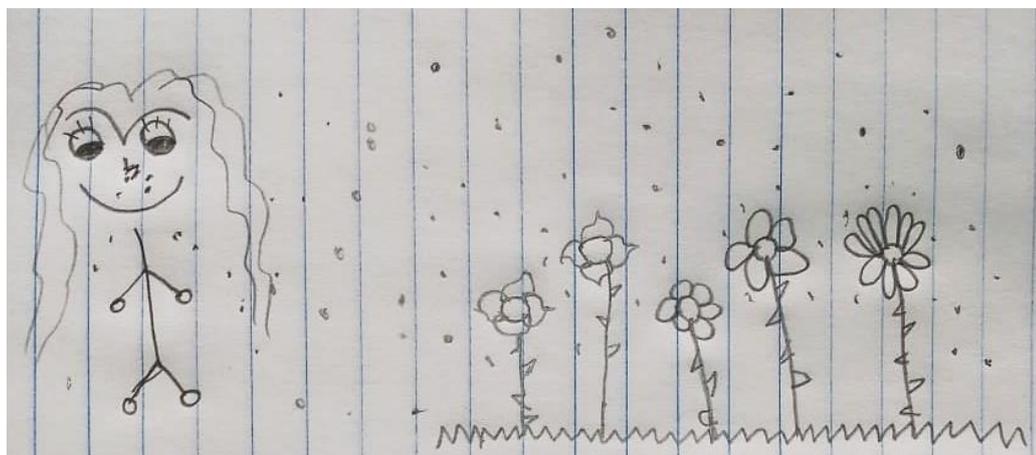


Fonte: dados da pesquisa



REPRESENTAÇÃO E TRANSIÇÃO MODAL EM AULAS DE CIÊNCIAS NO ENSINO REMOTO EMERGENCIAL: OS FENÔMENOS DE VOLATILIDADE E SOLUBILIDADE

Figura 4 – Representação do deslocamento das partículas construída pelo estudante E16



Fonte: dados da pesquisa

A tendência é de que as partículas odoríferas se espalham no ar e algumas poucas entrem em contato com a mucosa nasal, o que pode estimular as células sensoriais e, como consequência, gerar um impulso nervoso que será interpretado pelo cérebro, promovendo a sensação do respectivo aroma (RETONDO; FARIA, 2014). No entanto, esse não foi o entendimento da maior parte dos estudantes participantes (14), que assim como E27 (Figura 3) optaram por representar o que seria a rota das partículas odoríferas. Da mesma forma que quatro outros estudantes, E16 fez uma representação mais condizente, uma vez que várias pessoas podem sentir o cheiro exalado por um canteiro de flores, o que significa dizer que essas partículas não estão organizadas em “rotas” específicas (Figura 4).

Na Aula 10, que ocorreu de forma síncrona, essa atividade foi retomada. A professora iniciou a atividade pedindo aos estudantes que relembassem o texto disponibilizado na Aula 8. Selecionamos um trecho do diálogo ocorrido:

Professora: *Toda molécula é odorífera?*

E31: *Acho que sim.*

E41: *Não.*

E8: *Sim.*

E3: *Não.*

E50: *Não.*

E26: *Eu acho que não.*

Professora: *Nem toda molécula é odorífera. Como a gente viu no texto, para ela ser odorífera, ela precisa satisfazer duas condições: quais são elas?*

E5: *Elas têm que ser voláteis e têm que ter solubilidade na água.*

Professora: *Isso mesmo, então as moléculas precisam ser voláteis. O que é ser volátil mesmo? Eu esqueci...*

E13: *Uma coisa que volta?*

E26: *Uma coisa que evapora fácil?*

E5: *São substâncias que evaporam mais fácil.*

Professora: *Boa! São substâncias que têm facilidade de evaporar. Vocês lembram que a gente fez o experimento com acetona? Quando a gente abre o frasco de acetona, a gente sente o cheiro na hora, porque ela é muito volátil [...].*



E18: *A sujeira é volátil?*

Professora: *A gente sente o cheiro da sujeira?*

E40, E5, E26: *Não.*

E14: *Lixo normalmente é, né?*

Professora: *Quando lixo entra em decomposição, esse processo gera odores desagradáveis. Aí sim, tem moléculas odoríferas lá.*

Nesse diálogo E18 e E14 fizeram perguntas sobre a poeira e o lixo, o que nos faz crer que eles não compreendiam a natureza do cheiro. O conceito de solubilidade também foi retomado pela professora e, após a discussão das substâncias odoríferas, ela conduziu a aula para as representações que tinham sido construídas pelos estudantes na Aula 8. Foram selecionadas e compartilhadas com a turma quatro representações, com o intuito de promover um ambiente de negociação que levasse a uma discussão que considerasse dois tópicos principais: o “caminho” das partículas e a distância da flor.

A professora compartilhou a representação de E27 (Figura 3), sem identificar o autor. Selecionamos um trecho do diálogo que ocorreu nesse momento.

Professora: *Observem esse desenho. Os pontinhos são as partículas, que estão representando as moléculas odoríferas. Vocês acham que essas moléculas só vão na direção do nariz?*

Estudantes: *Não.*

Professora: *Por quê? Então como que é?*

E26: *Eu acho que elas se espalham no ar.*

E41: *Eu também.*

Professora: *Por que vocês acham que elas se espalham?*

E26: *Se eu chegar lá perto eu também vou sentir o cheiro, e isso quer dizer que tem mais partículas além dessas.*

Professora: *Eu acho que eu concordo com E26! Então, pensando nessa representação aqui, que tem um caminho... muita gente fez assim, o que vocês mudariam nessa representação?*

E38: *Colocaria mais moléculas.*

E31: *Mais partículas também.*

Professora: *Mais partículas espalhadas?*

Estudantes (vários): *Sim.*

Professora: *Fica essa observação, pessoal! Se vocês sabem que as partículas não vão em um caminho específico, na hora de representar tem que mostrar isso. Representar é um processo difícil, e a gente tem que ficar atento, porque pela representação nós comunicamos aquilo que estamos pensando.*

Com esse diálogo algumas suspeitas que tínhamos em relação à representação foram confirmadas. Apesar de grande parte dos estudantes responder que as partículas não estão apenas em uma rota específica, as representações que fizeram mostravam essa rota. Isso fica claro nas falas E26 e E41, que afirmaram que as partículas se espalham no ar. Entretanto nas representações construídas por esses mesmos estudantes há uma trajetória bem definida para as partículas. Inserir atividades com representação possibilita ao estudante interpretar e externar o que pensa (PRAIN; TYTLER; PETERSON, 2009). Assim como no trabalho de Quadros e colaboradores (2020), observamos que as representações, na maioria dos casos, não são valorizadas como um meio para coordenar o próprio pensamento. Isso reforça a necessidade de mostrar, cada vez mais, a direta relação entre representação e conhecimento e de encorajar os estudantes a desenvolverem a competência representacional como forma de comunicação e de organização das próprias ideias.



REPRESENTAÇÃO E TRANSIÇÃO MODAL EM AULAS DE CIÊNCIAS NO ENSINO REMOTO EMERGENCIAL: OS FENÔMENOS DE VOLATILIDADE E SOLUBILIDADE

Após terem discutido a representação em termos de espaço ocupado pelas partículas odoríferas, a professora questionou os estudantes em relação à distância em que é possível sentir o cheiro. Para isso ela compartilhou uma representação na qual o personagem estava bem próximo da flor (Figura 5), novamente sem identificar o autor.

Figura 5 – Representação feita por um estudante para explicar como o cheiro chega até nós



Fonte: dados da pesquisa,

Selecionamos um fragmento do diálogo que aconteceu nesse momento:

Professora: *Muitas pessoas fizeram a representação como se a flor estivesse pertinho. Agora, a minha pergunta para vocês é: e se a flor estivesse muito longe? A gente consegue sentir o cheiro de coisas que estão mais longe?*

E26: *Não.*

E15: *Eu acho que sim.*

E13: *Depende.*

E31: *Eu acho que de comida sim.*

E21: *Acho que só cheiro de coisa boa.*

E3: *Eu acho que sim, porque as partículas vão estar se espalhando. Então, com certeza algumas podem chegar no seu nariz.*

Professora: *Muito bem, alguém até deu um exemplo clássico aqui. Já aconteceu de vocês estarem passando de carro na rua, ou a pé mesmo, na hora do almoço [...] e aí você consegue sentir o cheiro da comida que o pessoal está fazendo em casa?*

E26: *Sempre acontece!*

E3: *Já.*

Professora: *Então, a gente consegue sentir o cheiro de longe, não consegue?*

Estudantes: *Sim.*

Professora: *Como que isso acontece?*

E31: *Com as partículas se espalhando.*

Professora: *Isso mesmo, elas vão se espalhar, mas elas possuem um limite. Igual no canteiro da flor, quando você passa pelo canteiro, você sente o cheiro, mas se você continuar andando vai chegar em um ponto que você não vai sentir mais. Como que isso é possível?*

E26: *Eu acho que é porque o ar leva elas.*

Professora: *O ar leva elas. O que vocês acham disso? Concordam ou discordam?*

(Estudantes concordam)

Professora: *Mas eu ainda tenho uma dúvida. Como que o ar pode levar elas? O que acontece que ele consegue empurrar essas partículas?*

E13: *Pelo vento.*

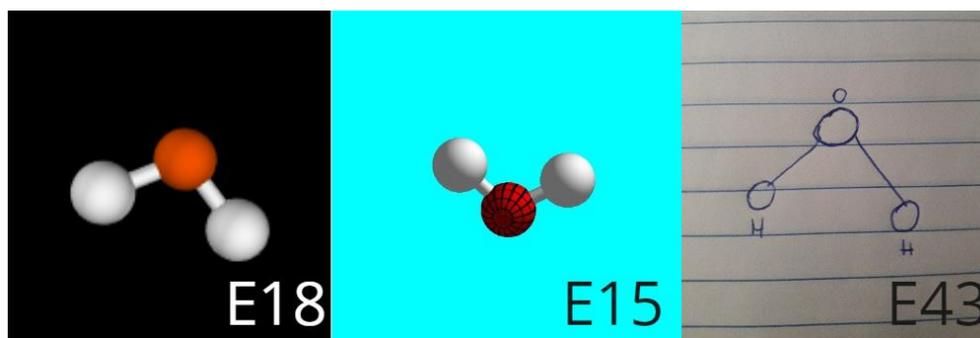
Professora: *E se for o cheiro ruim, como no caso do lixo que vocês falaram?*



Depois dessa discussão, parece-nos que os estudantes entraram em consenso em relação à movimentação das partículas odoríferas. Os diálogos ocorridos no ambiente virtual mostraram-se proveitosos, pois mesmo sendo o processo de sentir cheiros pouco conhecido cientificamente por esses estudantes, a discussão rendeu bons argumentos e reflexões. Sabíamos que tratar do nível submicroscópico com estudantes do sétimo ano seria um desafio, mas notamos que, além de se envolverem na discussão, um colega ia complementando a fala do outro, o que os levava a entrar em acordo em relação a uma explicação para o fenômeno em discussão.

Na Aula 9 a água e a acetona voltaram a ser objeto de estudo. Nessa aula os estudantes foram chamados a transitar de uma representação bidimensional para uma representação tridimensional. Eles já haviam recebido orientação em relação ao *site* ou aplicativo a ser usado. Portanto a atividade consistia em fazer uma representação tridimensional para as moléculas água e acetona (propanona). Apesar disso dois estudantes fizeram essa representação em uma folha de papel, e enviaram para a professora uma foto. Na Figura 6 apresentamos exemplos dessa representação.

Figura 6 – Exemplos da molécula de água construída no *Phet, Molecular Constructor* e desenhada, respectivamente



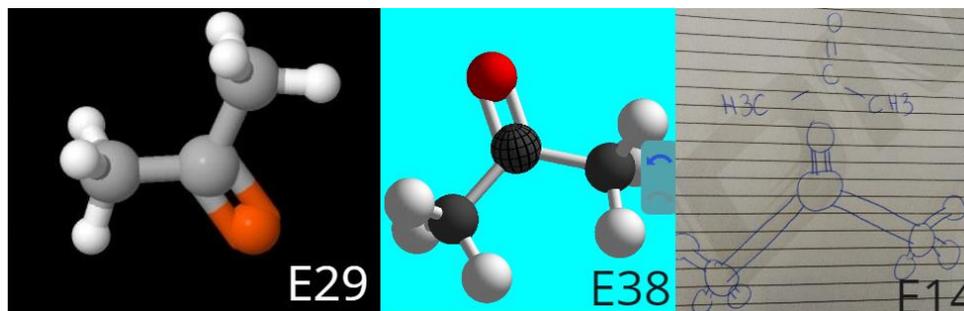
Fonte: dados da pesquisa

O fato de um percentual expressivo de estudantes ter conseguido fazer a representação da molécula de água em 3D nos leva a inferir que eles não tiveram dificuldades para essa transição entre diferentes modos. No caso dos dois estudantes que desenharam, dentro das limitações apresentadas por um desenho no papel, houve uma tentativa de representar em 3D. Para a molécula de propanona, no entanto, alguns estudantes apresentaram dificuldades. Isso já era esperado em vista do grau de complexidade dessa molécula, levando-se em conta que, além de se tratar de um hidrocarboneto, também possui na estrutura a presença de uma ligação dupla, que já havia sido tratada na Aula 7. Mesmo com dificuldade, a maioria dos estudantes (65%) conseguiu construir a representação da propanona em 3D, conforme exemplificado na Figura 7.



REPRESENTAÇÃO E TRANSIÇÃO MODAL EM AULAS DE CIÊNCIAS NO ENSINO REMOTO EMERGENCIAL: OS FENÔMENOS DE VOLATILIDADE E SOLUBILIDADE

Figura 7 – Exemplos da molécula de água construída no *Phet*, *Molecular Constructor* e desenhada, respectivamente

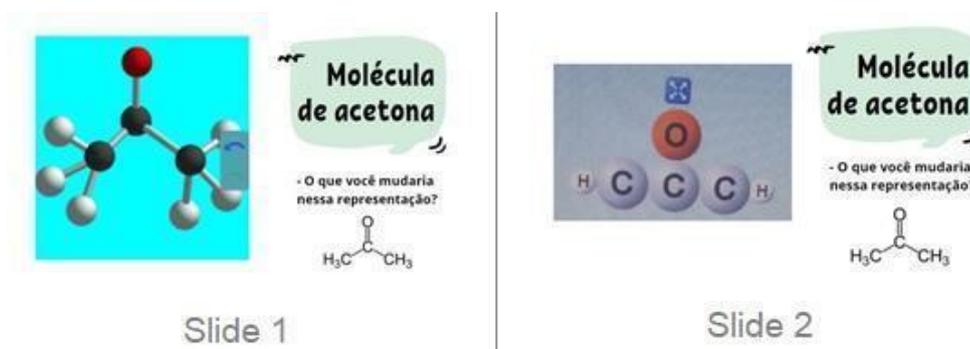


Fonte: dados da pesquisa

Apenas um pequeno grupo (cinco) não usou a dupla ligação, e apenas um estudante não conseguiu montar a estrutura adequadamente, pois ligou o oxigênio no carbono 1 da molécula. Tanto o *Phet* quanto o *Molecular Constructor* forneciam um *feedback* para os estudantes, pois quando a molécula era construída corretamente aparecia, de forma automática, o nome da substância e outras informações, tais como a fórmula molecular condensada e a massa molar. Portanto era possível saber quando havia algo errado na estrutura, sendo permitido reelaborar a representação. Como essa atividade não ocorreu de forma síncrona, não conseguimos acompanhar e, portanto, não sabemos se e quais estudantes reelaboraram suas representações. No entanto ressaltamos a importância de promover essa reelaboração uma vez que os estudantes podem perceber que há diferentes formas de representar a mesma molécula (TYTLER *et al.*, 2013).

Na Aula 10 foram retomadas essas representações, a partir de dois exemplos de moléculas de acetona (propanona) construídas pelos estudantes, as quais apresentavam discrepâncias em relação à fórmula estrutural plana. Nesse contexto, foram discutidas tanto a ausência da ligação dupla quanto a ausência de alguns hidrogênios na molécula. Em ambas as discussões a professora compartilhou um *slide* que continha a representação construída e também a fórmula estrutural plana que foi apresentada na atividade da Aula 9, conforme mostrado na Figura 8:

Figura 8 – *Slides* compartilhados pela professora



Fonte: *slide* da professora



Ao apresentar o *Slide* 1, ocorre o seguinte diálogo:

Professora: *Teve um pessoal que me mandou a representação desse jeito. Vocês acham que está correta? Vocês mudariam alguma coisa?*

E27: *Tá faltando os dois traços.*

Professora: *Isso, e o que esses dois traços significam?*

E5: *Que é uma ligação dupla.*

Professora: *Exato, mas aqui (aponta para o desenho) a gente só tem um traço, que simboliza que é uma ligação simples. Mas a gente sabe que é uma ligação dupla.*

E26: *Eu acho que esse é o meu, mas eu esqueci mesmo.*

A partir desse diálogo, percebemos que esse momento da aula oportunizou que os estudantes refletissem acerca das representações dos colegas, bem como de suas próprias. O estudante E26, ao ver a representação apresentada, reconheceu como sua e percebeu que havia cometido um erro. Depois dessa discussão, a professora novamente chamou a atenção para o cuidado necessário na hora de construir uma representação.

Ao apresentar o segundo *slide*, a professora novamente questionou se os estudantes mudariam algo na estrutura, como mostrado na transcrição a seguir:

Professora: *Teve outra pessoa que mandou essa representação aqui (mostra o desenho) O que vocês acham? Vocês mudariam alguma coisa?*

Estudantes (vários): *Sim.*

Professora: *O quê?*

E50: *Sim, está faltando dois hidrogênios de cada lado.*

Professora: *Isso mesmo, são 3 hidrogênios em cada carbono, para completar as quatro ligações, lembram? Nesse desenho, a pessoa só colocou um, então está faltando dois de cada lado.*

Depois dessas breves discussões foram mostrados alguns exemplos de representações construídas tanto no *Phet* quanto no *Molecular Constructor* que estavam de acordo com a fórmula estrutural plana da água e da propanona. Retomar essas representações na aula síncrona foi essencial para que os estudantes que ainda estavam cometendo equívocos, mesmo com o *feedback* recebido durante a atividade, pudessem perceber suas falhas e, assim, terem mais oportunidades de se apropriar desse conhecimento. Percebemos que eles facilmente identificaram o que havia de errado nas representações apresentadas, sendo esse um indício de que conseguiram transitar de uma representação bidimensional para uma representação em 3D, habilidade que é essencial para as aprendizagens posteriores em Ciências e que não é desenvolvida de forma natural, sendo necessária orientação do docente (PRAIN; WALDRIP, 2006; ZOMPERO; LABURÚ, 2010).

O ensino virtual ou remoto depende diretamente das tecnologias de comunicação. Observamos que, ao colocarmos os estudantes em contato com o *site Phet* e o aplicativo *Molecular Constructor*, eles se apropriaram dessas tecnologias quase que naturalmente. Não sabemos o quanto as instruções enviadas pela professora foram úteis, mas em nenhum momento eles fizeram menção a alguma dificuldade no uso das ferramentas. A atividade foi feita pelos estudantes com uso dessas tecnologias, o que muito provavelmente os ajudou a desenvolver habilidades relacionadas à transição entre modos de representação, nesse caso, de uma representação em 2D para uma em 3D.



REPRESENTAÇÃO E TRANSIÇÃO MODAL EM AULAS DE CIÊNCIAS NO ENSINO REMOTO EMERGENCIAL: OS FENÔMENOS DE VOLATILIDADE E SOLUBILIDADE

As discussões na Aula 10 também reforçam isso, pois os estudantes identificaram o problema com facilidade quando a professora mostrou alguns exemplos de moléculas em 3D que não estavam adequadas, e sugeriram alterações na representação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivos analisar a performance de estudantes do Ensino Fundamental com atividades representacionais, em aulas virtuais, durante o período de ensino remoto emergencial, bem como o potencial dessas atividades no envolvimento dos estudantes com o conteúdo e no desenvolvimento de habilidades com representações. Usamos um experimento demonstrativo para inserir os estudantes nas atividades de representação e nos conceitos de solubilidade e volatilidade.

Esses estudantes representaram, com partículas, o fenômeno de “sentir cheiro” e explicaram, a partir da estrutura química das substâncias, a solubilidade. Mesmo durante o ensino remoto emergencial e com a maior parte das aulas sendo assíncronas foi possível propiciar um ambiente no qual os estudantes puderam comunicar suas representações, justificar as opções que fizeram e participar de um processo de negociação que poderia auxiliá-los a reelaborá-las. Observamos que nem sempre a representação feita expressava aquilo que o estudante estava pensando, o que é um indício de que essa representação não teria sido valorizada, ou seja, teria sido apenas “mais uma atividade” a ser feita. No entanto, a partir dos questionamentos adequados da professora, os estudantes perceberam o potencial de uma representação e, com isso, tiveram a oportunidade de desenvolver habilidades representacionais (TYTLER *et al.*, 2013). Em diversos momentos da aula os estudantes explicaram o significado dos conceitos que estavam sendo explorados, uma vez que tanto a solubilidade quanto a volatilidade foram tratados nas quatro aulas analisadas.

O fato de na Aula 8 terem usado uma rota definida para as partículas mostra limitações no entendimento do que acontece na natureza. Ao serem questionados, muitos dos que haviam desenhado a rota afirmaram que as partículas não estariam apenas naquela rota. É possível que eles tenham feito uma representação parcial, desenhando apenas as partículas que chegam até o nosso nariz, embora soubessem que as partículas odoríferas se espalham mais amplamente e não apenas no espaço representado. Mas isso também pode ser um indício de que não haviam compreendido, ainda, o papel da representação na comunicação e na organização das próprias ideias.

A valorização das representações, tanto pelos professores quanto pelos estudantes, é uma discussão recente no Ensino de Ciências. Dessa forma, desenvolver competências representacionais não é uma atividade que pode ser realizada em um conjunto de algumas poucas aulas, como foi o tempo/espaço usado nesta pesquisa. No entanto sabemos que o desenvolvimento dessas competências deve ser iniciado na escola, e que é indicado que isso seja feito desde o Ensino Fundamental (TYTLER *et al.*, 2013). Pesquisas, a exemplo de Quadros e colaboradores (2020), mostram que, até mesmo os estudantes de graduação, que já lidaram com representações ao longo da vida escolar, apresentam dificuldade em usá-las como uma forma de organizar o próprio pensamento e em entender seu papel como uma ferramenta facilitadora no processo de ensino e aprendizagem.



Criar condições para um entendimento mais amplo do papel das representações tanto na Ciência quanto na aprendizagem de Ciências é um desafio que todos devemos enfrentar. Argumentamos que o trabalho com as representações deve ser contínuo, ou seja, elas devem ser exploradas ao longo de toda a Educação Básica, o que, conseqüentemente, pode resultar em competências representacionais para qualquer nível de ensino subsequente.

Realizar esta investigação em aulas remotas exigiu um olhar mais sensível para os estudantes, que também sofreram mudanças bruscas na rotina, uma vez que a sala de aula que eles estavam acostumados teve que ser ressignificada para o mundo virtual. Esse cenário tão desafiador também foi determinante nas nossas escolhas e, sabemos, muito ainda precisa ser melhorado.

REFERÊNCIAS

- ADAMI, E. Multimodality. *In*: GARCÍA, O.; FLORES, N.; SPOTTI, M. (ed.). **The Oxford Handbook of Language and Society**. New York: Oxford: Oxford University Press., 2016. p. 451-472.
- ARAÚJO, A. O. **O uso do tempo e das práticas epistêmicas**. 2008. 144 f. Dissertação (Mestrado em Educação), Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.
- BOGDAN, R.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto: Porto Editora, 1994.
- GILLIES, R.; BAFFOUR, B. The Effects of Teacher-Introduced Multimodal Representations and Discourse on Students' Task Engagement and Scientific Language During Cooperative, Inquiry-Based Science. **Instructional Science**, v. 45, n. 4, p. 493-513, 2017.
- GOODING, D. C. Visualizing Scientific Inference. **Topics in Cognitive Science**, v. 2, n. 1, p. 15-35, 2010.
- GOODING, D. C. Visualization, inference and explanation in the Sciences. *In*: Malcolm, G. (Ed.) **Studies in Multidisciplinarity**, v. 2, Elsevier, p. 1-25, 2004.
- HALLIDAY, M. A. K. **Language as Social Semiotic: The Social Interpretation of Language and Meaning**. Londres: Hodder Education, 1978.
- HALLIDAY, M. A. K. Language as Social Semiotic. *In*: MAYBIN, J. (ed.). **Language and Literacy in Social Practice**. Clevedon: The Open University, 1994. p. 23-43.
- JEWITT, C. **The Routledge Handbook of Multimodal Analysis**. London: Routledge, 2009.
- KRESS, G. **Multimodality: A Social Semiotic Approach to Contemporary Communication**. New York: Routledge, 2010.
- KRESS, G.; VAN LEEUWEN, T. **Reading images: The grammar of visual design**. Abingdon: Routledge, 1996.
- MORTIMER, E. F.; QUADROS, A. L.; SILVA, A. C. A.; SÁ, E. F.; MORO, L.; SILVA, P. S.; MARTINS, R. F.; PEREIRA, R. R. Interações entre modos semióticos e a construção de significados em aulas de Ensino Superior. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 16, n. 03, p. 121-145, 2014.



- NORRIS, S. **Analyzing Multimodal Interaction: A Methodological Framework**. New York: Routledge, 2004.
- PENA, D. M. B.; QUADROS, A. L. Professores em Formação: uma experiência com as representações multimodais. *In: QUADROS, A. L. (org.). Representações multimodais no Ensino de Ciências*. Curitiba: Editora CRV, 2020. p. 31-45.
- PINTO, D. J. F.; SIQUEIRA, C. T.; REGES, J. S.; SANTOS, V. C; ARROIO, A. Química dos cheiros: uma abordagem multimodal para diagnóstico de concepções alternativas dos modelos expressos pelos alunos. **Revista Brasileira de Ensino de Química**, v. 9, n. 1, p. 60-69, 2014.
- PONTES, E. **O que é Moodle: conheça esse ambiente virtual de aprendizado**. 2017. Disponível em: <https://eadbox.com/o-que-e-moodle-como-funciona/>. Acesso em: 9 dez. 2020.
- PRAIN, V.; TYTLER, R. Learning Through the Affordances of Representation Construction. *In: TYTLER, R.; PRAIN, V.; HUBBER, P.; WALDRIP, B. (org.). Constructing Representations to Learn in Science*. Netherlands: Sense Publishers, 2013. p. 66-82.
- PRAIN, V.; TYTLER, R.; PETERSON, S. Multiple Representation in Learning About Evaporation. **International Journal of Science Education**, v. 31, n. 6, p. 787-808, 2009.
- PRAIN, V.; WALDRIP, B. An exploratory study of teachers' and students' use of multi-modal representations of concepts in primary science. **International Journal of Science Education**, v. 28, n. 15, p. 1843-1866, 2006.
- QUADROS, A. L.; PENA, D. M. B.; BOTELHO, M. L. S. T. As Representações Multimodais: construto teórico. *In: QUADROS, A. L. (org.). Representações multimodais no Ensino de Ciências*. Curitiba: Editora CRV, 2020. p. 15-29.
- QUADROS, A. L.; GIORDAN, M. Rotas de transição modal e o ensino de representações envolvidas no modelo cinético molecular. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 24, n. 3, p. 74-100, 2019.
- RETONDO, C. G.; FARIA, P. **Química das sensações**. 4. ed. Campinas: Editora Átomo, 2014.
- SANTOS, Z. B. A linguística sistêmico-funcional: algumas considerações. **OLETRAS-Revista do Departamento de letras da FEP/UERJ**, Rio de Janeiro, v. 29, p. 164-181, 2009.
- SASSERON, L. H.; DUSCHL, R. A. Ensino de ciências e as práticas epistêmicas: o papel do professor e o engajamento dos estudantes. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 21, n. 2, p. 52-67, 2016.
- SILVA, L. G.; BIERHALZ, C. D. K. Esmaltes de Unhas como Temática para o Ensino de Ciências da Natureza. **REDEQUIM – Revista Debates em Ensino de Química**, v. 3, n. 2, p. 167-187, 2017.
- SOUSA, R. G. **História do Esmalte**. História do mundo. 2017. Disponível em: <https://www.historiadomundo.com.br/curiosidades/historia-do-esmalte.htm>. Acesso em: 7 out. 2021.
- TREAGUST, D. F.; CHITTLEBOROUGH, G.; MAMIALA, T. L. The Role of Submicroscopic and Symbolic Representations in Chemical Explanations. **International Journal of Science Education**, v. 25, n. 11, p. 1353-1368, 2003.



TYTLER, R.; PRAIN, V.; HUBBER, P.; WALDRIP, B. **Constructing Representations to Learn in Science**. The Netherlands: Sense Publishers, 2013.

ZOMPERO, A. DE F.; LABURÚ, C. E. As relações entre aprendizagem significativa e representações multimodais. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 12, n. 3, p. 31-40, 2010.

Recebido em: 07 de janeiro 2023

Aceito em: 05 de junho 2023