

A dimensão epistêmica do discurso em uma sequência de ensino investigativa sobre pilhas e baterias

The epistemic dimension of discursive interactions in an inquiry teaching sequence on batteries

Zuleide Alves, Mesaque Andrade das Neves, Adjane da Costa Tourinho e Silva e Elizabete Lustosa Costa

218

Resumo: Este artigo apresenta uma análise da dimensão epistêmica do discurso em uma sala de aula de Química, focalizando o movimento das concepções dos alunos por entre os diferentes níveis de conhecimento químico e suas relações com as intervenções utilizadas pelos professores no trabalho de mediação. A análise voltou-se às interações discursivas e aos registros escritos dos alunos produzidos ao longo de uma sequência de ensino investigativa (SEI), que teve como tema “Pilhas e baterias: composição, funcionamento, uso e descarte” e foi desenvolvida em forma de oficina por dois pibidianos em uma turma da 2ª série do ensino médio de uma escola pública do Nordeste. Os dados, obtidos por meio de gravações em áudio e vídeo e de questões presentes no material instrucional, foram submetidos à análise considerando-se categorias denominadas de epistêmicas, dispostas na literatura, e outras construídas *à posteriori*. Os resultados revelam a evolução das ideias dos alunos dirigindo-se às articulações entre os dados empíricos e as explicações teóricas da ciência.

Palavras-chave: dimensão epistêmica do discurso, sequência de ensino investigativa, ensino de química

Abstract: This paper presents an analysis of the epistemic dimension of discourse in a Chemistry classroom, focusing on the movement of students' conceptions between the different levels of chemical knowledge and their relationships with the interventions used by the teachers in their mediation work. The analysis focused on the discursive interactions and written records of students developed throughout an Inquiry-Based Teaching Sequence (IBTS) that had as its theme “Batteries: composition, operation, use and disposal” and was carried out in the form of a workshop by two PIBID students in a 2nd grade high school class at a public school in the Northeast. The data, obtained through audio and video recordings and questions present in the instructional material, were submitted to analysis considering categories called epistemic, presented in the literature, and others constructed *a posteriori*. The results reveal the evolution of students' ideas addressing the articulations between empirical data and theoretical explanations of science.

Keywords: epistemic dimension of interactions, inquiry-based teaching sequence, chemistry teaching

Zuleide Alves (zuleidealvesalves@yahoo.com.br) é licencianda em Química pela Universidade Federal de Sergipe. **Mesaque Andrade das Neves** (mesac_andrade@hotmail.com) é licenciado em Química pela Universidade Federal de Sergipe. **Adjane da Costa Tourinho e Silva** (adjane@academico.ufs.br) é licenciada em Química pela Universidade Federal de Sergipe, mestra em Educação pela Universidade Federal de Sergipe, doutora em Educação pela Universidade Federal de Minas Gerais, na linha de Ensino de Ciências, com período sanduíche na Pennsylvania State University e pós-doutora pela Universidade Estadual Paulista. Atualmente é professora titular aposentada da Universidade Federal de Sergipe, atuando como voluntária no Núcleo de Pós-Graduação em Ensino de Ciência e Matemática e na Rede Nordeste de Ensino. **Elizabete Lustosa Costa** (elustosa02@gmail.com) é bacharel em Química Industrial pela Universidade Federal do Ceará, licenciada em Química pela Universidade Federal de Sergipe e mestre em Educação pela Universidade de São Paulo. Atualmente é professora adjunto da Universidade Federal de Sergipe.

Recebido em 12/12/2024; aceito em 13/08/2025

A seção “Cadernos de Pesquisa” é um espaço dedicado exclusivamente para artigos inéditos (empíricos, de revisão ou teóricos) que apresentem profundidade teórico-metodológica, gerem conhecimentos novos para a área e contribuições para o avanço da pesquisa em Ensino de Química.



Introdução

A percepção do ensino e aprendizagem como um processo social, em uma perspectiva sociocultural de educação, direciona os olhares para a compreensão sobre como ele é discursivamente estruturado e desenvolvido por meio do diálogo e da interação nos diferentes ambientes em que ocorre (Silva, 2008). Pesquisas inseridas nesta perspectiva tomam as interações discursivas como um aspecto central na aprendizagem e não meramente auxiliar (Lemke, 1990). Os sistemas semióticos e as formas significantes de usá-los são valorizados nas análises, contribuindo para a compreensão acerca do movimento pelo qual as ideias circulam no plano social da sala de aula e são apropriadas pelos alunos com a mediação do professor.

A aprendizagem de Química, de acordo com tal perspectiva, passa a ser percebida como um processo de enculturação (Mortimer, 2000), em que os alunos se apropriam da linguagem desta ciência ao tempo em que articulam relações entre dados empíricos e explicações teóricas, considerando novas formas de interpretar o mundo a sua volta. Assim, considera-se que o investimento na compreensão acerca das relações entre os diferentes níveis do conhecimento químico colabora não apenas para a apropriação de conceitos e princípios da Química, mas, sobretudo, para a compreensão da natureza de seus conhecimentos, o que evidencia que a aprendizagem de ciências envolve uma aprendizagem epistêmica.

O desenvolvimento de atividades investigativas é apontado como uma oportunidade de os alunos construírem concepções acerca da epistemologia dos saberes científicos e, portanto, de sua natureza (Silva, 2008). Por meio de tais atividades, desenvolvidas em torno de uma ou mais questões, os alunos podem formular hipóteses, planejar experimentos, produzir dados e dar sentido a eles, construindo explicações e alcançando conclusões ao longo de um rico debate em que suas ideias são contrastadas às dos colegas e avaliadas pelo grupo, entendido como sujeito epistêmico (Kelly, 2008; Kelly e Licon, 2018). Tais atividades podem variar em sua estrutura e objetivos, envolvendo diferentes graus de direcionamento pelo professor, mas sempre com algum nível de abertura para que os alunos possam atuar com autonomia. Assim, ao tempo em que se deparam e aprendem a lidar com demandas que se encontram na base das investigações da ciência real, os alunos também constroem novos significados e alcançam as concepções científicas.

Ao longo de atividades investigativas em que os alunos lidam com os objetos reais da ciência, no nível fenomenológico, entende-se como importante que o professor atente para a passagem de tal nível para os níveis teórico e representacional, de modo a favorecer a compreensão das relações entre eles. Mortimer *et al.* (2000) associam a dificuldade em transitar por entre esses níveis do conhecimento aos problemas de aprendizagem em Química. Assim, diferentemente do que ocorre em aulas expositivas tradicionais, em que teorias e representações científicas são introduzidas pelo professor diretamente aos

alunos, sem possibilitar-lhes estabelecer relações com o nível fenomenológico, é possível, por meio de atividades investigativas envolvendo experimentos, promover tais relações de modo consistente.

Este é um aspecto bastante relevante do ensino das Ciências da Natureza, sobretudo, da Química, uma ciência que envolve uma grande variedade de entidades abstratas, cuja existência encontra-se no campo conceitual, um real construído, o qual proporciona o entendimento do mundo real, de modo a produzir explicações e previsões sobre ele (Machado, 1999; Mortimer e Scott, 2003; Silva e Mortimer, 2009; Silva e Mortimer, 2010). A construção de conhecimentos na perspectiva em que empiria e razão são articuladas entre si (Bachelard, 1996) tem o potencial de favorecer a compreensão do movimento epistemológico da ciência, ultrapassando-se a concepção de que as teorias derivam diretamente dos fenômenos investigados.

A análise das interações discursivas entre os diferentes níveis de conhecimento da Química adquire destaque, uma vez que se trata de um movimento constitutivo da construção dos saberes desta ciência. Do ponto de vista da pesquisa, a elaboração de um olhar nesta direção possibilita evidenciar o processo de construção das concepções dos alunos rumo às que são cientificamente aceitas, ao tempo em que eles se apropriam de modos de abordar os fenômenos característicos da Química. Possibilita, ainda, a compreensão das estratégias do professor na mediação desse processo de construção.

A dimensão epistêmica do processo de ensino e aprendizagem: foco nas interações discursivas

Méheut (2005) discute que a relação entre o mundo material e o conhecimento científico compõe a dimensão epistêmica do processo de ensino e aprendizagem. A construção do conhecimento é uma ação voltada para interpretação do mundo, o que envolve compreensão de métodos científicos e dos processos de elaboração e validação de conhecimento. Esta dimensão delinea-se em paralelo à dimensão pedagógica, a qual se constitui das formas pelas quais os alunos interagem entre si e com o professor. Discutindo sobre a elaboração e validação de sequências de ensino e aprendizagem, Méheut (2005) e Méheut e Psillos (2007) apontam para a importância de considerar os elementos que se distribuem em ambas as dimensões. A dimensão epistêmica do discurso de salas de aula de ciências é considerada em Silva e Mortimer (2009, 2010) por meio de um conjunto de categorias que é uma expansão da estrutura analítica proposta por Mortimer e Scott (2002, 2003) e dos trabalhos sobre modelos e modelagem de Tiberghien (1994). Essas categorias dão visibilidade ao movimento discursivo desenvolvido entre os sujeitos das salas de aula por entre os diferentes níveis pelos quais os objetos e eventos de interesse da Química são abordados.

A dimensão epistêmica pode ser percebida nos modos pelos quais os conhecimentos são gradativamente configurados

ao longo das interações produzidas entre os sujeitos destes ambientes. Esses movimentos revelam diferentes facetas do conhecimento químico escolar em função do olhar que é lançado aos fenômenos investigados. À medida que este olhar avança a níveis abstratos, teóricos, ou retoma aspectos observáveis e mensuráveis dos fenômenos ou, ainda, à medida que ele transita por entre fenômenos particulares e classes de fenômenos envolvendo as generalizações da ciência, por exemplo, configura-se um percurso que expressa as diferentes formas que o conhecimento químico assume em sala de aula, ao longo das interações discursivas ou em livros e registros didáticos, revelando a dimensão epistêmica do discurso na perspectiva da ciência escolar. Neste sentido, Santos e Mortimer (2019) discutem que a análise de tal dimensão permite diferenciar as formas de conhecimento químico que são distribuídas pelo ensino desta ciência. Os autores partem do princípio de que conhecimento químico apresenta uma natureza multidimensional, na qual se associam diferentes níveis ou tipos de conhecimento.

O discurso em salas de aula de ciências, em sua dimensão epistêmica, tem sido abordado por diferentes referenciais teóricos, convergindo, porém, para um ponto comum entre eles que é o interesse pela linguagem. Silva e Mortimer (2009, 2010) chamam atenção para a importância de dar visibilidade à dimensão epistêmica do discurso, tendo em vista a ênfase dada às estruturas das interações na literatura da área, em contraste com a pouca produção sobre tal dimensão. Esta lacuna também é apontada em pesquisas mais recentes sobre o tema (Silva e Silva, 2019; Santos e Mortimer, 2019; Silva e Santos, 2019; Silva, 2023). Assim, na literatura nacional são poucos trabalhos na educação em ciências que se voltam às interações discursivas em sala de aula buscando compreender o movimento das ideias dos alunos e professores nos diferentes níveis do conhecimento. Considerando-se o ensino de Química, eles são raros, o que expressa a importância de mais pesquisas nesta direção.

A pesquisa desenvolvida

Neste artigo, apresentamos uma análise da dimensão epistêmica do discurso em uma sala de aula de Química, focalizando as relações entre o movimento das concepções dos alunos por entre os diferentes níveis de conhecimento químico e as intervenções utilizadas pelos professores no trabalho de mediação. O foco das atenções esteve nas interações discursivas desenvolvidas entre alunos e professores, considerando-se ainda os registros escritos dos alunos. A análise foi realizada por meio de categorias apresentadas por Silva e Mortimer (2009, 2010), além de outras elaboradas ao longo da pesquisa.

Com tal objetivo, durante a inserção de dois licenciandos em Química no Programa Institucional de Iniciação à Docência (PIBID), primeiro e segundo autores deste artigo, foi planejada uma oficina com o objetivo de proporcionar aos alunos a compreensão de concepções envolvidas no funcionamento de pilhas e baterias, bem como do uso e descarte desses dispositivos de

forma adequada, voltando-se à educação ambiental. Isto envolveu conteúdo da Eletroquímica, uma área da Química que demanda um alto nível de abstração, o que requer por parte do professor um forte investimento na relação entre os diferentes níveis de conhecimento desta ciência, por meio de metodologias que favoreçam o engajamento dos alunos no processo.

A Eletroquímica compreende o estudo de sistemas químicos em que ocorre a relação entre reações químicas e eletricidade. Assim, essa área da Química interessa-se em compreender a produção de corrente elétrica por meio de reações químicas, como é caso das pilhas, e a ocorrência de reações químicas por meio de corrente elétrica, como é o caso das eletrólises. Este conteúdo é comumente percebido pelos alunos como complicado e de difícil aprendizagem. Estudos voltados para o seu desenvolvimento na Educação Básica têm apontado para as dificuldades dos alunos em compreender o fluxo dos elétrons em reações de oxidação-redução que ocorrem em pilhas e cubas eletrolíticas, a identificação dos cátodos e ânodos nesses dispositivos e as representações das reações que aí ocorrem, dentre outras (Klein e Braibante, 2017; Caramel e Pacca, 2011; Sanjuan *et al.*, 2009).

Isso tem fomentado o interesse de pesquisas para abordagens didáticas que favoreçam a superação dos obstáculos à aprendizagem deste conteúdo (Silva *et al.*, 2016; Barreto *et al.*, 2017; Santos *et al.*, 2018; Silva *et al.*, 2019; Rodrigues *et al.*, 2019; Andrade e Zimmer, 2021). Todavia, apesar dos investimentos que se expressam nas pesquisas sobre o tema, o que parece prevalecer na escola ainda é uma abordagem tradicional. Marcondes *et al.* (2017) investigaram as características do ensino de eletroquímica ministrado por docentes de Química que lecionam em escolas públicas de um estado brasileiro. As análises foram desenvolvidas considerando os três níveis de abordagem da Química (fenomenológico, submicroscópico e representacional) e as características de contextualização manifestadas. Os autores concluíram que o ensino verificado adota um tratamento superficial aos conceitos, com ênfase no nível representacional, uma frágil interrelação entre fenômenos e modelos explicativos e contextualização social reduzida.

Em nossa pesquisa, a análise do movimento discursivo na relação empírico-abstrato da Química envolveu o desenvolvimento de uma sequência de ensino investigativa planejada de modo a favorecer tal relação. Ela foi estruturada considerando-se a proposta de ciclo investigativo apresentada por Pedaste *et al.* (2015) e desenvolvida em uma turma de 2ª série do nível médio, composta por 27 alunos, de uma escola pública do Nordeste, que é um dos centros de excelência de ensino da cidade.

A seguir discutimos sobre os nossos referenciais analíticos.

Referenciais teórico-metodológicos

As categorias empregadas em nossa pesquisa fazem parte de um sistema analítico que tem sua origem nos trabalhos de

Mortimer e Scott (2002, 2003) e no trabalho sobre modelos e modelagem de Tiberghien (1994). Tal sistema passou por uma expansão tendo suas categorias distribuídas em duas dimensões: a da interatividade e a epistêmica, como discutido em Silva (2008). As categorias que compõem a dimensão epistêmica expressam a natureza do conhecimento das Ciências da Natureza, em seus diferentes níveis de abstração e complexidade.

As categorias epistêmicas

A construção de modelos do mundo físico, do ponto de vista epistemológico, é uma atividade central das Ciências da Natureza, por meio da qual é possível dar sentido aos fenômenos investigados. Assim, Mortimer *et al.* (2005) sugerem, como suporte ligado ao desenvolvimento do conhecimento das ciências, as seguintes categorias-base: mundo dos objetos e eventos, mundo das teorias e dos modelos e a relação entre esses dois mundos.

O mundo dos objetos e eventos constitui-se no mundo empírico, mais diretamente ligado ao real dado, em que é possível analisar um sistema por meio de observações e medições. Já o mundo das teorias e dos modelos envolve uma dimensão conceitual constituída por entidades criadas por meio do discurso teórico da ciência, tais como átomos, moléculas, íons e elétrons, entre outras. Embora esses dois mundos estejam dialeticamente articulados entre si na ciência, visto que a delimitação e estudo de um fenômeno não se desvincula de um olhar teórico, é possível perceber mais nitidamente na ciência escolar, em que os alunos estão em processo de enculturação, a separação entre eles. A relação explícita entre ambos, por sua vez, pode ser verificada quando um processo é explicado por meio de analogias, quando tal processo é abordado empiricamente, mas representado por meio de símbolos próprios da Química, ou, ainda, quando os alunos pontuam aspectos empíricos relacionando-os às construções teóricas da ciência, por exemplo (Silva e Mortimer, 2009).

Considerando os dados de nossa pesquisa, podemos apresentar como exemplo o que ocorreu no primeiro experimento sobre eletrodeposição, em que os alunos analisavam um sistema composto por uma lâmina de zinco imersa em uma solução concentrada de sulfato de cobre. O discurso dos alunos se encontrava no mundo dos objetos e eventos quando eles faziam observações em relação à mudança de coloração da solução (cuja cor azul se torna menos intensa) e aos aspectos da barra metálica, em que se pode perceber um acúmulo de material castanho. Em um segundo momento, quando questionados sobre o que poderia estar ocorrendo, alguns estudantes passaram ao mundo das teorias e dos modelos, utilizando termos tais como reação de oxi-redução e perda e ganho de elétrons. Assim, eles iniciavam a passagem de uma descrição empírica a uma explicação teórica. À medida em que avançam no conhecimento científico escolar é possível verificar uma relação mais consistente entre esses dois mundos.

Além da possibilidade de falar sobre o conteúdo científico, seja em termos de objetos e eventos, seja em termos de teorias e modelos, “considera-se que isso pode ser feito em pelo menos três níveis referenciais distintos, quais sejam: por meio de um referente específico, de uma classe de referentes ou de um referente abstrato” (Silva, 2008, p. 78-79)

Considerando a eletrodeposição de cobre metálico na lâmina de zinco, temos que tal fenômeno corresponde a um referente específico por se tratar de um evento particular. Já, quando nos referimos à oxidação dos metais, passamos a tratar de uma classe de referentes, por envolver um conjunto de eventos e objetos e não um evento ou objeto específico. Por fim, como exemplo de referente abstrato, o qual está relacionado aos conceitos e princípios, por meio dos quais se pode falar de referentes específicos e classes de referentes, podemos citar o potencial padrão de redução ou o conceito de oxidação/redução.

Um outro agrupamento de categorias envolvidas na construção do conhecimento são as operações epistêmicas. Tais categorias, propostas por Mortimer e Scott (2002, 2003), permitem estabelecer uma diferenciação entre descrição, explicação e generalização, sendo estas operações fundamentais na elaboração da linguagem social (Bakhtin, 2000) da ciência escolar. Este conceito se refere a um discurso peculiar a um determinado grupo da sociedade (profissional, étario etc.) em um dado sistema, em período sócio histórico particular. Tendo em vista que a linguagem social é compreendida considerando-se mais especificamente um grupo específico de falantes, é possível falar, em uma perspectiva bakhtiniana, da linguagem dos químicos, característica da ciência Química.

Iniciamos a discussão acerca desse grupo de categorias pela descrição. Esta corresponde à abordagem a um sistema, objeto ou fenômeno, em termos de características de seus constituintes ou dos deslocamentos espaço-temporais desses constituintes. A explicação, por sua vez, vai além da descrição ao estabelecer relações entre fenômenos e conceitos, importando algum modelo ou mecanismo causal para dar sentido a esses fenômenos (Mortimer e Scott, 2003).

Osborne e Patterson (2011) discutem que explicações podem ser consideradas um conjunto de descrições em que novas entidades ou propriedades são retomadas ou elaboradas de modo a fornecer uma relação causal. Elas são, essencialmente, respostas a questões que demandam porquês ou justificativas acerca de fenômenos, denominados *explananduns*. Os autores observam ainda que uma boa medida da qualidade de uma explicação é a extensão em que ela promove a sensação de aumento de entendimento acerca de um dado fenômeno. Quanto às generalizações, estas envolvem a apresentação de descrições ou explicações que são independentes de um contexto específico, ou seja, não estão voltadas a fenômenos ou objetos particulares.

Podemos perceber nas definições apresentadas a relação entre essas três operações descritas. As operações de descrição e explicação vinculam-se originalmente a um referente

específico, enquanto que a generalização está relacionada a classes de referentes ou referentes abstratos. Além disso, as operações epistêmicas podem se situar tanto no mundo dos objetos e eventos, quanto no mundo das teorias e dos modelos. Considerando os dados de nosso estudo, mas sem perder de vista a definição de generalização, resolvemos adotar a ideia de generalização/descrição e generalização/explicação, quando se tratar de explicações ou descrições para uma classe de referentes ou referentes abstratos, respectivamente.

Além das operações epistêmicas de descrição, explicação e generalização consideramos ainda a definição. Como discute Silva (2008), toda definição é em si uma generalização. Todavia, a definição busca de forma objetiva caracterizar uma classe de fenômenos ou objetos de forma a diferenciar tal classe das demais, enquanto que uma generalização, de um modo mais amplo, não se preocupa com essa diferenciação. Por exemplo, podemos afirmar que as reações de combustão são exotérmicas. Trata-se, portanto, de uma generalização, pois não importa se a combustão é do etanol, da parafina ou da madeira, teremos sempre a liberação de calor que flui do sistema para o ambiente. Todavia, não é essa característica em si mesma, apesar de sua importância, que vai definir uma reação de combustão de modo a diferenciá-la de outros tipos reações químicas. Em paralelo, há também outras reações exotérmicas que não são classificadas como combustão.

A Figura S1 (apresentada em Material Suplementar a este artigo) sumariza as categorias aqui discutidas. Nela é possível verificar que as operações epistêmicas se relacionam entre si e podem variar em sua posição, tanto no mundo dos objetos e eventos, situado na base do eixo vertical ascendente, quanto no mundo das teorias e dos modelos, situado no topo deste eixo. Este movimento é representado pela seta curva que se posiciona ao lado das esferas representativas das operações. Entre o topo e a base do eixo encontra-se a relação entre os dois mundos, de modo que as operações epistêmicas podem se situar também nesta posição. A Figura apresenta, ainda, a generalização e a definição associadas a uma classe de referentes ou referentes abstratos, enquanto que a definição e a explicação aparecem associadas a referentes específicos.

As categorias descritas nesta seção podem ser percebidas nas interações discursivas entre professor e aluno(s) ou entre alunos, ou mesmo nas falas e escritos de cada um desses sujeitos individualmente. Kelly e Licon (2018) apontam o discurso, entendido como linguagem em uso, como ponto de suma importância para a produção do conhecimento, incluindo a comunicação verbal e não verbal e o uso de inscrições, sinais e símbolos.

Vale ressaltar aqui, que optamos por não incluir em nosso estudo a argumentação. Trata-se de uma prática discursiva e epistêmica (Kelly, 2008; Kelly e Licon, 2018) cujo conceito

pode variar em certos nuances em função da filiação teórica a qual se alia, requerendo distintas opções metodológicas. De um modo mais amplo e consensual, podemos considerar a argumentação como a apresentação de um ponto de vista justificado, uma expressão de raciocínio que é declarada a fim de justificar uma ideia ou convencer uma audiência. A argumentação apresenta, assim, no mínimo, as dimensões justificativa e persuasiva (Jiménez-Aleixandre e Erduran, 2007).

A importância de diferenciar argumentação de explicação é discutida por Osborne e Patterson (2011). Um aspecto importante apontado pelos autores é o de que na argumentação o foco não é a explicação em si mesma. A explicação implica a busca pela elaboração de compreensão e sentido acerca de um fenômeno. A argumentação, por sua vez, ocorre quando o mérito de uma afirmação está em questão. Neste sentido, a argumentação surge quando diferentes interpretações acerca de um fenômeno ou possibilidades explicativas e de ações encontram-se em confronto, demandando-se avaliá-las e tornar legítima uma ou algumas delas.

Considerando os nossos dados, em que os professores conduziam a discussão com toda a turma, explorando ideias, introduzindo conceitos e fomentando a análise de experimentos, a argumentação não se sobressaiu, de modo que nos momentos em que tal prática ocorreu, esteve imbricada às explicações. Assim, não incluímos tal categoria em nossa análise.

Metodologia

Trata-se de uma pesquisa de natureza interventiva, podendo ser considerada como uma Pesquisa de Aplicação. De acordo com Teixeira e Megid Neto (2017), esse tipo de pesquisa, cujas prioridades de investigação são definidas integralmente pelos pesquisadores, “(...) envolve o planejamento, a aplicação (execução) e a análise de dados sobre o processo desenvolvido, em geral, tentando delimitar limites e possibilidades daquilo que é testado ou desenvolvido na intervenção” (Teixeira e Megid Neto, 2017, p. 1068-1069).

Em nossa pesquisa, aplicamos uma Sequência de Ensino Investigativa elaborada no contexto das ações do PIBID de Química da Instituição de Ensino Superior. A SEI, estruturada de acordo com o ciclo investigativo proposto por Pedaste *et al.* (2015)¹, compôs-se de seis aulas, as quais se encontram sumarizadas no Quadro S1 (Material Suplementar a este artigo), considerando-se as intenções do professor, os objetivos de aprendizagem, os conteúdos e as estratégias didáticas relativas a cada uma delas.

Das seis aulas realizadas, as quatro primeiras foram registradas em áudio e vídeo, enquanto as duas últimas foram apenas registradas em áudio. Além desses registros, também

¹Pedaste e colaboradores (2015), partindo de uma revisão de literatura sobre o ensino por investigação, propõem um ciclo investigativo composto por 5 fases: orientação, conceitualização, investigação, conclusão e discussão, as quais são percebidas como recorrentes e fundamentais nas investigações escolares

foram consideradas as respostas escritas dos alunos no material instrucional distribuído. Os registros produzidos foram armazenados em computador e *pen drive* para posterior análise, considerando as categorias apresentadas na seção anterior. Todas as aulas foram segmentadas em episódios ao longo da análise, de acordo com a proposta apresentada em Silva (2008). Nessa fase, começamos pela transcrição dos vídeos e áudios, depois analisamos e categorizamos essas transcrições. Nas transcrições, os licenciandos do PIBID foram identificados como P1 e P2 e os alunos como A1, A2, A3...An.

Para a análise do movimento das ideias dos alunos nas interações com os professores e os colegas, selecionamos episódios em que esse movimento na relação empírico-abstrato da Química se mostrava mais evidente, como na aula 1, em que eles apresentavam suas concepções prévias instigados pelas questões propostas pelos professores, e nas aulas 2, 3 e 4, nas quais se envolveram com experimentos. Para apresentação neste artigo, consideramos aqueles com melhor qualidade de áudio, evitando a apresentação de muitos trechos inaudíveis.

Para a verificação das ideias dos alunos individualmente, recorremos às suas respostas às questões propostas no material instrucional. Essas respostas foram categorizadas buscando expressar as principais ideias apresentadas por eles. Essa categorização foi feita com inspiração em discussões já dispostas na literatura sobre as concepções de alunos acerca de fenômenos relativos tanto à eletroquímica quanto a outros fenômenos de interesse da Química (Caramel e Pacca, 2011; Anderson, 1983, 1990, por exemplo). Esses resultados, expressos em gráficos, proporcionaram uma análise de cunho quantitativo, que se somou à análise das interações, de natureza qualitativa, no sentido de mostrar a apropriação dos alunos das ideias mobilizadas nas discussões em sala de aula.

Quadro 1: O que vocês entendem por pilhas e baterias?

Turno de fala	Locutor	Transcrição	Categorias epistêmicas
1	P1	O que vocês entendem por pilhas e baterias?	Solicita definição
2	A1	São objetos utilizados como fonte de energia constituídos de cobre e zinco.	Definição Classe de referentes Mundos dos objetos e eventos
3	A2	((inaudível))	
4	A3	Eu entendo as pilhas e baterias, o que eu entendo delas: que são formadas por lítio, ou seja, metal e são usadas para várias coisas, como para carregar algo e também para alguns experimentos.	Definição Classe de referentes Mundos dos objetos e eventos
5	P1	Certo, que mais...fontes de energia... que energia seria essa?	Solicita descrição
6	A4	Elétrons.	Generalização/descrição Referente abstrato Mundo das teorias e dos modelos
7	A5	Uma reserva de energia de metal que pode ser acoplada em aparelhos eletrônicos, que não depende de um cabo de energia constante e nem de muita energia elétrica para funcionar.	Definição Classe de referentes Mundo dos objetos e eventos.
8	A6	Energia elétrica.	Generalização/Descrição Referente específico Mundo dos objetos e eventos

Fonte: Autoria própria (2025).

Resultados e discussão

Análise qualitativa

Iniciamos a nossa discussão considerando as concepções prévias dos alunos acerca da estrutura, funcionamento, uso e descarte de pilhas. Tais concepções foram obtidas por meio de questionário (pré-teste), conforme informado na seção anterior, e depois debatidas em sala de aula com os professores e toda a turma. Conforme poderemos verificar no Quadro 1, a maior parte dos alunos apresenta concepções que se encontram no mundo dos objetos e eventos, revelando ideias do cotidiano. A operação epistêmica mais verificada é a definição e, quanto ao nível de referencialidade, o que prevalece é a classe de referentes. Todavia, vale ressaltar que, neste momento, não se trata de definições ou generalizações da ciência como leis ou teorias, mas, de acordo com o tema abordado e as questões propostas, são ideias oriundas do cotidiano dos alunos. Ainda que eles, em vários momentos, se refiram a componentes e estruturas de pilhas específicas, estendem tais concepções a todas as pilhas. Os professores buscam, nesse sentido, avançar rumo a definições cientificamente corretas e instigar os alunos para que ingressem no mundo das teorias e dos modelos de modo a, posteriormente, investirem nas explicações sobre o funcionamento de tais dispositivos, nessa dimensão.

O Quadro 1 apresenta uma transcrição da discussão que os professores desenvolvem com os alunos na fase inicial da SEI, na primeira aula. Tal quadro é composto por 4 colunas. A primeira indica o turno de fala; a segunda, quem detém o turno de fala; a terceira apresenta a transcrição das falas e; a quarta, as categorias epistêmicas em que as falas se enquadram.

Considerando a transcrição das falas no Quadro 1, é possível perceber que os alunos conceituam pilhas e baterias levando em conta sua constituição e utilidade. Nesse sentido, fazem considerações generalistas, tentando sumarizar o que, em comum, caracteriza tais dispositivos. Observem que A1 se refere a cobre e zinco (turno 2) como constituintes fundamentais desses dispositivos. A2 (turno 4), se refere ao lítio de forma semelhante. A discussão situa-se, até tal momento, no mundo dos objetos e eventos, por meio de definições dirigidas a uma classe de referentes (as pilhas e baterias). São definições porque tratam de apresentar o significado de um termo. Até o turno 4, professor e alunos abordam a estrutura e utilidade desses dispositivos, sem importar um modelo ou uma relação causal que explique o porquê das características elencadas.

No turno 5, o Professor 1 busca avançar na discussão, investindo no entendimento sobre a energia que tais dispositivos produzem e, em resposta, um dos alunos, A4 (turno 6), passa a fazer uso de entidades do mundo das teorias e dos modelos. Considerando que a discussão está relacionada às pilhas e baterias, como uma classe de referentes, temos uma generalização, só que focando agora em um referente abstrato, os elétrons, por meio do qual se pode falar do funcionamento dessa classe de objetos. No Turno 8, A6 se refere à energia elétrica. Entendemos que, neste caso, o discurso se insere no mundo dos objetos e eventos, já que tal termo é empregado cotidianamente em uma percepção empírica dos fenômenos.

Ao instigar os alunos a refletirem sobre como as pilhas e baterias produzem energia, como expresso no Quadro 2, o Professor 1 já dirige o olhar dos alunos para uma explicação/generalização, o que neste caso requer uma discussão no nível teórico da Química. O investimento dos professores prossegue nesse sentido, de modo a abordar o funcionamento de uma pilha e aspectos fundamentais de sua constituição, a fim de que os alunos elaborem explicações no mundo das teorias e dos modelos.

A investida de P1 no turno 9, em que solicita dos alunos que reflitam sobre o funcionamento de uma pilha, surte efeito, de modo que estes passam a falar de energia química das reações. Ainda que timidamente, os alunos ingressam no mundo das teorias e dos modelos, tratando de uma classe de referentes e elaborando generalizações/explicações.

Nos turnos 13 e 14, P1 e P2, respectivamente, passam a investir nos elementos constituintes das pilhas, de modo que a discussão se volta para as características do cobre e do zinco que os tornam os únicos elementos constituintes desses dispositivos, na concepção dos alunos.

A ideia de que o cobre e o zinco são os constituintes únicos das pilhas pode ser entendida como fruto de experiência de estudos formais anteriores. É comum que o início do estudo sobre pilhas ocorra por meio da abordagem à pilha de Daniel, que tem como exemplar de par de metais participantes o cobre e o zinco. Assim, os alunos podem ter generalizado essa situação particular para todas as pilhas de forma pouco crítica. As solicitações de P2 e P1 (turnos 18 e 20) instigam a reflexão deles

sobre isso. Desta forma, o foco recai em referentes específicos (o cobre e o zinco), partindo-se de uma descrição para uma explicação, no mundo dos objetos e eventos. Os professores têm o propósito de fazer com que os alunos avancem de sua concepção inicial, no sentido de considerar que outros metais podem ser utilizados para compor pilhas e baterias, a depender das características de cada metal do par. Assim, a discussão passa de descrições e explicações sobre referentes específicos, no mundo dos objetos e eventos, para uma generalização/explicação, no mundo das teorias e dos modelos, considerando, agora, uma classe de referentes, os metais. Trata-se de uma explicação porque os alunos buscam modelos e conceitos para justificar o uso de metais, de um modo geral, para a formação de pilhas. Tal explicação encontra-se no mundo das teorias e dos modelos, já que o discurso envolve concepções tais como número de oxidação, transferência de elétrons, dentre outras.

As transcrições apresentadas nos Quadros 1 e 2 servem como exemplos das investidas dos professores com o intuito de fazer com que os alunos avancem de suas concepções prévias para as concepções cientificamente aceitas. Eles consideram as ideias prévias dos alunos, possibilitam que os alunos reflitam sobre elas e exponham seus pontos de vista e selecionam elementos de tais ideias para promover o avanço pretendido, por meio de solicitações de definições, descrições e explicações. Esse movimento, verificado nessa fase inicial do processo de ensino, se repete com diferentes nuances nas demais fases em que se busca a elaboração de novas ideias, ao tempo em que outras são introduzidas.

O fluxo das ideias que emerge das interações entre os professores e alunos, apresentadas nos Quadros 1 e 2, pode ser sumarizado em termos das categorias epistêmicas nas Figuras 1 e 2, respectivamente. Vejamos a Figura 1, referente à transcrição no Quadro 1.

Pode-se perceber na Figura 1 que o discurso compartilhado entre professores e alunos se situa, de início, predominantemente no mundo dos objetos e eventos, envolvendo definições ou generalizações em torno de uma classe de referentes. É possível inferir que isso ocorre em grande parte em função das investidas do professor, as quais podem ser percebidas como movimentos epistêmicos, de acordo com a discussão apresentada por Silva (2015). Essas investidas correspondem a solicitações de definição e descrição, nos turnos 1 e 5, respectivamente.

A Figura 2, a seguir, sumariza o fluxo das categorias epistêmicas que emergem das interações apresentadas no Quadro 2.

Diferentemente do que ocorreu no início da interação entre professores e alunos, sumarizada na Figura 1, a explicação surgiu em um segundo momento e passou a prevalecer sobre a descrição, todavia, alterando-se entre referentes específicos e classes de referente e entre o mundo dos objetos e eventos e o das teorias e dos modelos.

Ainda nessa primeira fase do processo de ensino e aprendizagem, os professores passam a discutir com os alunos sobre o cuidado que eles costumam tomar com as pilhas e baterias

Quadro 2: Como as pilhas e baterias produzem energia elétrica?

Turno de fala	Locutor	Transcrição	Categorias epistêmicas
9	P1	Ele falou energia elétrica. Como é produzida a energia elétrica pelas pilhas?	Solicita explicação
10	A7	Através da reação de energias químicas.	Generalização/Explicação Classe de referentes Mundos das teorias e dos modelos.
11	P1	Através da energia química ...	
12	A7	Através da reação de energia química.	
13	P1	Através de reações de energia química...entre o quê?	Solicita descrição
14	P2	Entre o quê?	Solicita descrição
15	A5	Entre o Cobre e Zinco.	Descrição Referentes específicos Mundos dos objetos e eventos
16	P1	Então eles falaram fonte de energia, Certo! Quem produz energia elétrica. Como é que produz essa energia elétrica? que ela falou aqui... através de reações químicas. Mas, quem está envolvido? Quais são os elementos que estão envolvidos nessa reação?	Solicita descrição e explicação
17	A5	Cobre e Zinco.	Descrição Referentes específicos Mundos dos objetos e eventos
18	P 2	Agora por que vocês acham que é cobre e zinco?	Solicita explicação
19	A7	Porque eles são bons condutores de eletricidade.	Explicação Referentes específicos Mundo dos objetos e eventos
20	P1	São condutores, certo, mas aí é uma característica dos metais. Os metais são bons condutores de energia, tanto de energia elétrica, como de calor. Energia na forma de calor, certo? A pergunta de P2 é bem interessante. Por que zinco e cobre? Será que a gente poderia utilizar outros metais?	Introduz informações Solicita explicação
21	A??	Sim.	
22	P1	E o que levaria em conta para selecionar esses metais? Será que qualquer combinação de metal levaria a essa reação?	Solicita explicação
23	Aluno 7	Vai depender do número de oxidação.	Explicação/Generalização Classe de referentes/ Referente abstrato Mundo das teorias e dos modelos
24	P2	O número de...?	
25	A7	De oxidação, vai depender do número de oxidação.	
26	P2	Espera aí, você fala já.	
27	A5	É porque assim, na equação lá, eu vi que ele tinha que perder elétrons para.	
28	P1	Perder elétrons.	
29	A5	Pra o outro estabilizar aí um tem que oxidar e outro reagir ((reduzir)). É isso?	

Fonte: Autoria própria (2025).

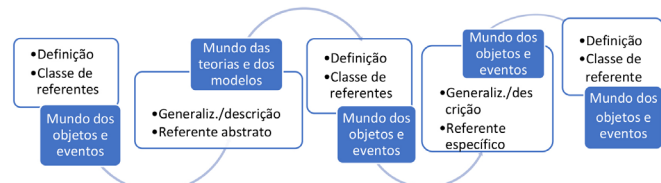


Figura 1: Fluxo das categorias epistêmicas - O que vocês entendem por pilhas e baterias?

e o destino que é dado a elas depois que não servem mais. A discussão, centrada em ações do cotidiano, situa-se no mundo dos objetos e eventos, envolvendo descrições e explicações que passeiam por entre classes de referentes (generalizações) e referentes específicos. Vejamos o Quadro 3.



Figura 2: Fluxo das categorias epistêmicas - Como as pilhas e baterias produzem energia elétrica?

Na discussão em que se insere o excerto do Quadro 3, o propósito é abordar os cuidados que se deve ter ao manusear pilhas e baterias. Após certo tempo nessa discussão, o professor

Quadro 3: Cuidado com as pilhas e baterias e destino após o uso

Turno de fala	Locutor	Transcrição	Categorias epistêmicas
83	P2	(...) agora a segunda parte: que cuidados você toma para melhor utilizar esses dispositivos? Comente.	Descrição/Generalização Classe de referentes Mundo dos objetos e eventos
84	A5	Deixo fora de lugares molhados ou muito quente, não deixo dentro de algum aparelho que não é usado por muito tempo e não descascar...	
85	A3	Eu coloquei, deixo longe de água e lugares molhados e evito deixar no sol ou...	
86	A3	Eu coloquei, ou no caso de bateria, evito deixar na tomada por muito tempo, porque eu estava pensando na bateria do carregador portátil. Mas ela disse que não é bateria né?	
		(....)	
92	P1	Certo. Mais alguém tem outra maneira de utilizar ou manipular as pilhas diferente dos colegas que eles falaram, deixar fora da umidade, insolação, radiação, que mais? Distante da água. Agora sim, eu poderia ficar repetindo deixar distante da água, distante da umidade, do sol, da tomada. Agora, por que devemos ter esse cuidado com as pilhas? Quais os riscos de jogar uma pilha na água?	Solicita explicação e descrição
93	A??	Inaudível.	Solicita descrição
94	P1	O que vocês acreditam que tem internamente nas pilhas além daquilo que vocês já citaram? zinco, cobre, que mais?	
95	A5	Lítio.	Descrição Referente específico Mundo dos objetos e eventos
96	P1	Alguém já abriu uma pilha aqui?	
97	A3	Não.	
98	A5	Eu já, já abri no dente. Então aí eu queimei isso aqui tudinho com o que saiu da pilha.	
99	P1	Então esses são materiais que é necessário ter cuidado, por que não pode expor a umidade? Por ter reagentes químicos, substâncias químicas ali dentro e aí você não quer que essas substâncias venham para parte externa. Por isso que evitamos umidade e insolação que pode corroer a pilha, que pode estufar a pilha. E a questão de deixar muito tempo no carregador, aquele superaquecimento pode ocasionar uma explosão como vemos nos casos de celulares.	Fornece explicação Classe se referentes Mundo dos objetos e eventos

Fonte: Autoria própria (2025).

demanda que os alunos passem de descrições a explicações (turno 92). A intenção é a de que os alunos entendam porque os cuidados citados devem ser tomados. Sem obter resposta nessa direção, o professor passa a solicitar uma descrição sobre o que há dentro das pilhas (turno 94 e 96) e, considerando a fala do aluno A5, no turno 98, apresenta ele mesmo uma explicação/generalização para as perguntas que propôs.

Considerando as solicitações dos professores aos alunos por meio de questionamentos, é perceptível que a discussão parte de descrições e definições antes de alcançar as explicações. Quando ocorre de os professores solicitarem uma explicação e os alunos não terem conseguido atender a esta demanda, os professores comumente refazem a pergunta que solicitava a explicação, retornando a uma descrição, como ocorreu do turno 92 ao 94. Desse modo, eles conseguem manter o engajamento dos alunos na interação até que estes sejam capazes de apresentar a explicação solicitada ou entender a explicação apresentada. Tal estratégia mostrou-se frutífera.

Com relação ao destino que os alunos dão às pilhas e baterias depois de usadas, verifica-se que estes apresentam, em

sua maioria, respostas inadequadas de acordo com o requerido para um cuidado com o meio ambiente. Todavia, alguns alunos demonstram tomar atitudes corretas nesta direção (aluna 11, por exemplo).

Aluna 3: Eu coloquei: na maioria das vezes jogo no lixo, pois quando acontece da pilha ou bateria estourar muitas pessoas dizem que pode prejudicar o corpo, assim algo da pilha, sabe. (...) eu coloco em um saquinho e jogo no lixo.

Aluna 11: Eu tenho uma resposta. Assim, lá em casa a gente geralmente acumula todas as baterias e pilhas e leva a um lugar propício pra isso, porque essa substância que solta não faz mal só pra gente, tem o moço que cata o lixo, tem o fato delas não serem biodegradáveis. Então tem que ter todo um cuidado, porque se você jogar no lixo qualquer, às vezes a pessoa que for é.... catar esse lixo, ele pode se machucar ou coisa do tipo e também para o meio ambiente acaba fazendo mais mal do que já tá fazendo.

Aluno 5: (...) A gente bota as pilhas dentro de uma garrafa pet e quando a gente está com a bateria do celular mesmo ruim e a gente vai trocar, ele já pega a bateria, fica com ele já, e ele já devolve a bateria nova. A gente coloca ali dentro e dá para uma pessoa que fica pegando, catando lá na rua. Aí a gente dá, ou dá no lixão que eles esmagam lá.

Diante das respostas dos alunos, o professor observa que, ao longo da discussão, ficou patente a ideia de que há substâncias tóxicas na pilha e que nas aulas posteriores isso seria explorado.

Professor 1: Então fica nessa ideia, nas pilhas existem algumas substâncias que são tóxicas, e nós vamos descobrir quais são essas substâncias tóxicas e que causa danos tanto ao nosso corpo como ao meio ambiente, contaminando como ela disse solos, a água, contaminando os animais...

Professor 1: Então tem aqueles que eles denominam, tem vários locais na cidade, onde você tem coletores, onde vocês chegam e fazem o descarte das pilhas e baterias. Por exemplo, eu conheço o supermercado.... perto do (nome do bairro), ele tem, logo na entrada, um coletor onde você pode descartar as pilhas e baterias, (...).

A discussão que apresentamos até o momento explora as concepções iniciais dos alunos e a as intervenções dos professores de modo a promover o avanço de tais concepções rumo às cientificamente corretas, considerando excertos significativos de interação. A seguir, podemos verificar como as interações acontecem em momentos em que os conceitos são introduzidos e desenvolvidos nas aulas posteriores. Abaixo, apresentamos excertos da aula 2, em que o Professor 1 promove uma discussão com os alunos acerca do experimento de cobreamento da lâmina de zinco. Antes, os alunos haviam feito a leitura de um texto que sintetizava as principais ideias discutidas na aula anterior. Vejamos.

Professor 1: então, inicialmente esse texto já vai nos dando a ideia do que seria uma pilha e uma bateria, que fala o que? pilha ou bateria elas fazem o que internamente? reações químicas que geram energia elétrica. E essa energia elétrica pode ser aproveitada para a realização de trabalho como o funcionamento de controle remoto, funcionamento do relógio, funcionamento do celular, tudo isso através de uma reação química, havendo essa transformação. Reação química, energia química sendo transformada em energia elétrica. Essa energia elétrica sendo aproveitada para a realização de trabalho para funcionamento de um aparelho, certo?

O Quadro 4, a seguir, apresenta a discussão em torno dos resultados experimentais.

Na transcrição (Quadro 4), verificamos como os alunos avançam de explicações no mundo dos objetos e eventos para explicações no mundo das teorias e dos modelos. Neste percurso é possível observar as tentativas do professor para que eles avancem nessa direção e possam relacionar esses dois mundos entre si.

No turno 1, o professor solicita uma explicação e uma aluna apresenta a sua, a qual se situa no mundo dos objetos e eventos. Em seguida, o professor solicita implicitamente uma explicação no mundo das teorias e dos modelos, haja vista a linguagem que emprega, fazendo usos de termos tais como oxidação e íons. Com efeito, a resposta da Aluna X a esta demanda, no turno 4, se localiza em tal nível. No turno 5, o professor confirma a resposta da aluna e vai além desta confirmação fornecendo uma explicação, em que busca relacionar os dois mundos – empírico e teórico- da Química. Nesse sentido, ele inicialmente traz as generalizações sobre as reações de oxidação/redução. Em seguida, fala em depósito do cobre na lâmina de zinco e descoloração da solução de sulfato de cobre, ao tempo em que dá sentido a este fenômeno considerando a redução de íons cobre que passam à forma metálica, buscando relacionar essas duas visões em sua fala. Feito isso, pergunta aos alunos se o fenômeno se trata de uma reação química (turno 5) e, diante da resposta obtida, solicita nova explicação (turno 7). A resposta da Aluna 11, no turno seguinte (turno 8) - *Porque houve uma mudança internamente, houve uma mudança na matéria* – sugere que sua fala se insere no mundo das teorias e dos modelos, o que faz o professor investir em compreendê-la. Todavia, a explicação obtida se situa no mundo dos objetos e eventos: *Professor 1 - Certo. Que mudança foi essa? Aluno 13 - Principalmente a descoloração.* A partir da resposta obtida, o professor procura fazer com que as explicações apresentadas pelos alunos avancem ao mundo teórico da Química, mas isso não ocorre de pronto:

Professor 1: A descoloração é uma evidência que ocorreu....

Aluna 3: E a mudança do metal.

Professor 1: E a mudança do metal, em que sentido? como foi essa mudança?

Aluna 3: A espessura.

No turno 17, o professor considera a resposta da Aluna 11.

Professor 1: Enferrujado..... houve uma reação química. Isso, muito bem. A mudança de coloração, ela falou que houve uma reação por causa da mudança do metal, qual foi essa mudança?

Aluna 11: Os íons de cobre se depositaram na placa de zinco.

A partir da resposta de A11, o professor dá prosseguimento à aula, relacionando os dois mundos - empírico e teórico- tendo em vista os resultados do experimento realizado.

Quadro 4: Explicando o cobreamento da lâmina de zinco – relações entre os mundos empírico e teórico da Química.

Turno de fala	Locutor	Transcrição	Categorias epistêmicas
1	Professor 1	Segunda questão: proponha explicação para os fatos observados. por que que a placa de zinco ficou com tal aspecto?	Solicita explicação
2	Aluna X	Porque o cobre se depositou no zinco e houve uma mudança de estado físico.	Explicação Referente específico Mundo dos objetos e eventos
3	Professor 1	Porque o cobre se deposita na placa de zinco? O que ocorreu? ele tava na solução na forma de íon, o que ocasionou que esses íons se depositassem na placa de zinco? o que acontece com ele na solução? enquanto a placa de zinco oxida....	Solicita explicação
4	Aluno??	Cobre reduz.	Explicação Referentes específicos Mundos das teorias e dos modelos
5	Professor 1	Se reduzindo ele vai se depositar na placa de zinco, aqui nós temos uma reação de oxirredução. E é possível, lembrando que sempre que houver uma reação de oxidação tem que haver redução. Por que a solução de sulfato de cobre descoloriu? Já foi respondido, a deposição do cobre na placa, então isso faz com que os íons que estavam na solução que dá a coloração azulada, certo. Essa coloração é por causa dos íons de cobre, a presença de íons de cobre, e quando esses íons de cobre são reduzidos pelos elétrons que saem da placa de zinco, eles se depositam na placa e saem da solução, certo. aí a solução perde a coloração azulada, ficando transparente, houve a retirada, a saída dos íons de cobre dessa solução se depositando na placa de zinco metálica, estado fundamental. O fenômeno observado corresponde a uma reação química?	Explicação. Referente específico Relação entre dois mundos Solicita uma descrição.
6	Alunos	Sim.	
7	Professor 1	Por quê?	Solicita explicação
8	Aluna 11	Porque houve uma mudança internamente, houve uma mudança na matéria.	Explicação Referentes específicos Mundo das teorias e dos modelos
9	Professor 1	Certo. Que mudança foi essa?	Solicita descrição
10	Aluno 13	Principalmente a descoloração.	Descrição Referente específico Mundo dos objetos e eventos
11	Professor 1	A descoloração é uma evidência que ocorreu....	
12	Aluna 3	E a mudança do metal.	Descrição Referente específico Mundo dos objetos e eventos
13	Professor 1	E a mudança do metal, em que sentido? como foi essa mudança?	
14	Aluna 3	A espessura.	Descrição Referente específico Mundo dos objetos e eventos
15	Professor 1	Pela espessura.	Descrição Referente específico Mundo dos objetos e eventos
16	Aluno X	Houve um aspecto enferrujado.	idem
17	Professor 1	Enferrujado..... houve uma reação química. Isso, muito bem. A mudança de coloração, ela falou que houve uma reação por causa da mudança do metal, qual foi essa mudança?	Solicita descrição
18	Aluna 11	Os íons de cobre se depositaram na placa de zinco.	Explicação/Descrição Referente específico Mundo dos objetos e eventos
19	Professor 1	Pronto, os íons que estavam na solução se depositaram na placa de zinco na forma metálica que eles foram reduzidos. O depósito do cobre metálico na placa de zinco é uma evidência de uma reação química, além da coloração, além do desprendimento de bolhas.....	

Fonte: Autoria própria (2025).

A discussão anterior evidencia como o professor busca relacionar os mundos empírico e teórico da Química, lidando com as concepções dos alunos. Um indicativo de que solicita explicação teórica está nos termos (científicos) que emprega quando propõe esta demanda. As solicitações de que os alunos apresentem uma explicação teórica a partir das evidências (empíricas) não se mostram de forma explícita. Os alunos parecem passar a entender o que o professor deseja em função das novas solicitações que ele apresenta até que obtenha dos alunos as respostas na direção pretendida. Nesse sentido, vai se constituindo de forma sutil as relações entre as evidências empíricas e as explicações teóricas da Química nas interações entre professor e alunos.

Na seção que segue, apresentamos uma discussão com base em dados quantitativos referentes às respostas dos alunos nos roteiros de atividade, nos momentos em que os professores desenvolviam atividades experimentais na fase de investigação da SEI: a primeira corresponde ao cobreamento da lâmina de zinco quando imersa em uma solução de sulfato de cobre e, a segunda, ao funcionamento da pilha de Daniell usando-se placas de zinco e cobre imersas, respectivamente, nas soluções de sulfato de zinco e sulfato de cobre. O primeiro experimento foi realizado pelos professores diante de toda a turma e o segundo apresentado aos alunos em vídeo. Por meio dos resultados experimentais, os professores vão introduzindo e desenvolvendo as ideias científicas no plano social da sala de aula. Interessa-nos observar o quanto os alunos avançam em suas concepções do primeiro ao segundo experimento, tendo-se em vista a repercussão das interações conduzidas pelos professores no processo de evolução conceitual.

Análise quantitativa

O cobreamento da lâmina de Zinco.

As respostas dos alunos às questões propostas na análise desse experimento evidenciam o quanto a maioria elaborava explicações vinculadas às percepções sensoriais e realistas do fenômeno investigado. Aqueles alunos que se direcionavam à uma elaboração teórica, o faziam de forma bastante superficial ou equivocada, salvo uma ou outra exceção a esse padrão.

Discutiremos as questões a, b e c relativas a este experimento. Com relação à questão “a”, “Por que que a placa de zinco ficou com tal aspecto?”, dos 27 alunos participantes da atividade, 14 (51,85 %) construíram explicações no mundo dos objetos e dos eventos, 07 (25,93%) no mundo das teorias e dos modelos e apenas 2 (7,41%) buscaram estabelecer explicitamente uma relação entre esses dois mundos, empírico e abstrato, da Química. Quatro alunos (14,81%) não responderam à questão. Todas as respostas mencionavam referentes específicos. Vejamos a Figura 3.

Além de consideradas quanto à modelagem, aos níveis de referencialidade e às operações epistêmicas, as respostas foram, ainda, categorizadas de modo a expressar mais intimamente

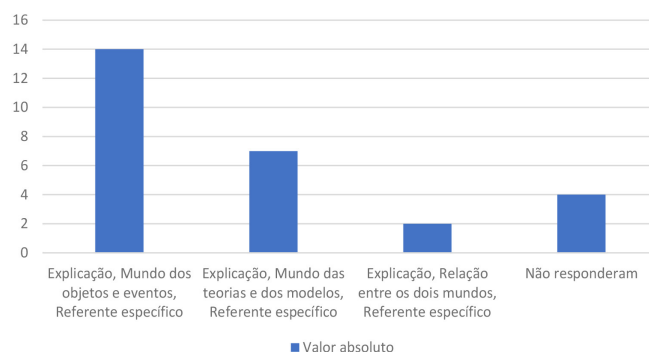


Figura 3: Questão 1a – Por que a placa de zinco ficou com tal aspecto?

as concepções dos alunos, tendo em vista termos significantes e centrais nos seus textos. Assim, as 14 explicações inseridas no mundo dos objetos e eventos constituíram as seguintes subcategorias: Absorção (5), Deposição e mudança de estado físico (2), Diluição (1), Reação química (3), Corrosão (1), e Não explica (2), sendo essa última correspondente a um tipo de resposta circular. Abaixo seguem alguns exemplos:

Ela absorveu o sulfato de cobre presente na solução (A1) – Absorção.

Por que o cobre se depositou nela e ocorreu a mudança de estado físico (A2) – Deposição e mudança de estado físico.

(...) o sulfato de cobre diluiu a placa (A3) – Diluição.

Porque foi colocada no sulfato de cobre, aconteceu por causa das reações químicas (A23) – Reação Química.

Porque ela passa por um processo de corrosão (A18) – Corrosão .

Por causa do sulfato de cobre (A22) – Não explica.

Quanto às 7 respostas inseridas no mundo das teorias e dos modelos, tem-se as seguintes subcategorias: Oxidação/liberação de elétrons (5), Passagem/deslocamento (seriam íons que passam à forma metálica) (1) e Enviesado teórico (1), sendo esta última categoria entendida como uma resposta que usa os termos científicos apropriados, porém em uma explicação equivocada.

Ela oxidou (Perdeu elétrons) (A8); Oxidação e liberou elétrons (A11) – Oxidação/liberação de elétrons.

Porque houve a passagem de moléculas do cobre para o zinco (A16) – Passagem/deslocamento.

Porque a placa de zinco está reduzindo (tentando estabilizar) (A24) – Enviesado teórico.

As duas respostas inseridas na categoria relação entre os dois mundos, compuseram a subcategoria denominada deposição/oxidação, exemplificada, a seguir.

Pela concentração de cobre na placa de zinco que se oxida (A20) – deposição/oxidação.

Temos, agora, as repostas dos alunos para a questão “b”, “Por que a solução de sulfato de cobre descoloriu?”, as quais apresentam resultado semelhante ao apresentado na questão anterior, ou seja, a maior parte das repostas, 48,15% (13), constituem-se em explicações no mundo dos objetos e eventos frente ao percentual de repostas no mundo das teorias e dos modelos, 25,93% (7), considerando-se sempre um referente específico. Há apenas uma resposta (3,70%) que relaciona explicitamente esses dois mundos. Seis alunos (22,22%) não responderam à questão. Ver a Figura 4 na seqüência.

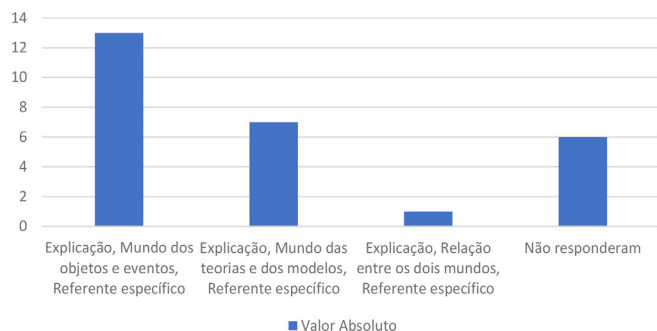


Figura 4: Questão 1b – Por que a solução de sulfato de cobre descoloriu?

230

As repostas inseridas no mundo dos objetos e eventos para essa segunda questão formaram as seguintes subcategorias: Absorção (3), Deposição (3), Estabilização (1), Deslocamento/transporte (2), Enviesado empírico (3) e Não explica (1). Tais subcategorias explicitam, como ocorreu no caso da questão 1, o apego da maior parte dos alunos aos aspectos sensoriais do fenômeno. A seguir constam alguns exemplos para as novas categorias.

Para poder se estabilizar (A3) – Estabilização.

Porque ocorreu a difusão, já que o cobre foi transportado para a placa de zinco (A16) – Deslocamento/transporte. Pela ação do sulfato de zinco que tirou revestimento da placa (A17) – Enviesado Empírico.

Por causa de uma substância química (A6) – Não explica.

Quanto às categorias do mundo das teorias e dos modelos, temos as seguintes: Oxidação/perda de elétrons (1), Oxidação/Reação química (1) e Enviesado teórico (5), as quais são exemplificadas a seguir.

Porque o zinco está oxidando (no caso perdendo elétrons) (A24) – Oxidação/perda de elétrons.

Porque ocorre uma reação química, quem aqui oxida perde elétrons (A21) – Oxidação/Reação química.

Porque está perdendo elétrons para o zinco, para que haja uma estabilização (A20) – Enviesado teórico.

A resposta que se insere na categoria relação entre os dois

mundos, diferentemente das demais, expressa-se de forma mais completa.

O cobre se encontrava em solução de forma iônica, ganhou elétrons do zinco e reduziu, passando pra forma metálica, depositando-se na placa de zinco, devido tudo isso a solução descoloriu – Concepção científica escolar.

A questão “c” solicitava aos alunos que respondessem se consideravam o fenômeno uma reação química e justificassem suas repostas. A maior parte dos alunos, 30,74% (11), apresentou repostas inseridas no mundo dos objetos e eventos. 25,93% (7) inseriram-se no mundo das teorias e dos modelos. Uma resposta (3,70%) envolveu relação explícita entre os dois mundos; 14,81% (4) não apresentaram explicação, apenas responderam que sim; e 14,81% (4) não responderam. Vejamos a Figura 5.

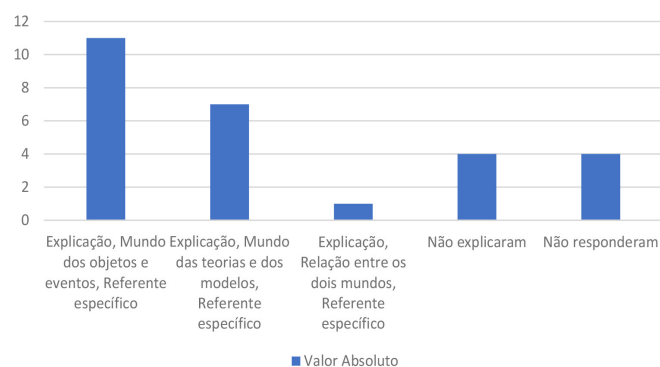


Figura 5: Questão 1c – O fenômeno observado corresponde a uma reação química?

Das repostas inseridas no mundo dos objetos e eventos, 8 apresentaram adequadamente evidências de uma reação química, tais como: *Sim, pois mudou de cor e aumentou a espessura* (A20); *Sim, pois ocorrem mudanças de coloração de ambos os componentes, e bolhas apareceram* (A1); enquanto 3 apresentaram repostas circulares, como, por exemplo: *Sim, porque houve uma reação química* (A23). As repostas inseridas no mundo das teorias e dos modelos, por sua vez, puderam se dividir nas seguintes subcategorias: Enviesado teórico (1), Transferência de elétrons (2), Oxidação (3) e Estabilização/Troca de carga (1). Com exceção da subcategoria enviesado teórico, já discutida, todas as demais falam sobre o “movimento” de elétrons entre as espécies para justificar a ocorrência de reação. A única resposta que envolveu uma relação explícita entre os dois mundos, compôs a subcategoria “Evidências de reação/ Transferência de elétrons”, sendo ela: *Sim, pois mudou de coloração, aumento da espessura e descoloração do líquido. O cobre recebeu elétrons e se depositou em forma de metal na placa de zinco* (A20).

Considerando-se as repostas às 3 perguntas (a, b e c) da questão 1, é possível perceber um número fixo de alunos que buscam transitar pelo mundo das teorias e dos modelos da química levando em conta termos tais como transferência de elétrons, oxidação, redução, dentre outros. Tais repostas,

quando se apresentam de forma menos lacônica, tornam mais evidentes algumas dificuldades de explicação do fenômeno neste nível, com exceção de um dos alunos (A7), cujas respostas encontravam-se na relação entre os dois mundos. As respostas que se colocam no mundo empírico da Química, por sua vez, mostram os equívocos decorrentes do apego sensorial, porém explicitam também um conhecimento escolar anterior dos alunos sobre as evidências de reação química, o qual se ajusta às concepções da ciência escolar, colocando-se no rumo do desenvolvimento da história científica.

As características das respostas apresentadas na primeira questão avançam em direção às concepções científicas, o que pode ser verificado quando estas são comparadas àquelas relativas à segunda questão, voltadas para o experimento com a pilha de Daniell.

A pilha de Daniell

Após a discussão acerca das respostas dos alunos às questões do experimento 1, o experimento 2 (Pilha de Daniell) foi apresentado pelos professores por meio de um vídeo e novas questões foram propostas. As respostas dos alunos às questões “c”, “d” e “g” são discutidas a seguir.

A maioria das respostas dos alunos à questão “c” (Observando a placa de zinco, antes e depois do experimento, você diria que ela sofreu aumento de massa ou houve desgaste? O que isso significa do ponto de vista da Química?) envolveu a relação explícita entre o mundo dos objetos e eventos e o das teorias e dos modelos. 16 alunos (59,26%) apresentam explicações que se inserem nesta categoria. Destes, 12 compõem a subcategoria “desgaste/oxidação/perda de elétrons”, em que a perda de massa da placa é percebida pelo seu desgaste, o qual é explicado considerando-se sua oxidação, devido a transferência de elétrons do zinco para o cobre. Dois alunos seguem este mesmo raciocínio, porém expressam com detalhes o processo, focando mais na relação entre os dois mundos, passando deste modo a compor a subcategoria “desgaste/oxidação/perda de elétrons – completa”, e 2 alunos compõem a categoria “enviesado teórico”. Sete alunos (25,93%) não apresentam uma explicação, mas uma descrição do fenômeno, a qual se situa no mundo dos objetos e dos eventos. Destes, 3 compõem a subcategoria “desgaste” e 4 a subcategoria “enviesado empírico”. Quatro alunos (14,81%) não responderam à questão. Vejamos alguns exemplos de respostas:

Desgaste, perdeu elétrons e oxidou. (A4) – Desgaste/oxidação/perda de elétrons.

Houve um desgaste sim. Significa que o zinco oxidou, ou seja, perdeu elétrons, transformando-se em íons. (A7); Porque a placa de zinco oxida, perdendo elétrons, se transformando em íons, tendo assim desgaste. (A13) – Desgaste/oxidação/perda de elétrons – completa.

Houve um desgaste, ela perdeu massa. (A25) – Desgaste.

O aumento do percentual relativo à categoria “relação explícita entre os dois mundos”, em relação ao que ocorreu

na questão 1, indica um avanço da capacidade dos alunos em lidar com os aspectos macro e microscópicos do fenômeno. Ver Figura 6 a seguir.

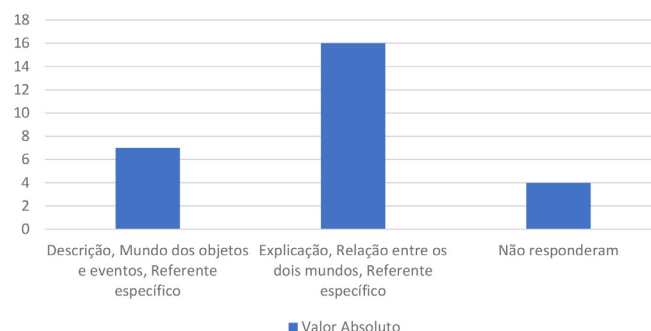


Figura 6: Questão 2c – Observando a placa de zinco, antes e depois do experimento, você diria que ela sofreu aumento de massa ou houve desgaste? O que isso significa do ponto de vista da química?

As respostas dos alunos à questão “d” (Observando a placa de cobre, antes e depois do experimento, você diria que ela sofreu aumento ou houve desgaste? O que isso significa do ponto de vista da Química?) constituem resultados semelhantes aos da questão “c”, com algumas pequenas diferenças. A maior parte das respostas a tal questão, 14 (51,85%), corresponde a explicações que explicitam uma relação entre os dois mundos. Deste quantitativo, 12 se enquadram na subcategoria “Aumento/redução/ganho de elétrons”, em que o aumento de massa da placa de cobre é justificado por meio do ganho de elétrons e sua consequente redução, enquanto 2 respostas compõem a subcategoria “enviesado teórico”.

Uma resposta (3,70%) corresponde a uma descrição no mundo das teorias e dos modelos. Ela constitui a subcategoria denominada de “redução”. O aluno apenas informa que o cobre sofreu uma redução.

Três respostas (11,11%) correspondem a descrições no mundo dos objetos e eventos. Elas compõem uma única subcategoria denominada “Aumento”, pois descrevem aspectos da placa de zinco que indicam o aumento de sua massa. Ainda no mundo dos objetos e eventos, 3 respostas (11,11%) constituem-se em explicações. Duas delas compõem, respectivamente, as subcategorias aumento/reação química e aumento/estabilização, pois o aumento da massa da placa de cobre é justificado pela ocorrência de reação química e necessidade de estabilização, e 1 constitui-se em enviesado empírico. Seguem alguns exemplos de respostas e o gráfico na Figura 7.

Houve um aumento de massa. (A19) – Aumento.

Houve aumento, que está havendo uma reação química.

(A17) Aumento/Reação química.

Aumento de massa, o cobre está tentando estabilizar.

(A24) – Aumento/Estabilização.

Aumento de massa. O cobre reduziu e com isso ganhou elétrons. (A7) – Aumento/redução/ganho de elétrons.

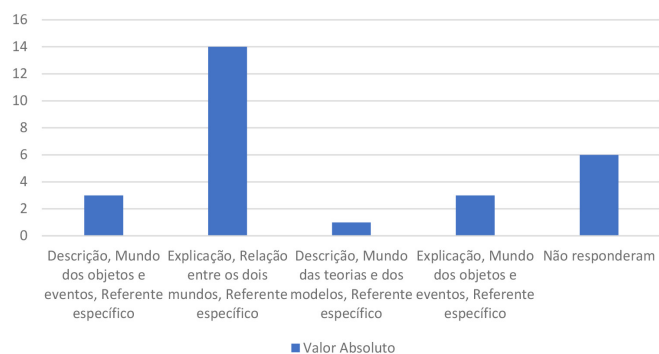


Figura 7: Questão 2d – Observando a placa de cobre, antes e depois do experimento, você diria que ela sofreu aumento ou houve desgaste?

A questão “g” - Por que a lâmpada pôde ser acendida? Justifique o seu ponto de vista considerando todos os dados envolvidos no processo – gera oportunidade para que os alunos exponham todo o conhecimento construído ao longo da SEI. As respostas dos alunos, todavia, tendem a ser sucintas, o que não é algo surpreendente. A maioria delas situa-se no mundo das teorias e dos modelos, indicando o processo de apropriação dos conhecimentos teóricos da Química. Dezesesseis alunos (59,26%) elaboram explicações neste nível, 5 (18,52%) explicam no mundo dos objetos e dos eventos e 6 (22,22%) não respondem à questão. Ver Figura 8 a seguir.

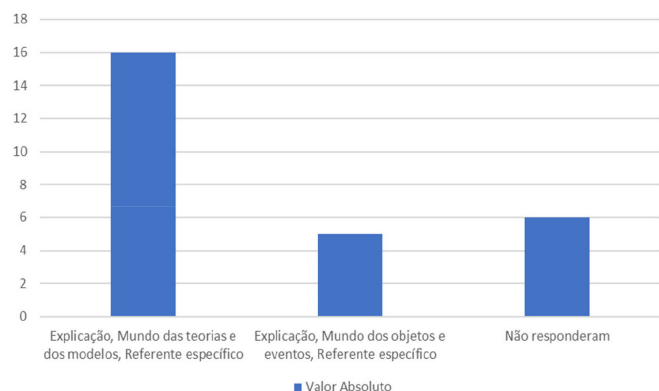


Figura 8: Questão 2g – Por que a lâmpada pôde ser acendida?

Considerando as 16 respostas inseridas no mundo das teorias e dos modelos, verifica-se que 9 delas explicam o funcionamento da lâmpada considerando a passagem de corrente elétrica, elétrons ou energia. Essas respostas compõem a subcategoria “Passagem de corrente elétrica/elétrons/energia”. Cinco ressaltam que a reação química gerou corrente elétrica ou a energia química foi transformada em elétrica (Reação química gerando corrente elétrica) e 2 respostas compõem a subcategoria “enviesado teórico”.

Considerando os 5 alunos que apresentam explicações no mundo dos objetos e dos eventos, verifica-se que 4 dessas explicações consideram que a lâmpada acende devido a uma reação química (subcategoria “reação química”) e 1 compõe a subcategoria “enviesado empírico”.

A seguir, constam alguns exemplos de respostas.

Por causa da eletricidade gerada. Creio que seja pela corrente de elétrons gerada pelo experimento, assim conectando seus pontos negativos e positivos (A10) - Passagem de corrente elétrica/elétrons/energia.

Porque ocorre uma reação química que gera uma corrente elétrica (A18); Porque a energia química está sendo transformada em energia elétrica (A9) - Reação química gerando corrente elétrica.

Porque ocorre uma reação química (A23) – Reação química.

Considerando as respostas dos alunos aos questionamentos propostos nos dois experimentos, é possível verificar que suas concepções passam a avançar rumo ao mundo das teorias e dos modelos, apresentando, para algumas questões, respostas que evidenciam uma relação explícita entre este e o mundo empírico da Química. Enquanto a maioria das respostas para as questões do experimento 1 ancorava-se nos aspectos sensoriais do fenômeno investigado, revelando um apego a uma percepção realista, as respostas para as questões no experimento 2 apresentam, de forma mais expressiva, as marcas da apropriação da linguagem social desta ciência, em que se associam adequadamente o nível macro com o submicroscópico.

Esses resultados podem ser compreendidos considerando-se a discussão apresentada no início desta seção, em que se mostra o investimento dos professores (pibidianos) na mediação da construção de explicações teóricas pelos alunos partindo de discussões acerca de aspectos do seu cotidiano e de experimentos para os quais as suas concepções prévias eram valorizadas, instigando uma reflexão sobre elas.

Considerações finais

A análise apresentada neste artigo deu visibilidade ao movimento das ideias dos alunos instigados pelos questionamentos e informações colocadas pelos professores durante a interação com eles. Assim, foi possível perceber como as concepções transitavam por entre o mundo dos objetos e eventos e o das teorias e dos modelos, considerando diferentes tipos de referentes e operações epistêmicas. Por meio de uma análise que levou em conta aspectos quali e quantitativos foi possível entender como as interações eram desenvolvidas no plano social da sala de aula e como as ideias dos alunos foram modificadas e apropriadas em momentos significativos deste processo.

Não foi nosso objetivo, neste artigo, colocar o principal foco nas estratégias dos professores envolvendo os propósitos de cada aula e os recursos materiais utilizados, mas verificar sua atuação para melhor entender o movimento das ideias dos alunos ao longo das interações, de modo a evidenciar o contexto micro no qual as ideias se modificavam neste espaço. Assim, nosso olhar voltou-se para o processo de produção de conhecimento pelos alunos instigado pela mediação dos professores.

Nessa mediação, os alunos foram mobilizados a expor seus pontos de vista e refletir sobre eles, transitando por entre os mundos empírico e o teórico da Química, ao tempo em que se apropriavam da linguagem social desta ciência.

Entendemos que a metodologia que adotamos na pesquisa foi adequada aos objetivos formulados, sobretudo pelo uso de um conjunto abrangente de categorias que tem se mostrado bastante profícuo para análises voltadas ao processo de construção de conhecimentos em salas de aula de ciências.

Os resultados da pesquisa contribuem para iluminar o olhar de professores e pesquisadores sobre a dimensão epistêmica das interações tendo em vista o percurso dos alunos em tal dimensão. Sugerimos que outras pesquisas possam avançar mais na relação entre os movimentos das ideias dos alunos ao longo dos vários níveis de conhecimento químico e as ações mediadoras dos professores, aprofundando a percepção do processo de elaboração conceitual.

Material suplementar

O material suplementar a este artigo está disponível em https://qnesc.sbq.org.br/online/prelo/QNEsc_4-25_MS.pdf, na forma de arquivo PDF, com acesso livre.

O material suplementar consiste em uma figura (Figura S1) e um quadro (Quadro S1). A Figura S1 representa as categorias epistêmicas e as relações que mantêm entre si, resumindo e ilustrando a discussão apresentada da página 7 a 11. O Quadro S1 apresenta o plano da Sequência de Ensino Investigativa, considerando seus principais elementos para cada aula: Intenções do professor, objetivos de aprendizagem, conteúdo, estratégias didáticas e recursos materiais.

Referências

- ANDERSON, B. Pupil's explanations of some aspects of chemical reactions. *Science Education*, v. 70, n. 5, p. 549-563, 1983.
- ANDERSON, B. Pupil's conceptions of matter and its transformations (age 12-16). *Studies in Science Education*, v. 18, n. 1, p. 53-85, 1990.
- ANDRADE, L. V. e ZIMMER, C. G. Galvanização: uma proposta para o ensino de eletroquímica. *Química Nova na Escola*, v. 43, n. 3, p. 298-304, 2021.
- BACHELARD, G. *A formação do espírito científico*. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BAKHTIN, M. *Estética da criação verbal*. Tradução: Maria Ermantina Galvão G. Pereira. 3ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 2000.
- BARRETO, B. S. J.; BATISTA, C. H. e CRUZ, M. C. P. Células eletroquímicas, cotidiano e concepções dos educandos. *Química Nova na Escola*, v. 39, n. 1, p. 52-58, 2017.
- CARAMEL, N. J. C. e PACCA, J. L. A. Concepções alternativas em eletroquímica e circulação da corrente elétrica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 28, n. 1, p. 7-26, 2011.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. e ERDURAN, S. Argumentation in science education: an overview. In: Erduran, S., Jiménez-Aleixandre, M. P. (org.), *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-Based Research*. Dordrecht: Springer, 2007. p. 3-27.
- KELLY, G. J. Inquiry, activity and epistemic practice. In: DUSCHL, R. A.; GRANDY, R. E. (ed.). *Teaching Scientific Inquiry: recommendations for research and implementation*. Rotterdam: Sense Publishers, 2008. p. 288-291.
- KELLY, G. J. e LICONA, P. Epistemic practices and science education. In: MATTHEWS, M. R. (ed.). *History, philosophy and science teaching: New perspectives*. Cham: Springer, 2018. p. 139-165.
- KLEIN, S. G. e BRAIBANTE, M. E. F. Reações de oxi-redução e suas diferentes abordagens. *Química Nova na Escola*, v. 39, n. 1, p. 35-45, 2017.
- LEMKE, J. L. *Talking science: language, learning, and values*. New Jersey: Ablex Publishing Corporation Norwood, 1990.
- MACHADO, A. H. *Aula de química: discurso e conhecimento*. Ijuí: Unijui, 1999.
- MARCONDES, M. E. R.; SOUZA, F. L. e AKAHOSHI, L. H. Conteúdos de eletroquímica e focos de ensino evidenciados por professores de química do ensino médio. *Enseñanza de las ciencias*, n. extra, p. 5673-5678, 2017.
- MÉHEUT, M. Teaching-learning sequences tools for learning and/or reserach. In: BOERSMA, K.; GOEDHART, M.; JONG, O. *Research and the Quality of Science Education*. Dordrecht: Springer, 2005.
- MÉHEUT, M. e PSILLOS, D. Sequências de ensino-aprendizagem: objetivos e ferramentas para a pesquisa em educação em ciências. *International Journal of Science Education, Londres*, v. 26, n. 5, p. 515-535, 2007.
- MORTIMER, E. F. *Linguagem e formação de conceitos no Ensino de Ciências*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2000.
- MORTIMER, E. F. e SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 7, n. 3, p. 283-306, 2002.
- MORTIMER, E. F. e SCOTT, P. H. *Meaning making in secondary science classrooms*. Maidenhead: Open University Press, 2003.
- MORTIMER, E.; MASSICAME, T.; BUTY, C. e TIBERGHINI, A. Uma metodologia de análise e comparação entre a dinâmica discursiva de salas de aulas de ciências utilizando software e sistema de categorização de dados em vídeo: Parte 1, dados quantitativos. *Atas do V Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências*, 2005.
- OSBORNE, J. F. e PATTERSON, A. Scientific argument and explanation: a necessary distinction? *Science Education*, v. 95, n. 4, p. 627-638, 2011.
- PEDASTE, M.; MÄEOTS, M.; SIIMAN, L.; SISWA, T. J.; KAMP, E. T.; ZACHARIA, Z. C. e TSOURLIDAKI, E. Phases of inquiry-based learning: definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, v. 14, p. 47-71, 2015.
- RODRIGUES, R. P.; SILVA, F. F. A.; FARIAS, W. R.; FARIA, D. M.; VIEIRA, L. M. e RESENDE, E. C. Pilhas e baterias: desenvolvimento de oficina temática para o ensino de eletroquímica. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 14, n. 1, p. 240-255, 2019.
- SANJUAN, M. E. C.; SANTOS, C. V.; MAIA, J. O.; SILVA, A. F. A. e WARTHA, E. J. Maresia: Uma Proposta para o Ensino de

- Eletroquímica. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 3, p. 190-197, 2009.
- SANTOS, B. F. e MORTIMER, E. F. Ondas semânticas e a dimensão epistêmica do discurso na sala de aula de química. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 24, n. 1, 2019.
- SANTOS, T. N. P.; BATISTA, C. H.; OLIVEIRA, A. P. C. e CRUZ, M. C. P. Aprendizagem ativo-colaborativo-interativa: inter-relações e experimentação investigativa no ensino de eletroquímica. *Química Nova na Escola*, v. 40, n. 4, p. 258-266, 2018.
- SILVA, A. C. C. Q.; OLIVEIRA, B. M. M.; MAGALHÃES, F. G. R.; GOMES DO NASCIMENTO, F. M.; GIRÃO, J. S.; ALMEIDA, J. W. e PORTELA, R. R. A experimentação no foco da aprendizagem: ensinando eletroquímica de forma fácil e barata. *Conexões Ciência e Tecnologia*, v. 13, n. 1, p. 8-14, 2019.
- SILVA, A. C. T. *Estratégias enunciativas em salas de aula de química: contrastando professores de estilos diferentes*. Tese de Doutorado, Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.
- SILVA, A. C. T. Interações discursivas e práticas epistêmicas em salas de aula de ciências. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 17, n. especial, p. 69-96, 2015.
- SILVA, A. C. T. e MORTIMER, E. F. Aspectos epistêmicos das estratégias enunciativas em uma sala de aula de química. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 2, p. 104-112, 2009.
- SILVA, A. C. T. e MORTIMER, E. F. Caracterizando estratégias enunciativas em uma sala de aula de química: aspectos teóricos e metodológicos em direção à configuração de um gênero do discurso. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 15, n. 1, p. 123-153, 2010.
- SILVA, J. C. e SILVA, A. C. T. A dimensão epistêmica do discurso de um professor de Química no ensino de propriedades coligativas. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, v. 14, n. 1, p. 14-29, 2019.
- SILVA, R. L. *Perguntas em aulas de Química: identificação, caracterização e análise da apropriação da dimensão epistêmica da Química*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação Interunidades em Ensino de Ciências, São Paulo, 2023.
- SILVA, R. L. e SANTOS, B. F. A dimensão epistêmica no discurso de sala de aula de química: um estudo sobre os questionamentos. *Scientia Naturalis*, v. 1, n. 2, 2019.
- SILVA, R. M.; SILVA, R. C.; ALMEIDA, M. G. O. e AQUINO, K. A. S. Conexões entre cinética química e eletroquímica: a experimentação na perspectiva de uma aprendizagem significativa. *Química nova na escola*, v. 3, p. 237-243, 2016.
- TEIXEIRA, P. M. M. e MEGID-NETO, J. A. Produção Acadêmica em Ensino de Biologia no Brasil - 40 anos (1972-2011): Base Institucional e Tendências Temáticas e Metodológicas. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 17, n. 2, p. 521-549, 2017.
- TIBERGHEN, A. Modeling as a basis for analyzing teaching-learning situations. *Learning and Instruction*, v. 4, n. 1, p. 71-87, 1994.