

Entender una reacción química entre iones a través de tecnologías digitales - límites y posibilidades

Solange Wagner Locatelli¹

solange.locatelli@ufabc.edu.br

<https://orcid.org/0000-0002-7639-6772>

¹Universidade Federal do ABC (UFABC, Brasil)

Recibido: 08/05/2020 **Aceptado:** 17/07/2020

Resumen

A través de una actividad de investigación metavisual, se propuso a estudiantes universitarios de una universidad pública brasileña, que propongan modelos explicativos sobre una reacción química entre iones. Para ello, se utilizaron algunas herramientas, como facebook, google forms, entre otras, para realizar la tarea de forma remota. Para realizar esta investigación, se hicieron dos preguntas, centrándose en la facilidad y las dificultades para llevar a cabo la actividad a distancia a través de las tecnologías digitales y en qué medida, habría evidencia de reconstrucción de conceptos químicos. Se analizaron las discusiones, dibujos y autoevaluaciones. Los resultados indican la comprensión de la química como una categoría común a la facilidad y dificultades. Por un lado, trabajar en parejas y con la ayuda de las tecnologías digitales ayudó a lograr buenos resultados, mientras que la comprensión de la química a veces era difícil, debido a la falta de conceptos químicos. En cuanto a la reconstrucción de estos conceptos, se puede ver que ocurren parcialmente, lo que indica buenas posibilidades de aprendizaje, aunque los estudiantes a menudo se centran en los aspectos más superficiales de las imágenes y, por lo tanto, es necesaria la mediación del maestro.

Palabras clave: Estrategia metavisual; Enseñanza química; Tecnologías digitales; Actividad investigativa; Dibujos.

Compreendendo uma reação química entre íons por meio das tecnologias digitais – limites e possibilidades

Resumo

Por meio de uma atividade investigativa metavisual, foi proposto a graduandos de uma universidade pública brasileira, que propusessem modelos explicativos acerca de uma reação química entre íons. Para isso foram utilizadas algumas ferramentas como o facebook, google forms, entre outros, para a realização da tarefa por meio remoto. Para a condução dessa pesquisa, duas questões foram formuladas, focalizando nas facilidades e dificuldades em se realizar a atividade à distância por meio das tecnologias digitais e em que medida haveria indícios de reconstrução de conceitos de química. As conversas foram transcritas, os desenhos e autoavaliações analisados. Os resultados indicaram a compreensão da química como uma categoria comum às facilidades e dificuldades. Por um lado, trabalhar em pares e com auxílio das tecnologias digitais ajudou a alcançar bons resultados, ao passo que o entendimento da química por vezes foi difícil, por falta de bagagem de conceitos químicos. Quanto à reconstrução desses conceitos, pode-se observar que ocorrem parcialmente, indicando boas possibilidades de

aprendizado, embora muitas vezes os alunos focalizam nos aspectos mais superficiais das imagens e assim, uma mediação pelo professor se faz necessária.

Palavras-chave: Estratégia metavisual; Ensino de Química; Tecnologias digitais; Atividade investigativa; Desenhos.

Understanding a chemical reaction between ions through digital technologies - limits and possibilities

Abstract

Through a metavisual investigative activity, it was proposed to undergraduate students from a Brazilian public university to propose explanatory models about a chemical reaction between ions. For this, some tools were used, such as facebook, google forms, among others, to perform the task remotely. To conduct this research, two questions were asked, focusing on the facilities and difficulties in carrying out the activity at a distance through digital technologies and to what extent, there would be evidence of reconstruction of chemistry concepts. The conversations were transcribed, the drawings and self-assessments analyzed. The results indicate the understanding of chemistry as a category common to facilities and difficulties. On the one hand, working in pairs and with the help of digital technologies has helped to achieve good results, while understanding chemistry has sometimes been difficult, due to a lack of chemical concepts. As for the reconstruction of these concepts, it can be seen that they occur partially, indicating good learning possibilities, although students often focus on the most superficial aspects of images and, therefore, mediation by the teacher is necessary.

Keywords: Metavisual strategy; Chemistry teaching; Digital Technologies; Investigative activity; Drawings.

Introdução

Numa pesquisa sobre o uso da informática como ferramenta no Ensino de Química pelos professores, Santos, Fabri e Kiouranis (2019) constataram que o uso da tecnologia digital pode ser favorável no meio educacional, com vistas a promover uma maior interação entre os discentes.

Já com relação ao ensino-aprendizagem de Ciências por meio de TIC (tecnologia da informação e comunicação), Aina (2013) pontua a importância de ensinar conceitos científicos e acessar as concepções alternativas dos estudantes, sendo que as TICs podem ajudar na mediação desse processo. Especificamente, quanto à química, pode ser uma opção por permitir a visualização das reações químicas, bem como auxiliar na compreensão de tópicos difíceis dessa disciplina (Aina, 2013).

Locatelli, Zoch e Trentin (2015) publicaram um artigo englobando o estado da arte sobre as TICs no Ensino de Química, focalizando a análise em anais de eventos dessa área. Os autores afirmam, que são muitos os possíveis benefícios ao processo de ensino-aprendizagem em química com a utilização adequada de TICs como, por exemplo, considerar aulas práticas ou leituras extra-classe, em que os materiais podem ser acessados de casa. Concluem, elencando alguns déficits significativos, dos quais destacamos: “Entretanto, por mais que a utilização de TICs possa ser uma alternativa a experimentação, constatou-se haver uma quantidade pequena de trabalhos envolvendo atividades experimentais, as quais totalizaram somente 9% dos trabalhos aqui analisados” (Locatelli, Zoch & Trentin, 2015, p.10).

Por outro lado, tratando da metacognição, concordamos com Rosa e Villagrà (2018) quando dizem que a aprendizagem pode ser facilitada pela metacognição, mas que isso não acontece espontaneamente, sendo necessárias situações em sala de aula que propiciem essa manifestação, ou seja, reforçamos aqui a necessidade da proposição de momentos em que a metacognição seja, intencionalmente, acessada pelos estudantes. Algumas lacunas têm sido apontadas nas pesquisas em metacognição relacionadas ao aprendizado de ciências em sala de aula, entre elas destacamos a escassez de estudos que retratem a efetividade da instrução metacognitiva e o desenvolvimento de habilidades metacognitivas (Zohar & Barzilai, 2013). Mais especificamente, Hung, Chang e Hung (2019) recomendam pesquisas que contemplem as estratégias metavisuais, com vistas a se investigar se bons resultados dependem do contexto escolhido ou trata-se de algo mais geral.

Considerando-se essas exiguidades nas pesquisas, das TICs envolvendo atividade experimental e de estudos a respeito da compreensão do papel, tanto da metacognição como da metavizualização no Ensino de Ciências, esse artigo pretende contribuir na elucidação do assunto. Para isso foi proposta uma atividade metavisual mediada pelas TICs, associada a um experimento que mostra a reação química entre íons, com a formação de um precipitado. As seguintes questões foram norteadoras da investigação:

Q1 - Quais as facilidades e dificuldades em realizar uma atividade experimental com a mediação das TICs?

Q2 - Em que medida há indícios de possibilidade de reconstrução de conceitos de química, nesta perspectiva?

Algumas considerações da metavizualização no ensino de química

De acordo com Chiu e Linn (2012) as visualizações assumem um papel crucial no aprendizado de química. E o que é a metavizualização? A metavizualização pode ser compreendida como a metacognição especificamente relacionada à visualização (Gilbert, 2005), compreendendo processos reflexivos, em que se destacam aspectos metacognitivos, como o monitoramento e a autorregulação (Flavell, 1976). De uma forma mais acessível, podemos considerar a metavizualização como o gerenciamento das nossas visualizações, feito por nós mesmos.

Locatelli, Ferreira e Arroio (2010) num artigo teórico sobre a metavizualização, elaboraram um modelo em que apresentam a metavizualização como sendo composta, tanto por elementos da metacognição como da visualização. De acordo com esses autores, a relação se dá com a visualização relacionada às representações internas do indivíduo (uma imagem, por exemplo) e a metacognição viabilizando o controle ativo e regulação dessas representações, bem como uma modificação pelo indivíduo quando isso for necessário.

Em um estudo recente envolvendo a metavizualização no Ensino de Química, Hung, Chang e Hung (2019) ressaltam a importância desse conceito no aprendizado de ciências, sobretudo no desenvolvimento da metavizualização juntos aos professores, para que seus estudantes possam desenvolver habilidades metavisuais. Os autores classificaram as estratégias metavisuais utilizadas para lecionar, em 5 tipos principais, sendo a utilizada neste trabalho a do tipo *dedutiva*, pois os alunos foram convidados a comparar o que fizeram com um diagrama químico (com representações no nível submicro) que foi apresentado a eles, buscando por semelhanças e diferenças.

Nessa direção, Davidowitz, Chittleborough e Murray (2010) ressaltam a importância dos diagramas químicos no Ensino de Química “[...] o uso de diagramas no nível submicro provê uma visão mais geral da reação, muito mais do que uma equação química, levando a um entendimento conceitual mais profundo” (p.154, tradução nossa). Para Davidowitz e Chittleborough (2009) a metavizualização é necessária para que o aluno possa interpretar os diagramas químicos que chegam até ele, sobretudo considerando-se o nível submicro, pois Williamson (2011) complementa que para a compreensão desse nível, que envolve as partículas,

a utilização de visualizações pode favorecer a formação de imagens na mente do estudante. As pesquisas dos dois trabalhos citados envolvem a compreensão das visualizações no Ensino de Química, sendo o primeiro mais focado na compreensão dos diagramas químicos.

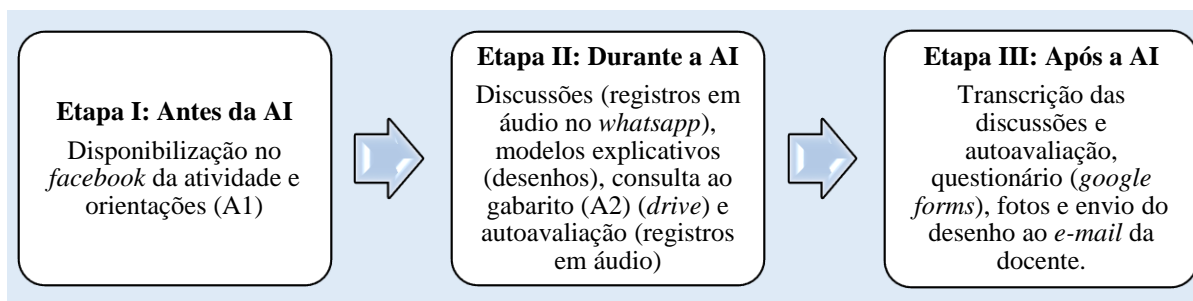
Percurso metodológico

A coleta de dados se deu numa universidade pública paulista, durante uma disciplina de química geral, que é ofertada no ano de ingresso dos estudantes, sendo composta por 5 aulas/semana, sendo três delas teóricas em sala de aula e duas em laboratório, durante 12 semanas, num total de 60 horas.

Nesse contexto, foram analisados 14 graduandos de uma turma de 96 integrantes, durante o oferecimento da disciplina de química geral no 1.^o semestre de 2020. A maioria deles intenciona cursar engenharia (11), química (4) ou licenciatura (3), entre outras opções. Alguns planejam cursar mais de um curso ao mesmo tempo, por exemplo, engenharia e química.

No início da disciplina, a docente criou um grupo no *facebook* e passou a interagir com os graduandos por meio dele, nos momentos extraclasse. A atividade investigativa foi idealizada com o objetivo de retomar conceitos relacionados às reações químicas, desenvolvidos em sala de aula, tais como: íons dissolvidos, formação de precipitado, interações eletrostáticas entre os íons e entre íon-água, dentre outros. A cronologia do desenvolvimento da atividade pode ser observada na figura 1:

Figura 1: Cronologia do desenvolvimento da atividade investigativa (AI)



Fonte: Elaborada pela autora (2020)

A atividade (A1+A2) foi disponibilizada em dois arquivos, um no *facebook* (A1) e o outro num *drive* (A2). O arquivo A1 foi colocado no próprio *facebook* (Fig.1 - Etapa I), com a atividade propriamente e orientações de como fazê-la; e o arquivo A2, contendo um gabarito

(modelo explicativo da reação química entre os íons) para comparação, estava armazenado num *drive* (Fig.1 - Etapa II), sendo que para acessar bastava que se clicasse no *link* presente no primeiro arquivo (A1), isso durante a atividade num momento específico. O registro se deu por meio de áudio do *whatsapp* (Fig.1 – etapa II), bem como a elaboração de modelos explicativos por meio de desenhos (Fig.1 – etapa II). Ainda no final da atividade foi perguntado aos participantes sobre suas percepções a respeito da tarefa realizada – autoavaliação (Fig.1 – etapa II). Após a atividade, os alunos transcreveram as discussões e a autoavaliação, preencheram um questionário no *google forms*, fotografaram e enviaram os desenhos no *e-mail* da professora (Fig.1 – etapa III). O questionário visava a identificação dos envolvidos, bem como sua caracterização (curso que pretendia fazer, por exemplo), o meio remoto escolhido pelos estudantes para se encontrarem virtualmente, as facilidades e dificuldades na realização da tarefa e sobre os conceitos de química que aprenderam ou tiveram dificuldade.

Para responder à primeira questão da pesquisa (Q1), ou seja, identificar as facilidades e dificuldades da atividade, os 14 graduandos foram analisados (S1 a S14), considerando-se a transcrição da autoavaliação (Fig.1 – etapa III) e também o questionário respondido por eles após a atividade (*google forms*) – (Fig.1 – etapa III). Para isso utilizamos a análise de conteúdo proposta por Bardin (2016), em que algumas categorias emergiram a partir da leitura e análise dos dados.

No que concerne à segunda questão (Q2), a reconstrução de conceitos de química, optou-se por se fazer um estudo de caso, para que a análise pudesse ser feita com maior profundidade. Concordamos com Ludke e André (1986, p.17) quando discutem seu potencial em pesquisas de educação definindo o estudo de caso como sendo

[...] o estudo de um caso, seja ele simples e específico, como o de uma professora competente de uma escola pública, ou complexo e abstrato, como o das classes de alfabetização (CA) ou o do ensino noturno. O caso é sempre bem delimitado, devendo ter seus contornos claramente definidos no desenrolar do estudo.

Assim, uma dupla foi selecionada para a análise (S6 e S7), para se buscar por evidência de reconstrução de conceitos. O critério para seleção se deu pela entrega completa das transcrições das discussões, os desenhos com os modelos explicativos e o preenchimento do questionário (Fig.1 – etapa III). Dentre os que estavam nesse critério, a escolha foi aleatória.

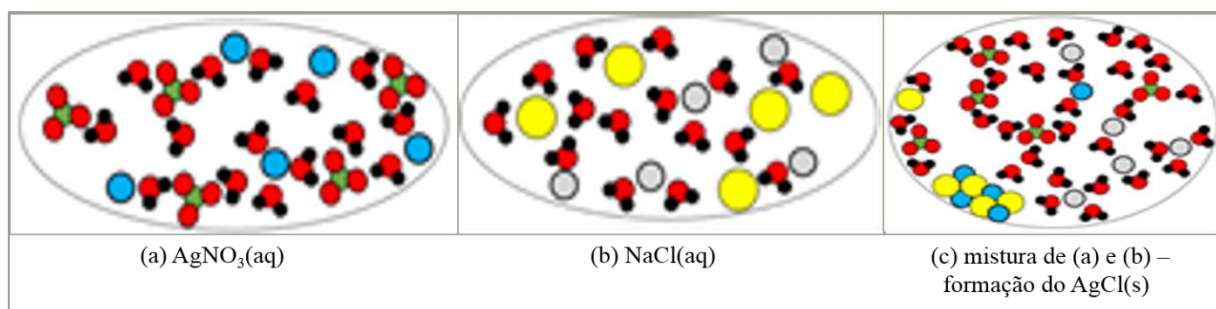
Atividade investigativa

Munford e Lima (2007, p.99-100), ao discutirem o Ensino de Ciências por Investigação, trazem alguns pontos cruciais relacionados a essa abordagem, em que os alunos:

[...] engajem-se com perguntas de orientação científica; dêem prioridade às evidências ao responder questões; formulem explicações a partir de evidências; avaliem suas explicações à luz de outras alternativas, em particular as que refletem o conhecimento científico; comuniquem e justifiquem explicações propostas.

Partindo dessas premissas, uma atividade investigativa foi elaborada e proposta, disponibilizada no arquivo (A1) e colocada na página do *facebook* da turma. Primeiramente, eles tinham que prever o que aconteceria ao serem misturadas duas soluções aquosas de cloreto de sódio e nitrato de prata, ambas incolores. Na sequência, eles observaram o fenômeno da formação do precipitado branco de cloreto de prata. A seguir, propuseram explicações, equacionando a reação química, bem como propondo modelos explicativos no nível submicro para as soluções aquosas iniciais – (a) nitrato de prata; (b) cloreto de sódio – e solução aquosa final – (c) - mistura de (a) e (b) com a formação do precipitado. Depois, eles tinham que comparar com um desenho elaborado para a pesquisa (A2), uma possibilidade de representação, cientificamente correto, e disponível num *link* no próprio arquivo da atividade (A1) que direcionava para uma outra página (armazenada no *drive*) e que continha os desenhos (figura 2):

Figura 2: Modelos explicativos apresentados aos estudantes (A2)



Fonte: Elaborada pela autora (2020)

A intenção é que eles comparassem os desenhos (modelos explicativos feitos por eles com A2), buscando por semelhanças e diferenças. Toda essa discussão foi gravada em áudio, transcrita pelos alunos, conferida pela pesquisadora e, dentre os vários participantes, a dupla (S6 e S7) foi escolhida para análise posterior, conforme já explicado anteriormente – Q2 da pesquisa.

Finalizando, os discentes tinham que expressar o que acharam da atividade (autoavaliação, que foi transcrita) e também as facilidades e dificuldades para se fazer a atividade (questionário) – Q1 da pesquisa.

Resultados e discussão

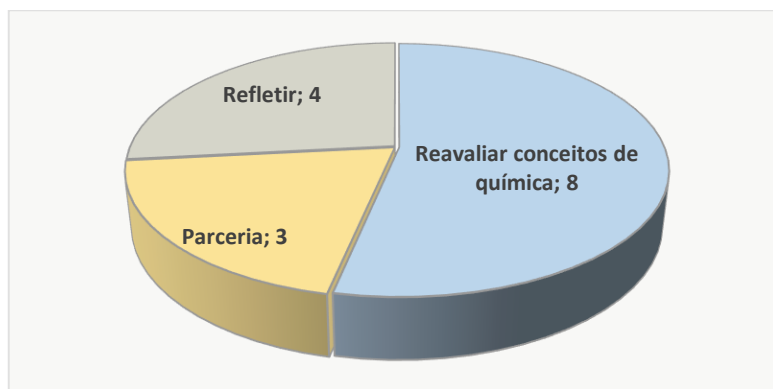
Na sequência serão discutidos os resultados, constituindo-se de duas análises, a fim de se responder às duas perguntas orientadoras da pesquisa: Q1. Facilidades e dificuldades; Q2. Reconstrução de conceitos de química.

Q1. Facilidades e dificuldades

Para a realização da atividade mediada pelas TICs foram elencados, no total, 27 turnos de fala dos 14 graduandos, sendo 15 relacionados às facilidades e 12 às dificuldades.

Quanto às facilidades, os 15 turnos de falas foram agrupados em 3 categorias, de acordo com a semelhança entre elas, conforme figura 3:

Figura 3: Facilidades elencadas para a realização da atividade



Fonte: Elaborada pela autora (2020)

A categoria com maior prevalência foi a de *reavaliar conceitos de química* (mais da metade das declarações), principalmente referindo-se aos conceitos vistos na aula acerca de reações químicas, em que a docente abordou os aspectos dos três níveis representacionais, como foi lembrado por S3 no seguinte turno de fala:

Bom, esta atividade não foi muito difícil, mas foi instigante para pensar, e influencia bastante no pensamento dos alunos para ter em mente algumas coisas, como a importância do nível macro e microscópico, porque muitas vezes vemos algumas reações e vemos coisas superficialmente, como ocorre no macro, mas não pensamos o que de fato ocorre para que isso

seja feito, ou seja, o que microscopicamente ocorre para que se forme o precipitado que estamos vendo (S3).

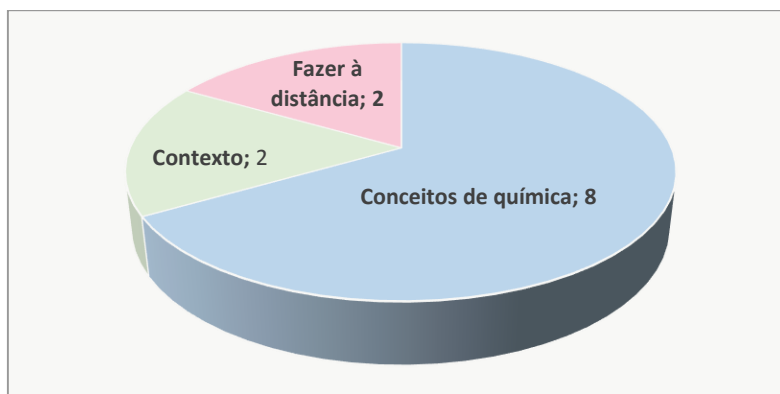
S3 traz indício de uma notável habilidade metacognitiva, o monitoramento dos conceitos associados aos desenhos, evidenciando estar consciente do seu aprendizado, o está de acordo com Chiu e Linn (2012) que pontuam que monitorar o andamento do processo tende a fortalecer o aprendizado considerando-se as visualizações do ponto de vista científico.

Com respeito à categoria *parceria*, S9 reconhece a importância do trabalho em pares, uma vez que dessa forma, é possível obter ajuda, conforme sua fala: “a parte mais legal dessa atividade é que pudemos compartilhar nossas ideias e conhecimentos sobre a matéria e, assim cada uma foi se ajudando a resolver os exercícios”. Alinhada a essa ideia, S12 também reconhece o trabalho na dupla: “...é o quanto enriquece estudar e refletir sobre assuntos em parceria com colegas e amigos, quem não sabe muito, por não ter muito contato com a química, aprende demais com pessoas que estão dispostas a ajudar”.

Finalmente, concernente à categoria *reflexão*, S14 levanta o valioso papel do erro na construção do conhecimento, como podemos observar na sua fala: “...outro ponto forte é o fato da reflexão antes de descobrirmos a resposta certa, sem ter o medo de errar, por meio desse método pudemos perceber que o erro nos leva ao aprendizado, uma vez que supomos as coisas previamente, e depois a desconstruímos e construímos o correto”. Com relação ao erro, Luckesi (2011), tratando de avaliação, o considera como uma etapa avaliativa importante na reconstrução dos conceitos.

Sobre as dificuldades, os 12 turnos de falas também foram agrupados em 3 categorias, de acordo com a semelhança entre eles, conforme figura 4:

Figura 4: Dificuldades elencadas para a realização da atividade



Fonte: Elaborada pela autora (2020)

Pelas duas análises feitas (facilidades e dificuldades), fica evidente que na visão da maioria dos estudantes analisados (14 no total), a atividade foi significativa tanto para construção (facilidades) como para reconstrução (dificuldades) para os *conceitos de química*. Para ilustrar os obstáculos, podemos observar o turno de fala de S1 sobre a dificuldade na previsão de alguns aspectos das reações químicas:

Para mim... eu também tenho um pouco de dificuldade em analisar algumas coisas que vão acontecer numa reação química... porque tipo... eu não sei dizer se pode ou não ter alguma mudança na coloração, eu sei dizer que tipo de ligação elas fazem ou o tipo de reação que tá acontecendo, eu sei até dizer se a reação é exotérmica ou endotérmica mas, a coloração final e o estado físico dos produtos eu já não sei dizer (S1).

Na categoria *contexto*, S8 citou o fato da atividade ter sido proposta na semana em que se iniciou a paralisação das aulas por conta da pandemia que atinge todo o mundo. Segundo S8: “por conta de estarmos sem aula por conta do contexto que estamos vivendo agora, a gente está fora do ritmo... minha cabeça está bem longe, sei lá, estamos sem estudar já faz um tempo, foi difícil fazer a atividade”. A atividade estava planejada para ser feita em paralelo com as aulas presenciais, acabou coincidindo de ser feita pelos graduandos na primeira semana sem aulas na universidade.

Finalmente, na categoria *fazer à distância*, S6 afirma que teve problemas em como fazer a atividade à distância com seu par: “...mas gostei dessa atividade, achei diferente e gostosa de fazer, mesmo que tivemos muito problema para descobrir como gravar nossa conversa a distância”. Esse é um desafio para atividades que são propostas por meio das TICs, se considerarmos a atividade a ser feita à distância, em que os alunos precisam experimentar e descobrir a melhor forma de se comunicarem, cada um alocado na sua casa. Com o questionário, constatamos que o meio utilizado por eles para realizarem a atividade em duplas, foi pelo aplicativo *whatsapp*, mesmo sem ter sido feita essa orientação, especificamente, pela docente.

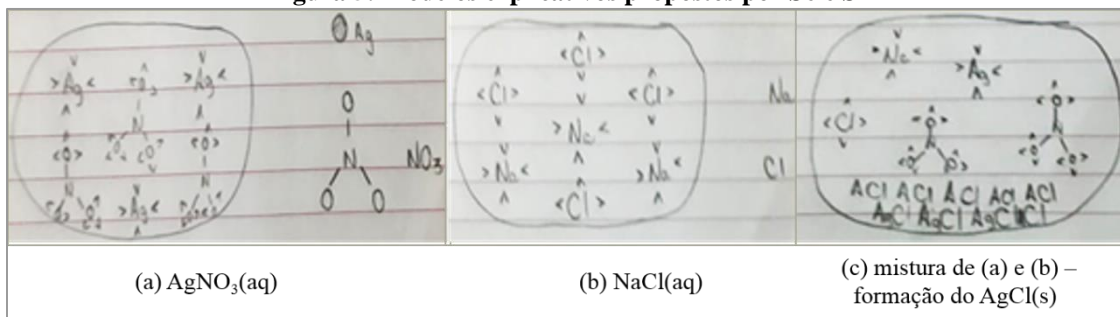
Observando-se as facilidades e dificuldades reveladas, fica muito claro o papel metacognitivo da autorregulação do conhecimento, um dos aspectos mais relevantes da metacognição que pode viabilizar a reconstrução de ideias (por exemplo, Flavell, 1976; Schraw, 1998; Thomas, 2017). Isso ocorre no momento em que há o diálogo, um ajudando o outro, em que as interações sociais podem potencializar os processos metacognitivos que são individuais

(Wada et al., 2015), bem como nas dificuldades demonstradas, sendo esses os objetivos da atividade, de propiciar revisão e correção dos conceitos.

Q2. Reconstrução de conceitos de química

Para a análise referida, considerou-se a construção dos conceitos referentes a uma dupla – S6 e S7. A produção de seus desenhos pode ser observada na figura 5:

Figura 5: Modelos explicativos propostos por S6 e S7



Fonte: Elaborada pela autora (2020)

Primeiramente, os alunos conseguiram prever que o precipitado formado foi o cloreto de prata (Fig.5 – c). Porém, o representaram por fórmula ao invés de partículas, bem como todos os outros íons. Num estudo semelhante, envolvendo precipitação, Nakiboglu e Nakiboglu (2019) também observaram essa concepção entre os estudantes, de considerarem as partículas (nível submicro) por meio de fórmulas (nível simbólico), o que evidencia uma dificuldade de pensar no mundo particulado para propor uma explicação ao fenômeno.

Quanto aos desenhos (a) e (b) na figura 5, observa-se que os íons foram desenhados separados e envoltos pela água, uma vez que S7 considera que os íons estão dissolvidos em água, o que é adequado, como pode ser observado no diálogo abaixo:

S6: No primeiro como é AgNO_3 ...então eles vão ficar todos juntos...só alguns separados...

S7: O que eu penso, ele não está necessariamente junto porque ele vai estar solubilizado em água, alguns **átomos**¹, não estariam juntos...

Com referência à água solvatando os íons, há indício de que eles consideraram a densidade de carga positiva e negativa da molécula que seria atraída pelos respectivos íons, o que considera-se correto, conforme os dois turnos de fala abaixo:

S7: Qual lado da água vai estar apontando para o íon sódio?

¹ O correto seriam íons

S6: *O lado do oxigênio, que é negativo.*

Sobre o desenho (c) na figura 5, a dupla concluiu corretamente que os íons de sódio e de nitrato permaneceram em solução, e os íons de prata e de cloreto reagiram e formaram o cloreto de prata (sólido) e ainda, que uma pequena quantidade dos íons (de prata e de cloreto) continuaram dissolvidos, conforme pode-se observar no diálogo abaixo:

S6: *Na água...vai estar tudo separado...o NO_3^2 não muda e nem o Na...continuam sozinhos...*

S7: *O AgCl forma um sólido.*

S6: *Então vai estar tudo junto, umas bolinhas no fundo...tudo junto.*

S7: *Mas não são todas, porque não sabemos o quanto reagiu, se foram todas as **moléculas**³, então algumas ficam dispersas...*

A etapa metavisual (comparar os desenhos) consistiu num momento de ratificar alguns conceitos, e houve o reconhecimento de que o que fizeram estava correto e que as interações da água com os íons são importantes, conforme pode-se observar nos dois turnos de fala:

S6: *A ideia está parecida (referindo-se aos desenhos).*

S7: *Acertamos o lado que as setas estão ligadas para a prata e o **cloro**⁴.*

E finalizando essa etapa, ratificaram quanto à remanescência de íons do precipitado em solução:

S6: *Deixamos alguma prata separada?*

S7: *Sim, até falamos que não sabemos se teve reação total das **moléculas**⁵.*

Nessa etapa de comparação, percebe-se que S6 e S7 focalizaram em alguns detalhes, sendo esses mais superficiais, o que está de acordo com Wu e Shah (2004) quando afirmam que ao olhar para uma visualização, o aluno tende a prestar mais atenção em aspectos superficiais. Não mencionaram, por exemplo, que na figura 5(c) a representação está bem diferente, sendo que na proposta feita por eles, os íons de prata e de cloreto parecem formar “moléculas”, o que não é correto, ou ainda que há diferença na forma de expressar, sendo que eles se utilizaram das letras para mostrar as partículas e, sendo assim, não há como evidenciar os tamanhos relacionados, sendo bem diferente do que foi apresentado a eles (figura 2), as partículas como circunferências, em que é possível a observação de suas dimensões. Num trabalho semelhante envolvendo reação química com precipitação, Kelly, Barrera e Mohamed (2010) também

² O correto seria íon nitrato ou NO_3^- e íon sódio ou Na^+

³ O correto seriam íons ou partículas.

⁴ O correto seria íon cloreto.

⁵ Não são moléculas, são íons em solução.

observaram a demonstração da concepção alternativa em que o precipitado seria formado por moléculas.

Pela análise, pode-se considerar que a atividade proporcionou a retomada do assunto e que alguns conceitos puderam ser revistos e ressignificados, uma vez que a interação entre pares mostrou-se favorável, a fala de S7 na sua autoavaliação reforça os indícios disso: “eu gostei, deu pra dar uma reavaliada, que é algo que eu tenho dificuldade, como a reação, o que vai ligar com o que...o que vai formar...” Assim, podemos afirmar que são modelos explicativos em intensa construção e reconstrução, o que é fundamental no aprendizado de química.

Quanto às dificuldades de conceitos, parecem ter ficado com dúvida de como a água fica disposta ao redor dos íons, bem como a forma de representá-la mais adequadamente. Parece haver evidência de que eles consideraram as interações eletrostáticas, porém pelo desenho da água como duas retas se encontrando e em tamanho muito menor que os íons, parecem desconsiderar o tamanho da molécula de água em relação aos íons. De forma semelhante, Rosenthal e Sanger (2012) observaram dificuldades e confusão nas representações de íons e da água nas soluções, o que parece ser um obstáculo aos estudantes.

Outro ponto é o que Cheng e Gilbert (2009) apresentam, que para alguns é difícil comparar e identificar as diferenças no diagrama apresentado e o seu modelo, o que em nossa análise foi observado como limitações, conforme já exposto. Um fato que chama a atenção é que as partículas não foram representadas como esferas, por exemplo, e sim com fórmulas e, mesmo comparando com o desenho apresentado (A2), não houve demonstração de indício de terem percebido.

Também considerável denotar que alguns erros conceituais (assinalados em negrito) podem ser comuns e foram demonstrados pelos acadêmicos e precisam ser retomados em momento oportuno.

Assim, embora haja evidências de construção no aprendizado das reações químicas entre os íons pelos estudantes, esse ainda é parcial e, assim concordamos com Silva e Soares (2018) que a retomada se faz necessária, com diálogo e mediação do professor. Isso porque, não obstante os alunos realizem bem as tarefas propostas envolvendo as TICs, o entendimento dos conteúdos deve ter a mediação do professor para conduzi-los ao aprendizado. Os autores

ênfatizam que o acesso às TICs não, necessariamente, conduz a um aprendizado (Silva & Soares, 2018).

No que se refere aos modelos, Wang e Barrow (2011) em estudos sobre o aprendizado de conceitos de química com graduandos, indicam para uma dificuldade relacionada à pouca familiaridade com o trabalho com os modelos, tanto físicos como virtuais. No presente trabalho, constatamos a falta de contato dos discentes com outros modelos explicativos (diagramas químicos), de acordo com suas próprias declarações, em que afirmam nunca terem feito uma aula nessa perspectiva. Wang e Barrow (2011) acreditam que seja importante que os alunos experienciem mais esse raciocínio de modelagem, conectando com aspectos do mundo macroscópico, com o intuito de facilitar o aumento de suas habilidades de lidar com modelos explicativos, ratificado por Dori e Barak (2001) que recomendam a utilização de modelos físicos e virtuais para a aprendizagem de química que irão ajudar o entendimento dos modelos.

Por fim, outro fator que pode ser levantado é o que Chiu e Linn (2012) apontam sobre a aprendizagem de química com visualizações. Muitas vezes, além da dificuldade com as imagens propriamente, há de se considerar também a forma de estudar de cada um, paciência para fazer a tarefa e até mesmo com o contexto, que sendo uma atividade feita em casa, pode trazer uma sensação de menos compromisso. Índícios disso puderam ser observados na etapa metavisual, em que se esperava que houvesse mais discussão, maior cuidado na comparação das imagens, entretanto essa fase metavisual durou poucos minutos.

Finalizamos, ênfatizando aqui a necessidade da mediação do professor para que as dificuldades demonstradas possam ser retomadas e ressignificadas com vistas a aproximar as concepções desses estudantes aos conceitos científicos, na maior sobreposição possível.

Considerações finais

São diversas as estratégias a serem utilizadas pelo professor, e a estratégia metavisual mediada pelas TICs (feita à distância) mostrou muitas possibilidades e algumas limitações também. Especificamente quanto ao Ensino de Química, este se faz compreendido por meio de modelos visuais, envolvendo os três níveis de representação (submicro, macro e simbólico), sendo fundamental considerar no planejamento momentos intencionais de

revisar/aprimorar/reconstruir esses conceitos, o que pode ser feito também pela mediação das TICs, engajando os alunos no processo conforme foi demonstrado nessa pesquisa.

Quanto a Q1, interessante observar que as categorias com maior prevalência, tanto nas facilidades como nas dificuldades, referem-se ao aprendizado de Química, evidenciando possibilidades de aprendizado durante o processo – em casa, em colaboração com seu par e com a ajuda das TICs, com a aprendizagem a partir do erro, permitindo, tanto a retomada, quanto à reconstrução do aprendizado com autonomia. Quanto às TICs optou-se por utilizar ferramentas usuais dos educandos, algumas sendo as mesmas que já são utilizadas em sala de aula: *facebook* e *google forms* (por exemplo), que são acessados por eles próprios, o que parece ter facilitado o gerenciamento em casa, uma vez que não mencionaram essa questão como uma dificuldade.

Por outro lado, às vezes temos obstáculos relacionados, principalmente, à deficiência conceitual de química em alguns pontos, o que pode dificultar o avanço com relação à construção de conceitos, evidenciando a importância da mediação do professor num momento posterior para que essas dificuldades demonstradas possam ser ressignificadas.

Especificamente, quanto à reconstrução dos conceitos de química (Q2) podemos concluir que algumas reconstruções foram possíveis e outras ainda necessitam da mediação do professor, ou seja, aprender química nessa perspectiva com a utilização das TICs é factível, desde que o professor considere que lacunas poderão persistir e, assim, o assunto possa ser retomado em momento posterior em sala de aula.

Ao comparar imagens, os discentes muitas vezes demonstram dificuldade em observar e identificar diferenças entre os modelos apresentados - o dele e um cientificamente correto – sendo que muitas vezes focalizam nos aspectos mais superficiais. Essa constatação é essencialmente pertinente, uma vez que a química é compreendida por meio de modelos, muitas vezes imagens, desenhos, etc. e, a compreensão adequada das imagens é crucial no processo de ensino-aprendizagem de química.

Recomendamos que mais pesquisas sejam realizadas nessa perspectiva, como objetivo de se explorar mais a utilização das TICs em conjunto com estratégias metavisuais, tão necessárias ao Ensino de Química.

Agradecimientos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento do projeto de pesquisa, aos discentes que participaram, voluntariamente, desta pesquisa.

Referências

- Aina, J.K. (2013). Effective teaching and Learning in Science Education through information and Communication Technology (ICT). *Journal of Research & Method in Education*, 2 (5), 43-47.
<https://pdfs.semanticscholar.org/f238/359ab370d8d394e0173a53294f32afe9f13d.pdf>
- Bardin, L. (2016). *Análise de conteúdo*. Edições 70.
- Cheng, M., & Gilbert, J.K. (2009). Towards a better utilization of diagrams in research into the use of representative levels in chemical education. In: Gilbert, J.K.; Treagust, D.F. (Eds). *Multiple representations in Chemical Education*, 4, 55-73.
- Chiu, J., & Linn, M. C. (2012). The role of self-monitoring in learning chemistry with dynamic visualizations. In A. Zohar & Y. J. Dori (Eds.), *Metacognition in science education* (pp. 133–163). Springer.
- Davidowitz, B., & Chittleborough, G. (2009). Linking the macroscopic and sub-microscopic levels: diagrams. In: Gilbert, J.K.; Treagust, D.F. (Eds). *Multiple representations in Chemical Education*, 4, 169-191.
- Davidowitz, B., Chittleborough, G., & Murray, E. (2010). Student-generated submicro diagrams: a useful tool for teaching and learning chemical equations and stoichiometry. *Chemistry Education Research and Practice.*, 11, 154-164.
- Dori, Y. J., & Bark, M. (2001). Virtual and physical molecular modeling: fostering model perception and spatial understanding. *Journal of Educational Technology & Society*, 4(1), 61–74.
- Flavell, J. H. (1976). Metacognitive aspects of problem solving. In L.B. Resnick (Orgs), *The nature of intelligence*, (pp. 231-235). Erlbaum.
- Gilbert, J. K. (2005). Visualization: A Metacognitive Skill in Science and Science Education. In J.K. Gilbert (Eds.), *Visualization in Science Education* (pp. 9-27). Springer.
- Hung, J.Y., Chang, H.Y., & Hung, J.F. (2019). An Experienced Science Teacher's Metavisualization in the Case of the Complex System of Carbon Cycling. *Research in Science Education*, 1-29.
- Kelly, R.M., Barrera, J.H., & Mohamed, S.C. (2010). An analysis of undergraduated general chemistry students' misconceptions of the submicroscopic level of precipitation reactions. *Journal of Chemical Education*, 87(1), 113-118.
- Locatelli, S., Ferreira, C, & Arroio, A. (2010). Metavisualization: an important skill in the learning chemistry. *Problems of Education in the 21 st Century*, 24, 75-83.
<http://paper.researchbib.com/view/paper/137877>

- Locatelli, A., Zoch, A.N., & Trentin, M.A.S. (2015). TICs no Ensino de Química: Um Recorte do “Estado da Arte”. *Revista tecnologias na educação*, 7(12), 1-12.
<http://tecedu.pro.br/wp-content/uploads/2015/07/Art19-vol12-julho2015.pdf>
- Luckesi, C.C. (2011). *Avaliação da aprendizagem escolar: estudos e proposições*. Ed. Cortez.
- Ludke, M., & Andre, M.E.D.A. (1986). *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU.
- Munford, D., & Lima, M. E. C.C. (2007). Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 9 (1), 89-111.
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21172007000100089
- Nakiboglu, C., & Nakiboglu, N. (2019). Exploring prospective chemistry teachers’ perceptions of precipitation, conception of precipitation reactions and visualization of the sub-microscopic level of precipitation reactions. *Chemistry Education Research and Practice*, 20, 873-889.
- Rosa, C. T., & Villagrà, J.M. (2018). Metacognição e Ensino de Física: Revisão de Pesquisas Associadas a Intervenções Didáticas. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 18(2), 581-608. <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4851>
- Rosenthal, D., & Sanger, M. (2012). Student misinterpretations and misconceptions based on their explanations of two computer animations of varying complexity depicting the same oxidation–reduction reaction. *Chemistry Education Research and Practice*, 13, 471-483.
- Santos, D.M., Fabri, J.A., & Kiouranis, N.M.M. (2019). Diagnóstico sobre el uso de la informática como herramienta didáctica en el proceso de enseñanza y aprendizaje de química. *Revista Paradigma*, XL (1), 76-102.
<http://revistaparadigma.online/ojs/index.php/paradigma/article/view/720/716>
- Schraw, G. (1998) Promoting general metacognitive awareness. *Instructional Science*, 26, 113-125.
- Silva, V. A., & Soares, M. H.F. B. (2018). O uso das tecnologias de informação e comunicação no ensino de Química e os aspectos semióticos envolvidos na interpretação de informações acessadas via web. *Ciência & Educação (Bauru)*, 24(3), 639-657. <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v24n3/1516-7313-ciedu-24-03-0639.pdf>
- Thomas, G.P. (2017). ‘Triangulation:’ An expression for stimulating metacognitive reflection regarding the use of ‘triplet’ representations for chemistry learning. *Chemistry Education Research and Practice*, 1-48.
- Wada, I., Miyamura, R., Sawada, K., & Morimoto, S. (2015). Analysis of effects of social interaction on metavisualization in science learning. *Journal of Research in Science Education*, 56 (1), 75–92.
- Wang; C.Y., & Barrow, L.H. (2011). Characteristics and levels of sophistication: an analysis of chemistry students’ ability to think with mental models. *Research in Science Education*, 41 (4), 561–586.

- Williamson, V.M. (2011). Teaching chemistry with visualizations: what's the research evidence? In book: *Investigating Classroom Myths through Research on Teaching and Learning*, Publisher: American Chemical Society, Editors: D. Bunce, pp.65-81.
- Wu, H., & Shah, P. (2004). Exploring Visuospatial Thinking in Chemistry Learning. *Science Education, Inc.*, 88, 465-492.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/sce.10126>
- Zohar, A.; & Barzilai, S. (2013). A review of research on metacognition in science education: current and future directions. *Studies in Science Education*, 1-50.

Autores

Solange Wagner Locatelli

Doutora em Ensino de Ciências pela Universidade de São Paulo, atualmente trabalho na Universidade Federal do ABC. Área de conhecimento: Educação em Ciências. Linha de investigação: aspectos da metacognição no ensino-aprendizagem e na formação de professores em Ciências/Química. E-mail: solange.locatelli@ufabc.edu.br.