
Reinterpretando o triângulo de Johnstone: o papel constitutivo da linguagem e suas contribuições para a experimentação no ensino de Química

Reinterpreting Johnstone's triangle: the constitutive role of language and its contributions to experimentation in Chemistry teaching

Thiago Antunes-Souza
Helga Gabriela Aleme
Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP)
Diadema, Brasil

Resumo

Nosso objetivo é analisar o papel da linguagem química na articulação concreto-abstrata em uma proposta experimental envolvendo o ensino de solubilidade. Para tal discutiremos a tríade de Johnstone problematizando o papel da linguagem no ensino de química, por meio da construção e análise de um guia experimental. Com base em contribuições da abordagem histórico-cultural, iremos discutir o guia experimental demonstrativo-investigativo elaborado por uma dupla de estudantes da Licenciatura em Química de uma universidade paulista. Podemos concluir que os processos de ensino e aprendizagem de química devem estar apoiados na linguagem química a fim de propiciar a produção de generalizações e formação de novos conceitos que surgem simultaneamente àqueles já aprendidos e que podem ser ampliados e ressignificados.

Palavras-chave: Formação de Professores; Triângulo de Johnstone; Linguagem Química.

Abstract

Our aim is to analyze the role of chemical language in the concrete-abstract articulation in experimental proposal involving the solubility teaching. For this purpose, we will discuss Johnstone's triad, problematizing the role of language in chemistry teaching, through the construction and analysis of experimental guide. Supported by contributions from the historical-cultural approach, we will discuss an experimental demonstrative-investigative guide prepared by a pair of undergraduate students in Chemistry at university in São Paulo. We can conclude that chemistry teaching and learning' processes must be supported by the chemical language in order to facilitate the production of generalizations, and new concepts formation that arise simultaneously with those already learned and that can be expanded and ressignificated.

Keywords: Teacher Training; Johnstone's Triangle; Chemistry Language.

1. Introdução

Iniciamos o presente texto com um excerto de Vigotski, pois ao nosso ver ele enuncia uma compreensão do ensino de química que teremos no horizonte ao tecer nossas análises e revela-se representativa de atividades experimentais que enfatizam aspectos macroscópicos em detrimento da experimentação como ferramenta de abstração e desenvolvimento do pensamento:

Um sistema de ensino baseado exclusivamente em meios visuais, e que excluisse tudo quanto respeita ao pensamento abstrato, não só não ajuda a criança a superar uma incapacidade natural [operar com conceitos científicos], mas na realidade, consolida tal incapacidade, dado que ao insistir sobre o pensamento visual elimina os germes do pensamento abstrato (VIGOTSKI, 1934/2010, p. 113).

Apesar de Vigotski não estar falando do ensino química, na medida em que é do campo da psicologia, escolhemos como prelúdio deste artigo o trecho acima, vez que entendemos que o ensino de química nos impõe como desafio permanente o uso da imaginação para a aprendizagem de modelos e teorias eminentemente abstratos, como aponta Schnetzler (2010), o professor de química a todo momento verbaliza em suas aulas as palavras átomos, moléculas íons, elementos etc., ou seja, conceitos que não podem ser vistas a olho nu.

A experimentação no ensino de Química, por sua vez, apesar de ser sistematicamente debatida na literatura, ainda figura na visão de autores do campo como uma temática atual justamente por ainda ser utilizada como forma de materialização da teoria (ANTUNES-SOUZA, 2021; SCHNETZLER, ANTUNES-SOUZA, 2019; ANTUNES-SOUZA, 2018; SILVA et al 2019; GALIAZZI, GONÇALVES, 2004; PRAIA et al, 2002; entre outros).

Segundo estes autores, o uso da experimentação como materialização da teoria ocorre pela falta de clareza de sua função pedagógica, o que explica a produção sobre a temática e justifica sua atualidade, principalmente, na esfera da formação inicial de professores. Ao nosso ver, Antunes-Souza, 2021 (p. 336) exemplifica essa compreensão da literatura:

[...] justificamos a importância de se discutir tal temática [na formação inicial] ao acreditar que a reflexão epistemológica sobre a produção científica e seu ensino pode contribuir para a mudança da prática pedagógica. Nessa perspectiva, ainda é atual e relevante indagar-nos sobre qual é função pedagógica da experimentação? Qual é a sua contribuição para o processo de ensino-aprendizagem? Qual é o papel de professores e alunos neste processo?

Desse modo, destacamos a marca epistemológica empirista que perdura até os dias atuais (ANTUNES-SOUZA, 2021; GALIAZZI, GONÇALVES, 2004; SILVA et al 2019), caracterizando-a pela difundida ideia de que a experiência comprova a teoria, isto é, de que o conhecimento se oriunda apenas da observação. Em termos pedagógicos essa concepção se manifesta nas práticas de laboratório que enfatizam a manipulação das vidrarias e o produto da reação (elementos macroscópicos) em detrimento da reflexão sobre os processos químicos que envolvem a atividade experimental (elementos microscópicos).

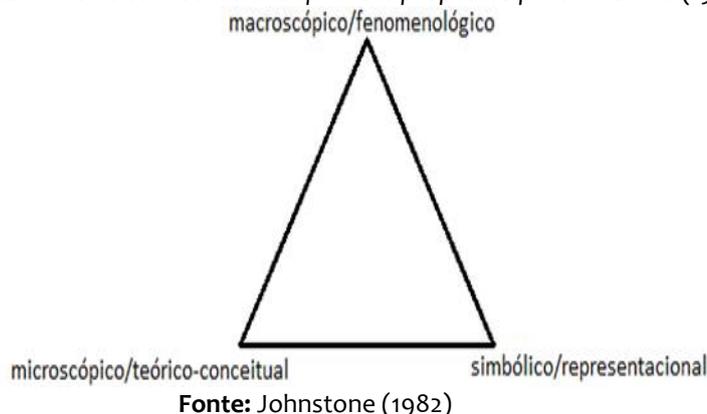
Em contramão a este entendimento, para investigarmos o papel constitutivo da linguagem e suas contribuições para a experimentação no ensino de Química, alicerçamos o presente estudo a partir da reinterpretação do triângulo de Johnstone (1982, 2000) por meio de contribuições da abordagem histórico-cultural, principalmente dos estudos de Vigotski (1934/2010, 1934/2014). Nesse sentido, nosso objetivo é analisar o papel da linguagem química na articulação concreto-abstrata numa proposta experimental envolvendo o ensino de solubilidade à luz de uma reinterpretação do triângulo de Johnstone. Para tal, na seção seguinte conceituaremos os elementos constitutivos da proposta experimental para que depois sejam apresentadas as análises tecidas.

2. O triângulo de Johnstone: uma possível reinterpretação

Johnstone (1991, p. 76), ao propor a tríade (Figura 1), problematizou questões relacionadas ao ensino de Química: “o fato de muitos alunos afirmarem que a ciência é difícil de ser aprendida, talvez surgirá que ela não esteja sendo transmitida com sucesso”. O autor argumenta que processos de ensino que acontecem quase que exclusivamente na esfera macroscópica limitam as possibilidades dos alunos interpretarem os fenômenos no campo teórico-conceitual. Assim, Johnstone (1991) indica a articulação daqueles três níveis de conhecimento como possibilidade para que o aluno comece a pensar abstratamente sobre o que está vendo.

Reinterpretando o triângulo de Johnstone: o papel constitutivo da linguagem e suas contribuições para a experimentação no ensino de Química

Figura 1. Três níveis de conhecimentos químicos propostos por Johnstone (1982).



Esse modelo, presente na Figura 1, propõe um ensino no qual o fenômeno, a linguagem química e a teoria aparecem como aspectos igualmente importantes na aquisição de conhecimentos químicos escolares. Nele está implicado um ensino de conteúdos químicos em que se articulem os três vértices do triângulo, assim definidos:

Eu acredito que [o conhecimento químico] exista em três formas, as quais podem ser pensadas como os vértices de um triângulo. Nenhuma forma é superior a outra, mas uma completa a outra. Estas formas de conhecimento são (a) a macroscópica e palpável: o que pode ser visto, tocado e cheirado; (b) o microscópico: átomos, moléculas íons e estruturas; (c) a representacional: símbolos, fórmulas, equações, relações matemáticas e gráficos (JOHNSTONE, 2000, p. 11).

Apesar da proposição desse triângulo datar de quatro décadas, este ainda se faz presente na literatura nacional e internacional. Wartha e Rezende (2011, p. 275) consideraram que tal modelo:

apresentado há quase 30 anos por Alex Johnstone destacando diferentes níveis de pensamento e de representação no processo de ensino e aprendizagem em Química, em seu artigo 'Macro and micro-chemistry' (Johnstone, 1982), ainda é muito utilizado e propagado pelos pesquisadores em educação Química.

Ao visitarmos a literatura estrangeira observamos a existência de trabalhos discutindo sob uma nova perspectiva a tríade de Johnstone, como por exemplo; Gilbert e Treagust (2009); Taber, 2015; 2013; Talanquer (2011); Talanquer (2018); Thomas (2017).

Gilbert e Treagust (2009), por exemplo, discutem com criticidade a relação de Johnstone ao trazer algumas das principais terminologias para a tríade, assumindo em suas discussões as terminologias macro, submicro e simbólico a fim de evitar possíveis ambiguidades de significado.

Talanquer (2018), por sua vez, trouxe a necessidade de caracterizar melhor os tipos

de raciocínio que esperamos que os alunos dominem nas diferentes disciplinas científicas para apoiar o projeto de tarefas instrucionais, estratégias de ensino e avaliações. Apesar do autor pensar a divisão de raciocínios como uma tríade, ele os caracteriza diferentemente, trazendo-os como fenomenológico, mecânico e estrutural. Nesse sentido, o raciocínio fenomenológico se baseia no conhecimento empírico sobre substâncias e processos químicos. Já o de natureza mecânica são baseados na análise da dinâmica dos componentes do modelo e suas consequências em suas posições e movimentos relativos. Por fim, o raciocínio estrutural é obtido a partir da análise da composição e estrutura das entidades químicas que compõem um sistema.

Ainda nesse cenário internacional, Taber (2015; 2013), como ele mesmo define sua análise, ao “revisitar” o triângulo de Johnstone, atribui uma nova característica à simbologia química (o nível representacional). Segundo o autor, no que tange à compreensão de fenômenos químicos, devemos nos atentar ao sistema simbólico próprio da ciência química conferindo-lhe o papel de ponte entre os níveis fenomenológico e teórico-conceitual: “Uma característica particular da representação simbólica em química é o uso de representações que podem ser uma ponte entre o nível macroscópico de descrição química e o nível teórico dos modelos microscópicos” (TABER, 2015, p. 195).

Nesse sentido, a linguagem química não tem somente a função de registrar fenômeno de uma forma mais simplificada, ao contrário, Taber (2009) defende que a simbologia química pode ser entendida em termos das relações que são estabelecidas entre as esferas macroscópica e microscópica:

Apresentando uma equação que descreve uma reação (um fenômeno macroscópico que os alunos podem ver) numa forma que remeta diretamente a moléculas ou outras partículas (íons, etc) consideradas como representadas no nível microscópico a representação simbólica age como uma referência para os dois níveis e, talvez, como um meta-nível representado e mapeando a relação entre substâncias e partículas (TABER, 2009, p. 100).

No presente artigo, a partir dos estudos de Taber, nos pautaremos em contribuições da abordagem histórico-cultural para analisar criticamente o papel da linguagem nessa triangulação, extrapolando a proposição inicial de Johnstone com o objetivo de conferir-lhe atualidade.

Deste modo, a partir das contribuições da abordagem histórico-cultural, acreditamos que a linguagem química é mais do que uma “ponte”, ela é constitutiva do processo de elaboração de conceitos químicos (ANTUNES-SOUZA, 2021). Nosso interesse

Reinterpretando o triângulo de Johnstone: o papel constitutivo da linguagem e suas contribuições para a experimentação no ensino de Química

está na argumentação acerca da constituição social do conhecimento e do funcionamento intersubjetivo elaborada por especialistas com enfoque histórico-cultural, principalmente por Vigotski, está em focalizar o papel do outro e da linguagem nos processos escolares. Vigotski (1934/2010, p. 114) assim formula a lei geral de desenvolvimento humano:

Todas as funções psicológicas superiores aparecem duas vezes no decurso do desenvolvimento: a primeira vez, nas atividades coletivas, nas atividades sociais, ou seja, como funções intersíquicas; a segunda, nas atividades intelectuais, como propriedades internas do pensamento, ou seja, como funções intrapsíquicas.

O autor continua esse raciocínio, oferecendo como exemplo a linguagem que se origina primeiro como meio comunicação entre os sujeitos e somente, mais tarde, é convertida em linguagem interna, ao ser significada transformando-se em função mental interna como forma de pensamento.

Na história do desenvolvimento da espécie, a linguagem possui um papel de instrumento do pensamento que ultrapassa a sua mera função de meio de comunicação e se coloca como o processo mais importante de desenvolvimento da consciência:

Ao transmitir a informação mais complexa, produzida ao longo de muitos séculos de prática histórico-social, a linguagem permite ao homem assimilar essa experiência e por meio dela dominar um ciclo imensurável de conhecimentos, habilidades e modos de comportamento, que em hipótese alguma poderiam ser resultado da atividade independente de um indivíduo isolado (LURIA, 1979, p. 81).

Portanto, a linguagem é a função central das relações sociais em um nível superior de desenvolvimento, pois ela adquire um lugar privilegiado enquanto forma de comunicação entre os indivíduos que se apresenta como produto histórico e significativa da atividade mental humana (VIGOTSKI, 1931/1995). A palavra, ao mesmo tempo que um sistema simbólico, desenvolve-se nas interações com o outro mediante significações partilhadas, possibilitando ao homem circular do sensorial ao simbólico. Assim, mais do que comunicar, a linguagem desempenha um decisivo papel na atividade mental, pois ela é constituinte da elaboração de experiências pessoais e da consciência de si mesmo:

O significado da palavra é um fenômeno ao mesmo tempo verbal e intelectual. E essa pretensa simultaneidade a dois âmbitos da vida psíquica não é apenas aparente. O significado da palavra é um fenômeno do pensamento somente na medida em que o pensamento está ligado à palavra e incorporado nela e vice-versa, é um fenômeno de linguagem apenas na medida em que a linguagem está ligada ao pensamento e iluminada por ele (VIGOTSKI, 1934/2014, p. 289).

A literatura da área do Ensino de Química tem discutido reiteradamente a significação da linguagem química, oral ou escrita, como meio de promoção de formação

dos conceitos científicos (MACHADO, 2000; SILVEIRA JUNIOR, MACHADO, 2016; WENZEL, 2013; entre outros). Baseando-se na perspectiva histórico-cultural, autores como Wenzel (2013, p. 68-69), atribuem potência à linguagem química na elaboração do pensamento químico:

[...] defendo a importância de possibilitar ao estudante o entendimento das particularidades da linguagem química pelo uso da mesma, em diferentes situações, considerando-a como um gênero específico e, por isso, necessário de ser apropriado pelo estudante, para, assim, desencadear nele o aprendizado mediante sua significação.

Portanto, no que se refere à articulação dos três níveis de conhecimentos químicos, à representação química cabe um estatuto mais amplo do que a função de técnica de nomenclatura ou “ponte”. Em processos de sala de aula, na linguagem química e por ela vão se construindo novas estruturas de pensamento mediante significações compartilhadas dessa simbologia. Desta maneira, na medida em que a palavra não expressa simplesmente o pensamento, todavia passa a existir por meio dela, com a dimensão típica da linguagem que passa a ser significante na constituição do conhecimento nas aulas de Química. Em outras palavras, a linguagem química torna-se símbolo de um conceito na medida em que sua função de representação do nível fenomenológico só é possível quando é significada em termos teórico-conceituais.

Ao estendermos esse desenvolvimento que parte do social para o individual às relações de aprendizagem na escola, podemos considerar que ação pedagógica do professor pode dirigir no curso de apropriação de novos conhecimentos. É por esta razão que serão consideradas no modelo de guia experimentalⁱ quais tipos de questionamentos o professor pode elaborar para auxiliar os estudantes a dirigir sua atenção do objeto concreto (o fenômeno) para o pensamento (a teoria científica que pode explicá-lo) e qual é o papel da linguagem química nesta articulação.

3. Caminho metodológico

Como anunciado nosso objetivo é analisar o papel da linguagem química na articulação concreto-abstrata numa proposta experimental envolvendo o ensino de solubilidade à luz de uma reinterpretação do triângulo de Johnstone.

Elucidamos que a presente investigação se trata de um recorte de uma tese de doutoradoⁱⁱ que tinha como objetivo principal analisar as compreensões de docência, ciência e experimentação elaboradas por um grupo de licenciandos em Química de uma

Reinterpretando o triângulo de Johnstone: o papel constitutivo da linguagem e suas contribuições para a experimentação no ensino de Química

universidade confessional do interior paulista, durante uma atividade formativa desenvolvida nos dois últimos semestres do curso, nas disciplinas de Resolução de Problemas I e II com carga horária de 36 horas cada. Este grupo de estudantes foram convidados à elaborar guias experimentais investigativos, com o intuito de promover articulações concreto-abstratas a partir da interpretação de um fenômeno químico, guiada por questões que orientassem o pensamento dos alunos.

De maneira sucinta, podemos elencar o conjunto de atividades que compuseram a estratégia formativa:

i) reconhecimento de concepções dos licenciandos a partir dos temas experimentação e ciência, além da sua problematização no ensino de Química a partir do estudo e discussão de textos (SILVA, ZANON, 2000; SILVA et al 2019) que as criticam como atividade comprobativa de teorias científicas, justificando a importância do uso da experimentação investigativa naquele ensino;

ii) exemplificação de abordagem de uma experiência investigativa pela professora responsável para evidenciar a importância das mediações pedagógicas, por parte do professor, na interpretação do fenômeno químico investigado, contrariando concepções simplistas de docência;

iii) a proposição de um modelo para elaboração de guias experimentais investigativos que reflète a articulação dos três níveis de conhecimentos químicos e mediações pedagógicas exigidas para tal;

iv) a escolha de um tema químico dos futuros professores e a elaboração e exposição do guia experimental investigativo;

v) a apresentação e avaliação coletiva dos guias experimentais produzidos.

No que tange ao guia experimental investigativo, o modelo foi construído à luz das indicações de Silva et al (2019), quando caracterizam Atividades Demonstrativas- Investigativas. Segundo os autores, tal abordagem inicia-se com demonstrações pelo professor, durante as próprias aulas teóricas, de fenômenos simples, os quais são iniciados com a formulação de questões para despertar o interesse dos alunos. São apontados como contribuições dessas atividades:

- i) maior participação e interação dos alunos entre si e com o professor; ii) melhor compreensão por parte dos alunos da relação teoria-experimento; iii) o levantamento de concepções prévias dos alunos; iv) desenvolvimento de habilidades cognitivas por meio da formulação e

teste de hipóteses; v) valorização de um ensino por investigação (SILVA et al 2019, p. 205).

Em função de tais orientações, sugerimos aos licenciandos desenvolverem uma atividade de ensino – elaboração de guias experimentais investigativos - com caráter orientador do trabalho do professor, evidenciando as mediações pedagógicas necessárias para os alunos interpretarem o fenômeno químico investigado. Em vista disso, deveriam ser guias que sugerem como professores podem abordar tais experimentos, orientando o pensamento dos alunos à luz da teoria. Nesse sentido, os guias elaborados deveriam ser orientadores de mediações pedagógicas por parte do professor. Os guias iniciariam com uma situação problema para que o aluno fosse construindo hipóteses e participando cognitivamente (pensando sobre o que está fazendo).

Os guias experimentais investigativos foram organizados em três partes: i) descrição do fenômeno e problematização; ii) interpretação do fenômeno, sugerindo quais tipos de perguntas o professor poderia fazer para nortear a discussão; iii) retomada do experimento por meio da construção da tabela dos três níveis de conhecimentos químicos envolvidos na interpretação do experimento.

Outras características gerais apresentadas foram:

i) A questão que sempre nortearia a interpretação dos fenômenos seria: como eu explico o que eu estou vendo?

ii) A demonstração do experimento seria acompanhada pela problematização sobre o que está acontecendo, qual é o fenômeno e a sua descrição, sem indicar a sua resposta.

iii) A interpretação do fenômeno, na qual os alunos seriam provocados a explicá-lo, ocorreria por meio do levantamento de conhecimentos prévios.

iv) O guia deveria ser organizado por cores: escritos, em vermelho, seriam as questões e as informações químicas que o professor poderia colocar a seus alunos; escritos, em azul, seriam as sugestões ao professor, com conceitos que poderiam orientar o pensamento dos alunos, levando-os a explicar o fenômeno.

v) Além das instruções acima, o guia experimental solicitaria que o professor auxiliasse seus os alunos a identificar as informações discutidas segundo os três níveis de conhecimento químico:

Reinterpretando o triângulo de Johnstone: o papel constitutivo da linguagem e suas contribuições para a experimentação no ensino de Química

Tabela 1. Sistematização das informações discutidas segundo os três níveis de conhecimento químico

Fenomenológico	Representacional	Teórico-conceitual

Fonte: Os autores.

Sobre os sujeitos da pesquisa, apesar de se tratar de uma mesma turma, o número de alunos variou: as disciplinas foram Resolução de Problemas I e II, as quais contaram com 20 e 16 alunos, respectivamente. Como todo o desenvolvimento da estratégia formativa foi realizado com os alunos divididos em duplas, destacamos que, ao todo, 12 alunos (6 duplas) participaram de todas as atividades propostas, os quais tornaram-se os participantes voluntários da pesquisa. Para fins de apresentação, trazemos apenas a dupla focalizada com seus respectivos nomes fictícios:

Hebe é técnica em Química e fez iniciação científica em laboratório ligado à Pós-Graduação de uma Universidade Pública. Pretende se dedicar à pesquisa em Química, prestando processo seletivo para o mestrado no próximo ano. Não escolheu o curso por ser licenciatura, mas por ser a opção ligada à Química mais próxima de sua casa. Apesar disso, após o estágio decidiu ser professora de ensino superior: “acho que quando a gente começa a vivenciar o estágio.... sabe aquela picadinha?”

Flora é técnica em radiologia e optou pelo curso por causa do trabalho. Afirma que sua intenção é continuar na indústria e fazer engenharia, mas revela uma pequena vontade de lecionar: “nunca tive intuito de lecionar, sempre trabalhar em indústria mesmo. Mas no final dá uma vontadezinha... [...] Faz parte dos planos ser professora, mas não agora, mais pra frente. Agora eu vou fazer engenharia química”.

A escolha pela dupla focalizada se deu por dois motivos: i) a importância do tema solubilidade para a Química tanto por sua relevância intrínseca enquanto conteúdo científico, quanto pela variedade de fenômenos envolvidos no seu entendimento, e ii) pelo fato das (re)elaborações nos guias experimentais mais significativas estarem relacionadas à função da linguagem química nas explicações e mediações propostas.

4. Análises: o papel constitutivo da linguagem química

O guia experimental investigativo foi produzido por Hebe e Flora e o tema privilegiado pelas futuras professoras foi solubilidade (Figura 2). Como o próprio título anuncia, o objetivo do guia era trabalhar “modelo de partículas para explicar a interação soluto-solvente e solubilidade”. O experimento proposto baseia-se na adição do sal sulfato de cobre penta hidratado ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) em dois béqueres: um contendo água e o outro

com aguarrás.

Figura 2. Imagem parcial do guia experimental sobre solubilidade, elaborado por Hebe e Flora – primeiro momento.

Protocolo Experimental: modelo de partículas para explicar interação soluto-solvente e solubilidade.

Este é um roteiro de orientação do trabalho do professor. Os escritos em azul referem-se às teorias das quais você, professor, pode orientar seus alunos. Os escritos em vermelho são indicações e questionamentos que podem ser oferecidos aos alunos. É importante ressaltar que tais sugestões foram elaboradas no esforço de auxiliar o aluno a interpretar o fenômeno à luz de outros conceitos químicos, extrapolando, assim, o que a experiência macroscópica pode nos informar. O objetivo da aula não deve ser dito para não perder o caráter investigativo. Desta forma, os alunos poderão articular melhor os níveis macroscópico e microscópico.

1º momento:apresentação do fenômeno a ser investigado.

Em dois béqueres, um contendo água e outro contendo aguarrás (solvente orgânico, hidrocarbonetos, $C_{10}H_{16}$), foram adicionados alguns cristais de sulfato de cobre ($CuSO_4$). Após alguns minutos, nota-se que, mesmo em repouso, a cor azul, característica do $CuSO_4$, vai se espalhando espontaneamente pelo béquer com água (figura 1). Todavia, o mesmo não se observa no béquer contendo aguarrás (figura 2).

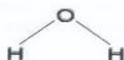


Figura 1: $CuSO_4$ em água

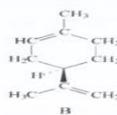


Figura 2: $CuSO_4$ em aguarrás

É importante que os alunos observem o fenômeno e você, professor, incentive-os a pensar em uma explicação para o ocorrido. Antes mesmo de iniciar os questionamentos, é aconselhável mostrar aos alunos as fórmulas estruturais dos dois solventes, para que eles possam refletir melhor em relação às estruturas e suas ligações e assim tentar responder as questões propostas.



Água



Aguarrás

- Quais são as mudanças macroscópicas que vocês perceberam? Por que no béquer que continha água houve esse "espalhamento" do sulfato de cobre e no béquer que continha aguarrás não? Por que no béquer que continha água houve mudança de cor? O que vocês sugerem para explicar o fenômeno? Quais conceitos químicos podem explicá-lo? Qual é a equação química que representa o fenômeno ocorrido? Respondam as questões propostas, preenchendo a tabela abaixo:

Fenomenológico	Representacional	Teórico- Conceitual

Fonte: ANTUNES-SOUZA, 2018.

Como é possível notar na Figura 2, há uma problematização do experimento por meio da linguagem química e há ênfase nas interações das partículas. Nesse sentido, como forma de possibilitar ao aluno pensar em nível microscópico sobre o motivo da diferença de comportamento do sulfato de cobre nos dois sistemas, as licenciandas introduzem a representação das interações solvente-soluto por meio de suas respectivas fórmulas estruturais. Em vista disso, o próprio guia sugere: “antes mesmo de iniciar os questionamentos, é aconselhável mostrar aos alunos as fórmulas estruturais dos dois solventes, para que eles possam refletir melhor em relação às estruturas e suas ligações e assim tentar responder as questões propostas”.

O uso funcional do símbolo está estreitamente ligado à articulação concreto-abstrata, em outras palavras, a linguagem escrita pode extrapolar a mera posição de

Reinterpretando o triângulo de Johnstone: o papel constitutivo da linguagem e suas contribuições para a experimentação no ensino de Química

intersecção entre pensamento e objeto material, entre aquilo que eu vejo e o complexo movimento cognitivo das funções psicológicas mobilizadas para interpretá-lo:

Escrever é uma das funções culturais típicas do comportamento humano. Em primeiro lugar, pressupõe o uso funcional de certos objetos e expedientes como signos e símbolos. Em vez de armazenar diretamente alguma ideia em sua memória, uma pessoa escreve-a, registra-a fazendo uma marca que, quando observada, trará de volta à mente a ideia registrada. A acomodação direta à tarefa é substituída por uma técnica complexa que se realiza por mediação (LURIA, 2010, p. 99).

A linguagem química, nesta perspectiva pode ser entendida como forja metálica que dará forma ao pensamento e tal entendimento pode reorientar a articulação entre os três vértices do triângulo de Johnstone nos seguintes aspectos: i) os três vértices do triângulo não possuem uma relação simples de igualdade, na verdade, devemos ter nossa atenção deslocada do objeto concreto para o pensamento de forma consciente nos três vértices; ii) o representacional e/ou simbólico não é uma mera ponte, mas sim um instrumento constitutivo da articulação concreto abstrato, visto que a linguagem tem papel mediador no desenvolvimento do pensamento humano.

Desta forma, são essas considerações que podem nortear o papel mediador do professor ao propor experiências nas aulas de química, na medida em que suas intervenções e questões a serem realizadas sempre devem ter no horizonte a orientação deliberada da atenção voluntária dos estudantes sempre para o pensamento, para os conceitos, para a significação da linguagem química. As práticas pedagógicas que encaram a experimentação como materialização da teoria empobrecem justamente aquilo que lhe é característico e deveria ser sua principal função: um instrumento de ampliação do pensamento abstrato, de afastamento da realidade concreta para a aprendizagem de conteúdos da química e ampliação das capacidades cognitivas de desenvolvimento humano e cultural (ANTUNES-SOUZA, 2021).

Na continuidade da investigação do fenômeno (Figura 3), são introduzidas questões norteadoras e a discussão de o motivo do sulfato de cobre ter permanecido no fundo do béquer que continha aguarrás. A sistematização do conceito de solubilidade no penúltimo parágrafo foi estabelecida com base nas fórmulas estruturais dos solventes: “Professor, agora tratando da explicação do porquê na aguarrás não houve interação do soluto com o solvente, você poderá trabalhar com os alunos sobre polaridade informando a eles que a água é polar e o sulfato de cobre é formado por ligações iônicas, o que

possibilitaria mais facilmente essa interação (tirar o de) solvente-soluto. No caso da aguarrás, por ser um solvente orgânico e apolar, essa interação não acontece” (trecho retirado do guia de Hebe e Flora).

Figura 3. Imagem parcial do guia experimental sobre solubilidade, elaborado por Hebe e Flora – segundo momento.

2º momento: a interpretação do fenômeno

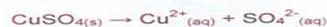
Professor, apesar de você não poder indicar aos seus alunos o objetivo dessa aula – modelo de partículas para explicar interação e solubilidade – você precisa ter noção de quais conceitos teóricos seus alunos precisam ter domínio e se orientar para interpretar o fenômeno. Propomos que, na retomada da discussão, você guie seus alunos a pensar na diferença entre os dois procedimentos – o copo com água e o outro com aguarrás – e a partir disto, como o sulfato de cobre interagiu com esses dois sistemas. Para tal, é interessante orientá-los a pensar na interação das partículas do soluto (interação soluto-soluto), nas interações de partículas do solvente (interação solvente-solvente) e na interação soluto-solvente, explicando que a energia liberada na formação das interações soluto-solvente tem de compensar energeticamente a quebra das interações soluto-soluto. Algumas questões para direcionar-se:

Qual é a principal diferença entre uma solução e outra? Há os mesmos solventes nos dois sistemas? Qual dos dois sistemas ocorreu a interação soluto-solvente? Por que houve interação soluto-solvente apenas com a água? O que causou essa interação?

Após entender o porquê houve dissolução apenas na água, é importante pensar como se deu essa dissolução. Para isso, é interessante recapitular o tipo de ligação que forma o sal e os movimentos das partículas, questionando:

Qual o tipo de ligação que forma o sulfato de cobre? Conhecendo o tipo de ligação que o forma, como a água interage com ele?

Professor, aqui é importante que se represente a solvatação dos íons para que os alunos comecem a pensar na existência de íons livres em solução. Peça aos alunos, também, para escreverem as equações que representam a dissolução iônica:



Pensando a respeito dos íons livres em solução é interessante, agora, que os alunos sejam orientados a pensar em movimentação dos íons no procedimento com a água:

Quando adicionamos o sulfato de cobre na água, logo ele foi para o fundo do béquer, mas depois se espalhou por toda parte. Qual a explicação para isso? Com relação à aguarrás, por que o sulfato de cobre permaneceu no fundo do recipiente?

Professor, agora tratando da explicação do porquê na aguarrás não houve interação do soluto com o solvente, você poderá trabalhar com os alunos sobre polaridade, informando a eles que a água é polar e o sulfato de cobre é formado por ligações iônicas, o que possibilita mais facilmente essa interação de soluto-solvente. No caso da aguarrás, por ser um solvente orgânico e apolar, essa interação não acontece. Instigue-os alunos com as seguintes perguntas:

Agora pensando no solvente aguarrás, porque não teve a mesma interação como ocorreu na água? Vocês acreditam que a questão de polaridade está envolvida nesse experimento? O sulfato de cobre por ser iônico, tem mais afinidade com solventes polares ou apolares?

Fonte: ANTUNES-SOUZA, 2018.

Finalmente, ressaltamos que o preenchimento da tabela dos três níveis de conhecimento químico (Figura 4), mas não há indicação das fórmulas estruturais no nível representacional (não sabemos se por desatenção ou dificuldade de identificação dos três níveis por parte das licenciandas, entretanto, pelo modo como o guia foi elaborado, parece-nos ser a primeira justificativa mais coerente). Outro destaque refere-se ao admitirem a cor azul da solução de sulfato de cobre penta-hidratado, ao invés de ser atribuída aos íons cobre.

Reinterpretando o triângulo de Johnstone: o papel constitutivo da linguagem e suas contribuições para a experimentação no ensino de Química

Figura 4. Imagem parcial do guia experimental sobre solubilidade, elaborado por Hebe e Flora – terceiro momento.

3º momento: retomada da tabela que traz os três níveis de conhecimento químico.

Professor, neste momento é importante retomar junto com os alunos a tabela com os três níveis do conhecimento químico, organizando as observações macroscópicas, as equações químicas e os conceitos teóricos que as explicam:

Fenomenológico	Representacional	Teórico- Conceitual
No béquer contendo água, o CuSO_4 dissolveu e no contendo aguarrás, não.	$\text{CuSO}_{4(s)} \rightarrow \text{Cu}^{2+}_{(aq)} + \text{SO}_4^{2-}_{(aq)}$	Ligação iônica; Dissociação iônica; Mobilidade iônica; Interação soluto-solvente; Solubilidade; Polaridade.

Fonte: ANTUNES-SOUZA, 2018.

O processo de elaboração do guia explorado nesta análise ilustra um movimento de (re)elaboração sobre a articulação dos três níveis de conhecimentos químicos. A introdução das fórmulas estruturais na problematização do fenômeno configura uma orientação de interpretação do experimento. Quando os alunos se voltam para as interações soluto-solvente dirigidos por essas representações, sua atenção não está mais exclusivamente voltada ao nível macroscópico, pelo contrário, de forma articulada, promove pensar o empírico-concreto por meio de ideias teórico-conceituais.

Como explica Vigotski (1934/2014, p. 253 – nossa tradução) “o nascimento do conceito científico não se inicia com o enfrentamento direto com as coisas, mas com uma atitude mediatizada em relação ao objeto”. Assim, apoiados na abordagem histórico-cultural, podemos afirmar que a linguagem química, nessas circunstâncias, enquanto forma de registrar um fenômeno, tem em princípio a função de signo mediador do conceito e depois torna-se seu símbolo.

Mesmo ressaltando que as raízes da formação de conceitos estão na infância, isto é, que os processos aí envolvidos começam a se desenvolver nessa idade, Vigotski (1934/1993, concebe que é somente na adolescência que tais processos se refinam e podem se consolidar:

A formação de conceitos pressupõe, como componente principal e central deste processo, aprender a dominar o curso dos processos psíquicos próprios mediante palavras e signos. A capacidade de dominar os comportamentos próprios com a ajuda de meios auxiliares só se desenvolve por completamente na adolescência (VIGOTSKI, 1934/1993, p. 134).

Isto ocorre porque o domínio de conceitos é uma forma superior de atividade mental que revela o uso e a combinação especial das funções intelectuais básicas numa ação complexa que promove “o uso funcional das palavras e outros signos na qualidade

de meios para dirigir ativamente a atenção, analisar e destacar os atributos, abstraí-los e sintetizá-los” (VIGOTSKI, 1934/1993, p. 131– nossa tradução).

Em outros termos, essa inserção das fórmulas estruturais dos solventes no primeiro momento e sua retomada na discussão do segundo momento, é uma atitude que indica maior domínio sobre a articulação entre os três níveis de conhecimento químico com um estatuto especial à linguagem química e, conseqüentemente, permitindo (re)elaboraões na esfera do ensino (atividade docente).

O entendimento das alunas sobre a articulação dos três níveis expressos pela maneira como reconstroem a interpretação do fenômeno concorda com o que Machado e Mortimer (2007, p. 31) afirmam sobre o aspecto representacional ser resultante de uma tensão entre teoria e prática, “fornecendo ferramentas simbólicas para representar a compreensão resultante desse processo de idas e vindas entre teoria e experimento”. Nesse sentido, a representação química, enquanto um signo mediador durante os processos de significação, pode potencializar a promoção de leituras abstratas da experiência concreta.

Sobre repensar a relação da linguagem química com os outros dois níveis de conhecimento, Taber (2013, p. 165) afirma que a aprendizagem de Química envolve re(elaboraões) entre a linguagem cotidiana, vinda da experiência direta, e a representação formal do conceito nos distintos níveis. A partir disso e ampliando o quadro de discussão exposto por Taber, reiteramos a importância da linguagem química na aprendizagem de conceitos.

A palavra nessa esfera de elaboração tem primeiramente a função indicativa (de indicar o objeto ao qual se refere), e esta é ampliada quando passa a ter uma função significativa, isto é, quando começa a significar as impressões concretas. Nesse sentido, como toda palavra é uma forma de generalização e seu significado sempre se transforma ao longo das etapas de desenvolvimento, é impossível aprendermos conceitos de forma acabada, pois eles estão sempre evoluindo (VIGOTSKI, 1934/2014).

Assim, o papel genuíno e decisivo no desenvolvimento conceitual corresponde à palavra, pois é por meio dela que dirigimos deliberadamente nossa atenção, sintetizamos, simbolizamos o conceito e operamos com ele como um signo. Na dinâmica de elaboração conceitual, as formulações verbais sobre o objeto caracterizam o ensino e a aprendizagem na escola. No entanto, diferente do ensino por transmissão-recepção em que o começo da

Reinterpretando o triângulo de Johnstone: o papel constitutivo da linguagem e suas contribuições para a experimentação no ensino de Química

aprendizagem é a definição verbal vazia de significado e ensinar é só definir, Vigotski nos permite considerar a palavra como mediadora da apropriação dos conceitos e da transição de uma generalização para outras (GÓES, 2008).

Nessa perspectiva, a equação química, que muitas vezes é tratada como um mero conjunto de letras, pode ganhar significação e a orientar o conceito. Interpretar o fenômeno dirigindo a atenção do objeto para o conceito, a partir da ênfase à própria linguagem química, permite um tratamento microscópico do fenômeno que exalta a linguagem química como ferramenta essencial para a formação do pensamento químico:

com e pela linguagem química, no movimento de significação destas representações, uma certa forma de pensar vai se constituindo. Nesse trabalho, nesse exercício de pensamento que se dá na e pela linguagem, uma certa lógica vai se constituindo. No processo de aprender a linguagem química, novos conceitos vão sendo simultaneamente elaborados e aqueles já aprendidos têm a possibilidade de ser significados (MACHADO, 2000, p. 41).

Deste modo, a representação dos fenômenos pode ser significada deliberadamente pelo professor com o objetivo de articular os níveis macroscópico e microscópico. Nesse sentido, a mediação deliberada, em direção à negociação de significação da própria linguagem química pode redimensioná-la como constitutiva na articulação entre os outros dois níveis. Dessa forma, o nível representacional, não é mais encarado como apenas uma forma de descrição do conhecimento químico, mas assume o papel de representação e comunicação de conceitos e de modelos concebidos nas esferas macro e microscópica.

Além disso, com a análise tecida sobre as (re)elaborações da dupla Flora e Hebe, podemos destacar que a articulação concreto-abstrato sugerida poderia favorecer uma reorientação do pensamento do aluno que, sustentado pelas fórmulas estruturais das substâncias participantes, poderia ter sua atenção dirigida pelos conceitos durante o estudo da atividade experimental.

5. Considerações finais

Neste estudo, nosso objetivo foi analisar o papel da linguagem química na articulação concreto-abstrata numa proposta experimental envolvendo o ensino de solubilidade à luz de uma reinterpretação do triângulo de Johnstone. Assim, por meio das análises tecidas e pautando-nos na abordagem histórico-cultural, podemos considerar a linguagem como um meio de comunicação social impossível sem signos e significação, isto é, um meio que requer obrigatoriamente a generalização e o desenvolvimento do significado da palavra. Em outros termos:

A palavra está quase sempre pronta, quando está pronto o conceito. Portanto, há fundamentos para considerar o significado da palavra não só como unidade de pensamento e da linguagem, mas também como unidade de generalização e da comunicação, da comunicação e do pensamento (VIGOTSKI, 1934/2014, p.23).

Na tematização das relações de ensino, a partir da perspectiva histórico-cultural e com ênfase nas relações entre ensinar e significar, Smolka (2010) nos diz que ensinar e significar demandam formas de interação, operação mental e trabalho com signos. Logo, a significação é a chave para entendermos a conversão das relações sociais em funções mentais e o ato de ensinar, nesse contexto, “[...] seria, assim um trabalho com signos, um trabalho de significação por excelência” (SMOLKA, 2010, p. 128). Apoiados nessa assertiva e por meio dos apontamentos de Vigotski (1934/2014), reafirmamos a relevância da significação da linguagem química como meio de torná-la signo do conceito (MACHADO, 2000), orientando os processos de elaboração conceitual por meio das significações compartilhadas entre alunos e professor.

Em outras palavras, o começo da aprendizagem que ignora a significação da simbologia química carregada de conceitos, evoca a sistematização do sistema simbólico da Química vazio de significado, de modo semelhante ao que Vigotski argumenta sobre a aprendizagem que se inicia pela definição verbal, baseada em memorização de definições: “sem significado a palavra não é tal, mas sim som vazio, deixa de pertencer ao domínio da linguagem” (VIGOTSKI, 1934/2014, p. 21 – nossa tradução). Deste modo, assim como a palavra, a linguagem química perde sua função mediadora da compreensão dos conceitos que promove a transição de uma generalização para outras generalizações.

Apoiados nessa consideração, reafirmamos que os processos de ensino e de aprendizagem na sala de aula de química podem (e devem) ser fundamentados na linguagem química para promover uma esfera de produção de generalizações e possibilitar a formação de novos conceitos que vão sendo elaborados simultaneamente àqueles já aprendidos e que têm a possibilidade de ser ampliados e (re)significados. Para tanto, é necessário atribuir-lhe o papel de constitutiva na/da elaboração de conceitos. Afinal, se a linguagem química expressa conceitos, a elaboração conceitual pode estar baseada na sua significação.

Referências

ANTUNES-SOUZA, T. **(Re)Elaborações de concepções sobre docência, experimentação e ciência na formação inicial de professores de química**. 193 f. Tese (Doutorado em

Reinterpretando o triângulo de Johnstone: o papel constitutivo da linguagem e suas contribuições para a experimentação no ensino de Química

Educação). Universidade Metodista de Piracicaba, Pós-Graduação em Educação, Piracicaba. 2018.

ANTUNES-SOUZA, T. Experimentação no ensino de Química: a urgência do debate epistemológico na formação inicial de professores. **REEC. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 20 n. 3, p. 335-358, 2021.

GALIAZZI, M. DO C.; GONÇALVES, F. P. A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em Química. **Química Nova**, v. 27 n. 2, p. 326-331, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422004000200027>.

GILBERT, J. K.; TREAGUST, D. **Multiple representations in Chemical Education: models and modeling in science education**. Springer Science+Business, 2009.

GÓES, M. C. R. A aprendizagem e o ensino fecundo: apontamentos na perspectiva da abordagem histórico-cultural. In: PERES, E. et al. (org.). **Trajetórias e processos de ensinar e aprender: sujeitos, currículo e cultura**. EDIPUCRS, 2008. p. 37-51.

JOHNSTONE, A. H. Teaching of chemistry – logical or psychological? **Chemistry Education: Research and Practice in Europe**, v. 1 n. 1, p. 9-15, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1039/A9RP90001B>.

JOHNSTONE, A. H. Why is Science difficult to learn? Things are seldom what they seem. **Journal of Computer Assisted Learning**. v. 7, p. 75 – 83, 1991.

JOHNSTONE, A. H. Macro and microchemistry. **The School Science Review**, v. 64, n.227, p. 377-379, 1982.

LURIA, A. R. **Curso de Psicologia Geral**. Civilização Brasileira, 1979.

LURIA, A. R. A psicologia experimental e o desenvolvimento infantil. In: VIGOTSKI, L. S.; LURIA, A. R.; LEONTIEV, A. N. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**. Editora da Universidade de São Paulo, 2010. p. 85 – 102.

MACHADO, A. H. Pensando e Falando sobre fenômenos químicos. **Química Nova na Escola**, v. 12, p. 38-42, 2000. Recuperado de: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc12/v12a09.pdf>

MACHADO, A. H.; MORTIMER, E. F. Química para o ensino médio – fundamentos, pressupostos e o fazer cotidiano. In: ZANON, L. B.; MALDANER, O. A. (orgs). **Fundamentos e Propostas de Ensino de Química para a Educação Básica no Brasil**. Unijuí, 2007. p. 21-41.

PRAIA, J.; CACHAPUZ, A.; GIL-PÉREZ, D. A hipótese e a experiência científica em educação em ciência: contributos para uma reorientação epistemológica. **Ciência & Educação**, v. 8, n. (2), p. 253-262, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-73132002000200009>

SCHNETZLER, R.; ANTUNES-SOUZA, T. Proposições didáticas para o formador químico: a importância do triplete químico, da linguagem e da experimentação investigativa na formação docente em química. **Química Nova**, v. 42 n. 8, p. 947-954, 2019. DOI: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170401>

SCHNETZLER, R. P. Alternativas didáticas para a formação docente em Química. In: CUNHA, A. M. de O. (org). **Convergências e tensões no campo da formação e do trabalho docente**. Autêntica, 2010. p. 149 – 166.

- SILVA, R. R. De; MACHADO, A.; TUNES, E. Experimentar sem medo de errar. In: SANTOS, W. E MALDANER, O. A. (orgs). **Ensino de Química em foco**, Ijuí: Editora Unijuí, p. 195-216, 2019.
- SILVEIRA JÚNIOR, C.; Machado, A. H. A linguagem e o outro no processo de compreensão de conteúdos conceituais químicos. In: **Anais do XVIII ENEQ**, Florianópolis, p. 1-12, 2016. Recuperado de <http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/resumos/R0032-1.pdf>
- SMOLKA, A. L. B. Ensinar e significar: as relações de ensino em questão ou das outras (não) coincidências nas relações de ensino. In: NOGUEIRA, A. L. H.; SMOLKA, A. L. B. (orgs.). **Questões de desenvolvimento humano**. Mercado de Letras, 2010. p. 109-129.
- TABER, K. Exploring the language(s) of chemistry education. **Chemical Education Research and Practice**, v. 16, p. 193 – 197, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1039/C5RP90003D>.
- TABER, K. Learning at the Symbolic Level. In GILBERT, J. K.; TREAGUST, D. (Editors). **Multiple representations in Chemical Education: models and modeling in science education**. Springer Science+Business, 2009. p. 75-108,
- TABER, K. Revisiting the chemistry triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education. **Chemical Education Research and Practice**, v. 14, p. 156 -168, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1039/C3RP00012E>.
- TALANQUER, V. Macro, Submicro, and Symbolic: The many faces of the chemistry “triplet”. **International Journal of Science Education**, v. 33, n. 2, p. 179–195, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500690903386435>
- TALANQUER, V. Chemical rationales: another triplet for Chemical thinking. **International Journal of Science Education**, v. 40, n.15, p. 1874–1890, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1513671>
- THOMAS, G.P. ‘Triangulation:’ an expression for stimulating metacognitive reflection regarding the use of ‘triplet’ representations for chemistry learning. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 18, n. 4, p. 533-548, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1039/C6RP00227G>
- VIGOTSKI, L. S. **Obras escogidas II: problemas de psicología general**. Visor. 1931/1993.
- VIGOTSKI, L. S. **Obras escogidas II: pensamiento y lenguaje, conferencias sobre psicología**. Machado Grupo de distribución. 1934/2014.
- VIGOTSKI, L. S. Aprendizagem e desenvolvimento intelectual na idade escolar. In: VIGOTSKI, L. S.; LURIA, A. R.; LEONTIEV, A. N. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**. Editora da Universidade de São Paulo, 2010/1934. p. 103 – 117.
- WARTHA, E. J., & REZENDE, D. B. Os níveis de representação no ensino de química e as categorias da semiótica de Peirce. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 2, p. 275-290, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/1516-731320150010004>
- WENZEL, J. A. **A significação conceitual em química em processo orientado de escrita e reescrita e a ressignificação da prática pedagógica**. 230 f. Tese (doutorado) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2013.

Reinterpretando o triângulo de Johnstone: o papel constitutivo da linguagem e suas contribuições para a experimentação no ensino de Química

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 88887.149195/2017-00.

Notas

ⁱ Chamamos de guia experimental o material criado com ênfase na discussão teórica da experimentação, orientando os estudantes para as técnicas de procedimento e o professor para mediações pedagógicas, sendo este construído a partir das indicações de Silva et al (2019).

ⁱⁱ Destacamos que o projeto de pesquisa foi submetido e aprovado no Comitê de Ética em Pesquisa da Instituição sede sob o número de registro n. 115/2016.

Sobre os autores:

Thiago Antunes-Souza

Graduado em Química-Licenciatura pela Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP) e Doutor em Educação pela mesma instituição. É Professor Adjunto da Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), atuando no curso de Licenciatura em Ciências do campus Diadema. É Professor Colaborador da Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas (FE/UNICAMP) e orientador do Programa de Pós-Graduação Multiunidades em Ensino de Ciências e Matemática (PECIM/UNICAMP). ORCID iD <https://orcid.org/0000-0002-5881-8855>. E-mail: tasouza@unifesp.br

Helga Gabriela Aleme

Graduada em Química, Mestre em Química E Doutora em Ciências pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Possui pós-doutorado em Química pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e pela Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (FE/USP), com a temática de Percepção Pública de Ciência e Tecnologia. É professora adjunta na Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), atuando no curso de Licenciatura em Ciências do campus Diadema. ORCID iD <https://orcid.org/0000-0001-8679-1541>. E-mail: hgaleme@unifesp.br

Recebido em: 03/08/2023

Aceito para publicação em: 22/08/2023