

Investigando a temática sobre Condutividade Elétrica na Formação Inicial Docente

Investigating the theme Electrical Conductivity in Initial Teacher Formation

José Gonçalves Teixeira Júnior¹

Rejane Maria Ghisolfi da Silva²

¹ Universidade Federal de Uberlândia, FACIP – Campus Tupã,
goncalves@pontal.ufu.br

² Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Metodologia do Ensino,
proferejane@gmail.com

Resumo

A investigação teve como propósito investigar e analisar os conhecimentos de futuros professores de Química sobre condutividade elétrica, identificando suas dificuldades e condicionantes, em uma universidade pública do estado de Minas Gerais. Foram investigados 15 licenciandos matriculados em disciplinas sobre ensino de Química. É possível inferir que os futuros professores possuem conhecimentos que se aproximam dos estudantes do ensino médio. Entre eles podemos citar as dificuldades relacionadas ao entendimento do funcionamento de pilhas tais como o sentido dos elétrons, os íons envolvidos e a função da ponte salina. Desse modo, as análises apresentadas mostram que é necessária a realização de investimentos na formação científica dos futuros professores, tendo em vista que os problemas conceituais dos mesmos podem passar a existir refletido nos conhecimentos apresentados pelos estudantes. Desse modo, se não investirmos na formação docente as dificuldades conceituais relacionadas à condutividade elétrica serão mantidas nos diferentes níveis de ensino.

Palavras-chave: condutividade elétrica, formação de professores, dificuldades conceituais.

Abstract

The inquiry aimed to investigate and to analyze the knowledge of future professors of Chemistry on electrical conductivity, identifying their difficulties, in a public university. 15 registered students on the Chemistry discipline had been investigated. It is possible to deduce that the future professors have the knowledge that approaches to the high school students. Between them we can cite the difficulties related to understanding of operation of batteries such as the direction of electrons, ions involved and the function of the salt bridge. In conclusion, the analyses presented show that it is necessary to invest in the scientific formation of the future professors, seeing that the conceptual problems of them can begin to exist reflected in the knowledge presented for the students. This way, if we don't invest in the teaching formation, the conceptual difficulties related to the chemical balance will be kept in the different levels of education.

Key words: electrical conductivity, teacher formation, conceptual difficulties.

Introdução

O tema condutividade elétrica tem sido objeto de discussão no âmbito da Didática das Ciências (BLACK, SOLOMON, 1987; ACEVEDO, 1990; DUPIN, JOSHUA, 1990; VASINI, DONATI, 2001; GALAGOVSKY, *et al.*, 2003; SOLOMON, *et al.*, 1985) abrangendo aspectos variados sobre concepções de estudantes, dificuldades conceituais, abordagens em livros didáticos, e outras.

No tocante as discussões que consideram as dificuldades conceituais dos alunos os resultados apontam que os mesmos não têm clareza do significado de corrente elétrica (CAMEL, 2006); tem pouco entendimento sobre a circulação da corrente na célula eletroquímica, conseqüentemente, apresentam erros conceituais sobre circuito elétrico e equações de oxi-redução em eletroquímica (GALAGOVSKY, *et al.*, 2003); não sabem explicar o movimento de cargas nas células (GARNETT, TREAGUST, 1992a); não tem clareza da natureza da corrente elétrica em condutores metálicos (GARNETT, TREAGUST, 1992b); não sabem apontar as diferenças fundamentais entre a pilha e a eletrólise em operação (OGUDE, BRADLEY, 1994).

A problemática que envolve o ensino sobre condutividade elétrica (CAMEL, 2006) e as aprendizagens sobre o mesmo (GARNETT, TREAGUST, 1992a, 1992b; SANGER, GREENBOWE, 1997, 1999) revelam preocupações com o conhecimento academicamente estruturado e apontam a responsabilidade dos futuros professores pela qualidade da formação científica adquirida no Ensino Médio. Tal responsabilidade compreende um relacionamento de dois níveis, com os mundos da escola e da universidade, o que expõe e notifica a formação inicial docente no sentido de capacitar o futuro professor para uma ação mediada mais efetiva nas aprendizagens escolares. São estas mediações que possibilitam ao sujeito apropriar-se de um saber e incorporá-lo em seu desenvolvimento a fim de gerar novos saberes. Todavia, um dos requisitos para que isso aconteça é o “domínio da matéria a ser ensinada” pelo professor (CARVALHO, GIL-PÉREZ, 1993). Nesse sentido, Jiménez e Bravo (2000, p. 538) argumentam que quando o conhecimento dos professores é fraco os mesmos:

têm mais idéias alternativas sobre conceitos científicos, o que reforça as próprias idéias alternativas dos estudantes; encontram dificuldades em realizar mudanças didáticas; evitam ensinar os temas que não dominam; têm insegurança e falta de confiança no ensino de Ciências; têm maior dependência do livro-texto, tanto na instrução, como na avaliação; dependem mais da memorização da informação; e podem fomentar atitudes negativas das Ciências nos estudantes.

Tendo por base as implicações de uma formação insuficiente no que se refere aos conteúdos científicos, este trabalho tem como propósito investigar e analisar os conhecimentos de futuros professores de Química sobre Condutividade Elétrica, identificando suas dificuldades e condicionantes. Para isso, foram tomados como referências principais os trabalhos de Caramel (2006) que investigou a interpretação que os alunos dão às reações de oxi-redução, responsáveis pela geração de corrente elétrica e como as relacionam com a circulação de corrente elétrica nos materiais, particularmente aos aspectos microscópicos relativos à movimentação dessas cargas; Garnett e Treagust (1992a); Ogude e Bradley (1994); Garnett, Garnett e Hackling (1995) e Sanger e Greenbowe (1999) que buscaram conhecer os modos de pensar dos alunos do Ensino Médio e do Ensino Superior a respeito de circuito elétrico, pilhas e eletrólise; Dupin e Joshua (1990) que pesquisou estudantes de um liceu de ensino geral sobre analogias que envolvem os conceitos de conduções térmicas e elétricas; Vasini e Donati (2001) que analisaram o uso de analogias adequadas como recurso didático para a compreensão de fenômenos eletroquímicos no nível universitário inicial; Bueso, Furió e Mans (1988), que investigaram as interpretações de alunos sobre reações de oxidação-redução como

processos em que há um intercâmbio eletrônico das espécies químicas reagentes; Scarincia e colaboradores (2003) que analisaram a compreensão do conceito de corrente elétrica, compreensão de um modelo de estrutura da matéria, de onde saíam os elétrons, os íons e a estrutura cristalina de um condutor e propuseram estratégias para a abordagem sobre corrente elétrica. Além destes, foram utilizados os livros texto de Brown, LeMay e Bursten (2007), Maia e Bianchi (2007) e Brady e Senese (2009), que são utilizados pelos alunos da Licenciatura em Química da universidade analisada.

Esperamos que este estudo subsidie os formadores de professores na organização, estruturação e apresentação da temática Condutividade Elétrica de modo a possibilitar um ensino mais eficaz sobre o assunto.

Metodologia

Um grupo de quinze estudantes, matriculados em disciplinas dos últimos períodos da graduação em Química - Licenciatura, de uma universidade federal, responderam um questionário com três questões. A primeira buscava verificar se o conteúdo sobre eletroquímica já havia sido estudado no ensino médio e na graduação e em quais disciplinas. A segunda questão apresentava um esquema (Figura 1) comumente encontrado em livros didáticos para a representação de uma pilha e as semi-reações envolvidas, onde era solicitada a indicação de alguns aspectos, como os pólos positivos e negativos, anodo e catodo, qual eletrodo sofria desgaste e a notação da pilha. Em seguida, na terceira questão, foi solicitado que fosse representado, por meio de um desenho, o que ocorria no esquema de funcionamento de uma pilha, nas placas de zinco e cobre, os íons envolvidos, o movimento dos elétrons, enfim, todos os aspectos (sub)microscópicos necessários ao entendimento do funcionamento da pilha. Durante o período de preenchimento do questionário, os graduandos não tiveram acesso a nenhum tipo de auxílio ou consulta às referências.

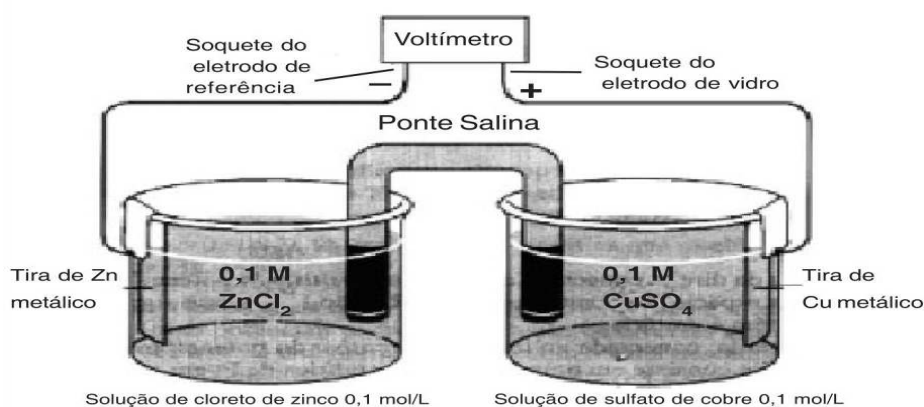


Figura 1: Esquema de uma pilha (Fonte: HARRIS, 2001), utilizado para ilustrar a segunda questão do questionário aplicado aos graduandos do curso de Química.

As questões foram lidas na íntegra, os desenhos foram digitalizados e atribuídos letras A, B, C... para que não fosse possível identificá-los e, assim, preservar a identidade dos envolvidos. O real objetivo do questionário era verificar o entendimento dos alunos sobre o funcionamento da pilha e por isso, as duas primeiras questões, serviram apenas para deixá-lo mais familiarizado com os aspectos envolvidos. Por isso, neste trabalho serão apresentados os resultados da análise da terceira questão a fim de verificar o entendimento do funcionamento da pilha ao nível (sub)microscópico.

A análise da terceira questão permitiu definir algumas categorias de classificação das respostas, tais como: *o que era esperado, sentido dos elétrons, os íons envolvidos no processo, aspectos macroscópicos e a ponte salina.* As respostas dos futuros professores

obtidas foram analisadas à luz de referenciais teóricos (BROWN, LeMAY, BURSTEN, 2007; MAIA, BIANCHI, 2007; BRADY, SENESE, 2009) e resultados de investigação sobre condutividade elétrica que fundamentaram esta pesquisa (CAMEL; PACCA, (2004); EYLON, GANIEL (1990) entre outros).

Resultados e discussão

Considerando o propósito desta investigação, foram elaboradas cinco categorias de classificação delineadas a partir das respostas à questão de estudo, que foram estruturadas nos seguintes itens: *o que era esperado, sentido dos elétrons, os íons envolvidos no processo, aspectos macroscópicos e a ponte salina.*

O que era esperado

Como foi solicitado que os estudantes representassem os aspectos (sub)microscópicos do que ocorriam nas diferentes partes da pilha, ou seja, que representassem uma visão ampliada das transformações, esperava-se algo parecido com o que está ilustrado na figura 2.

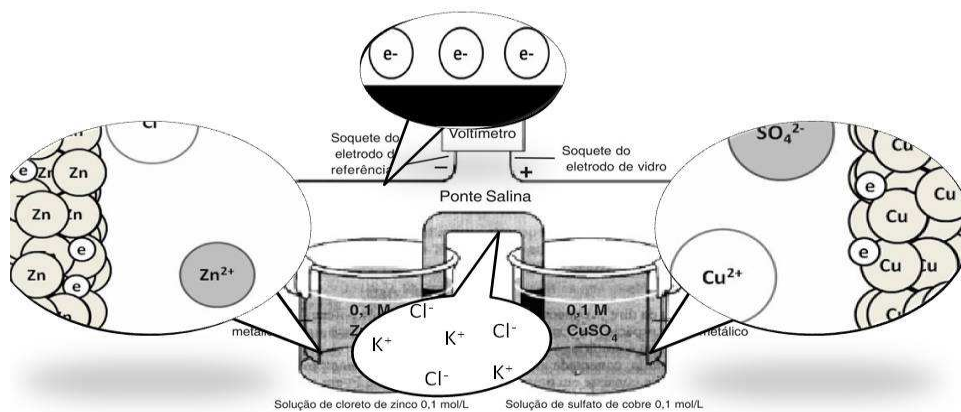


Figura 2: Representações esperadas para os fenômenos ocorridos nos dois eletrodos, zinco e cobre, anodo e catodo da pilha, respectivamente. Nesta figura, há também indicação do movimento dos elétrons no fio externo e dos íons na ponte salina.

Assim, na superfície do anodo, um átomo de zinco libera dois elétrons e transforma-se em um íon zinco (Zn^{2+}) entrando na solução. Os dois elétrons saem do anodo passando pelo fio em direção ao catodo. Esse movimento é espontâneo, devido à diferença de energia potencial entre os dois eletrodos. Na superfície do catodo, os dois elétrons reduzem um íon cobre (Cu^{2+}), da solução, a um átomo de cobre, que é depositado no catodo. Desta maneira, à medida que a pilha funciona, a placa de zinco é gasta (diminuindo sua massa) e aumentando a concentração de íons zinco em solução.

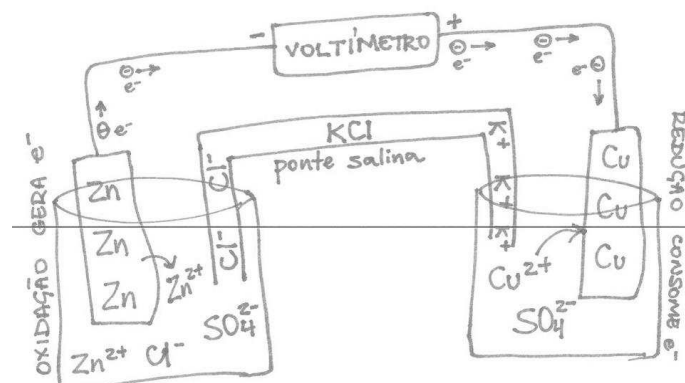


Figura 3: Representações do estudante J para o funcionamento da pilha.

Da mesma forma, a placa de cobre ganha um pequeno aumento de massa e, a concentração de íons cobre em solução irá diminuir. O fluxo de elétrons do anodo para o catodo só é possível se os íons forem transferidos através da ponte salina a fim de manter um balanço da carga total para cada um dos compartimentos. (BRADY; SENESE, 2009; BROWN, LeMAY, BURSTEN, 2007; MAIA; BIANCHI, 2007).

Nenhum dos estudantes representou estes aspectos com tantos detalhes. Alguns deles, como o caso do graduando J (Figura 3), chegaram a representar o processo de liberação dos elétrons, pelo eletrodo de zinco e, o recebimento destes elétrons pelos íons cobre, convertendo em cobre metálico. Porém, este estudante indicou a presença de íons sulfato em ambos os meios, o que só acontece na meia-pilha do cobre. É interessante perceber que na representação de J aparecem os principais elementos que serão discutidos a seguir, como a presença dos íons envolvidos, a ponte salina e o sentido dos elétrons. Isso mostra que o aluno J tem uma melhor compreensão dos aspectos microscópicos envolvidos no funcionamento da pilha.

Sentido dos elétrons

Dos quinze alunos que responderam ao questionário, doze (A, B, C, D, F, G, H, I, J, M, N e P) indicaram o sentido dos elétrons, como pode ser evidenciado na figura 4.

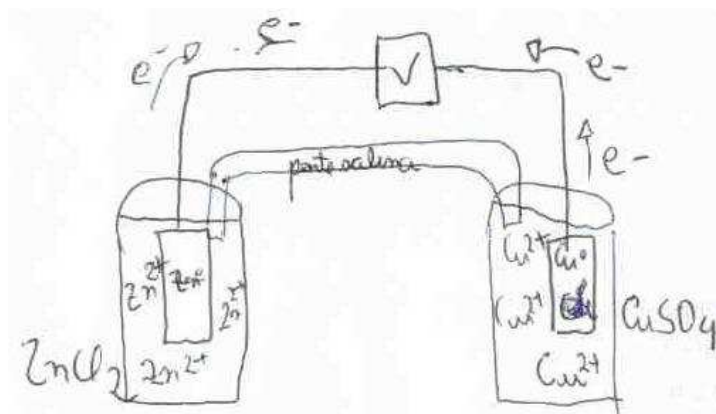


Figura 4: Representação do graduando D para explicação do fenômeno do funcionamento da pilha.

A indicação do sentido dos elétrons se mostrou uma questão delicada nesta análise. Os alunos A, H, J e N representaram os elétrons saindo do eletrodo de zinco em direção ao cobre. Já B, C, M e P indicaram o sentido contrário. Analisando os potenciais de redução¹ do cobre (+0,34V) e do zinco (-0,76V), informados na segunda questão do questionário, os estudantes poderiam verificar que o zinco tem uma tendência a perder elétrons e, conseqüentemente, o cobre teria tendência a receber estes elétrons. Assim, o caminho correto seria os elétrons saindo do eletrodo de zinco em direção ao eletrodo de cobre, como indicado por A, H, J e N. Os alunos F e G não mostraram o sentido dos elétrons, só indicando que os mesmos passavam pelo fio que unia os dois eletrodos. Porém como indicam que o eletrodo de zinco sofre corrosão, isso mostra que estes dois alunos acreditam que os elétrons saem deste eletrodo.

Do contrário, foi percebida uma concepção errônea na representação do aluno D que representou a saída de elétrons dos dois eletrodos (Figura 4), o que seria inviável, uma vez que para ocorrer a oxidação (perda de elétrons), precisaria necessariamente ocorrer a redução (recebimento de elétrons) de outra espécie. Esse tipo de representação não foi encontrado em outras pesquisas. Já os graduandos I e N, representaram os elétrons passando pela ponte

¹ Os valores de potencial padrão de redução refletem as propriedades redox das espécies envolvidas. “Assim, quanto mais positivo o valor de E^0 , mais forte é o agente oxidante (espécie que se reduz); complementarmente, quanto mais negativo for o valor de E^0 , mais forte será o agente redutor (espécie que se oxida).” (LOPES, 1996)

salina, que será discutida a seguir. É interessante destacar que o estudante O não representou o local por onde passam os elétrons, apenas indicou que uma das placas é positiva (Cu) e a outra negativa (Zn), como pode ser verificado na figura 5.

Apenas cinco estudantes (A, C, I, J e O) indicaram os pólos positivo (cobre) e negativo (zinco) da pilha. Tais indicações são características neste tipo de sistema, uma vez que os elétrons carregados negativamente fluem do anodo para o catodo, por isso o anodo é rotulado com um sinal negativo e o catodo com um sinal positivo. Porém, como destacam Brown, LeMay e Bursten (2007, p. 729), esses rótulos indicam simplesmente qual é o eletrodo o qual os elétrons são liberados para o circuito externo (o anodo) e recebido no catodo. As cargas reais nos eletrodos são praticamente zero.

A ponte salina

Uma ponte salina seria um tubo contendo uma solução constituída por íons não envolvidos na reação da pilha. Frequentemente utiliza-se nitrato de potássio e cloreto de potássio, este último é o que aparecia na representação feita na segunda questão apresentada aos estudantes. O tubo tem pontas porosas em cada extremidade que impedem o derramamento da solução, permitindo, ao mesmo tempo, que a solução na ponte salina troque íons com as soluções das meias-pilhas. Durante o funcionamento da pilha, os íons negativos podem se difundir a partir da ponte salina para a meia-pilha de zinco ou, em extensão muito menor, íons Zn^{2+} podem deixar a solução e entrar na ponte salina, uma vez que ela é permeável a ambas as espécies. Estes dois processos ajudam a manter a meia-pilha de zinco eletricamente neutra. Já meia-pilha de cobre, íons positivos da ponte salina, no caso, K^+ , podem entrar ou íons sulfato (SO_4^{2-}) podem, em pequena extensão, deixar a meia-pilha para entrar na ponte salina a fim de manter a meia-pilha eletricamente neutra (BRADY; SENESE, 2009).

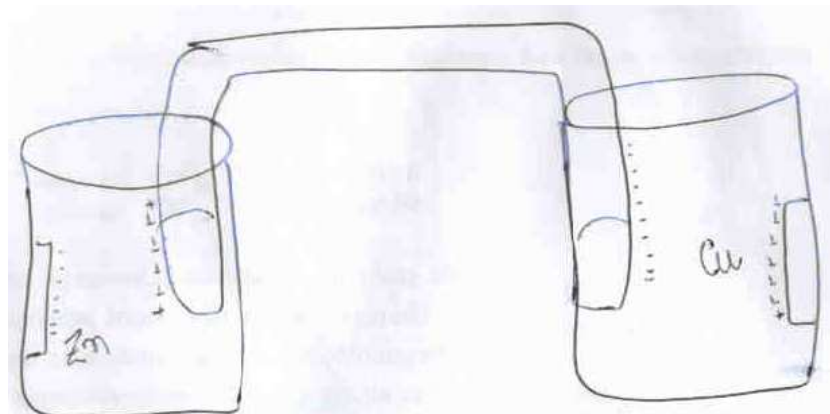


Figura 5: Representação do graduando O para o funcionamento da pilha, onde é possível verificar os sinais positivos e negativos pela ponte salina.

Apenas oito graduandos (D, F, G, H, I, J, N e O) representaram a ponte salina em suas respostas. Sem a ponte salina, a neutralidade elétrica não poderia ser mantida e nenhuma corrente elétrica poderia ser produzida na pilha. Portanto, o contato eletrolítico, que é aquele que ocorre por meio de uma solução que contenha íons, deve ser mantido para que a pilha funcione. Assim, estranha-se o fato de que, alunos da graduação em Química (46,6% dos que responderam ao questionário), representem o sistema sem a presença desse importante componente das pilhas.

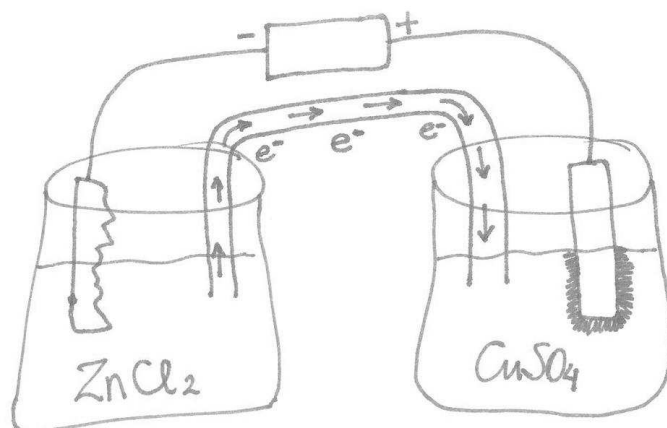


Figura 6: Representação do graduando I para o funcionamento da pilha, onde é possível verificar a passagem de elétrons pela ponte salina.

Dos que representaram a ponte salina, apenas cinco indicaram as espécies presentes nesta parte do sistema. O estudante G indicou apenas KCl, sem especificar que este sal estaria na forma iônica, como representaram os estudantes H e J, com os íons K^+ e Cl^- . O estudante O (Figura 5) representou vários sinais positivos e negativos no interior da ponte salina, sem especificar se seriam íons e quais seriam. Já os estudantes I (Figura 6) e N indicaram a passagem de elétrons pela ponte salina. O mesmo tipo de concepção alternativa foi percebido por Caramel e Pacca (2004). Estes autores perceberam que os estudantes consideravam a condução o movimento de elétrons no eletrólito ao invés de íons.

Parece que utilizam o modelo da condução em metal e assim, a corrente através da célula também é eletrônica. Por outro lado podem utilizar a idéia de que durante o funcionamento da pilha íons são atraídos para os eletrodos, não permanecendo em solução, então concluem que elétrons têm que conduzir corrente no eletrólito. (CAMEL; PACCA, 2004, p. 9).

Estes autores destacam ainda que, outra forma de se explicar esta concepção seria que o circuito precisaria estar fechado para que ocorresse a circulação da corrente. Assim os elétrons fecham o circuito atravessando a solução, passando pela ponte salina.

Os íons envolvidos no processo

Dos quinze estudantes que responderam ao questionário, dez (B, C, D, E, F, G, H, J, L e M) representaram os íons envolvidos no processo, como também pode ser observado nas figuras 3 e 4. Na figura 3, verifica-se a presença de íons sulfato (SO_4^{2-}) em ambos os lados da semi-célula e, na figura 4, o estudante D representou apenas os íons Zn^{2+} e Cu^{2+} em cada um dos lados. Já na figura 7, percebe-se que o graduando H indicou a existência dos íons Zn^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , Cu^{2+} , K^+ e Cl^- nas soluções.

Como no enunciado da questão, indicava que no compartimento da esquerda, tem-se uma placa de zinco metálico imersa em solução de cloreto de zinco ($ZnCl_{2(s)} \rightarrow Zn_{(aq)}^{2+} + 2Cl_{(aq)}^-$). Já no compartimento à direita, tem-se uma placa de cobre metálico imersa em solução de sulfato de cobre II ($CuSO_{4(s)} \rightarrow Cu_{(aq)}^{2+} + SO_{4(aq)}^{2-}$). Além disso, na ponte salina estava presente o cloreto de potássio ($KCl_{(s)} \rightarrow K_{(aq)}^+ + Cl_{(aq)}^-$) dissolvido, que tinha seus íons deslocados para ambos os compartimentos, para manter a neutralidade das cargas. Assim, no semicela da esquerda, encontram-se os íons Zn^{2+} e Cl^- . Já à direita, encontram-se os íons Cu^{2+} , SO_4^{2-} e K^+ (MAIA, BIANCHI, 2007).

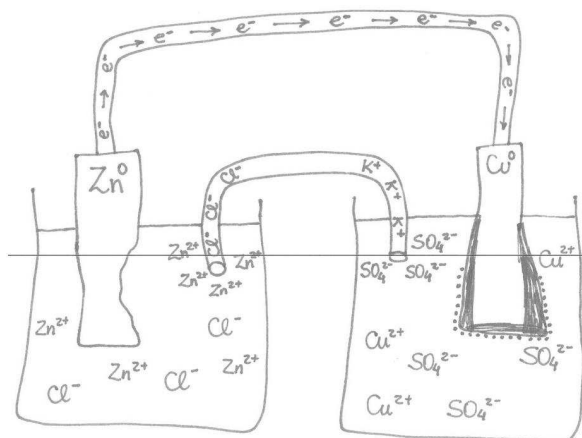


Figura 7: Representação do aluno H, onde se evidenciam as espécies iônicas envolvidas no processo

Este tipo de representação não foi comum a todos os estudantes. Por exemplo, L indicou apenas vários Cu e Zn nas respectivas soluções, mas sem indicar que estas espécies estavam na forma de íons. O mesmo tipo de respostas foi usado pelo aluno B. Já C, indicou apenas que os íons Zn^{2+} seriam atraídos para a placa negativa (sem indicar qual seria) e os íons sulfato (SO_4^{2-}), para a placa positiva – também sem indicação de qual eletrodo era este. Apenas o estudante F indicou que o eletrodo de zinco, ao perder elétrons, liberaria íons Zn^{2+} para a solução, enquanto os íons Cu^{2+} ao receberem elétrons, se converteriam a átomos de cobre metálico (Cu^0).

Aspectos macroscópicos

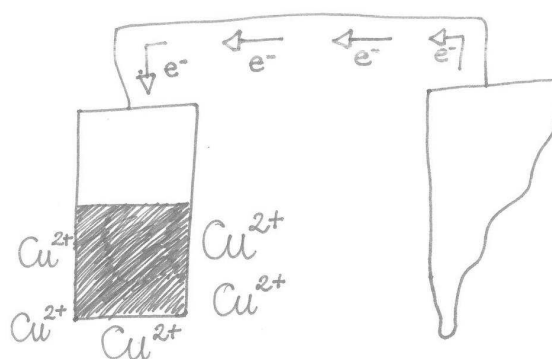


Figura 8: Representação do estudante M para o processo de corrosão de um dos eletrodos.

Ao serem solicitados a representar os aspectos microscópicos envolvidos obtivemos diferentes representações. Um grupo de sete estudantes (B, C, F, G, H, I e, M) fizeram menção a aspectos macroscópicos, como o desgaste ou o aumento da massa dos eletrodos. Os alunos F, G, H e I indicaram em seus desenhos que a placa de zinco sofre corrosão, enquanto a de cobre aumenta sua massa. Da mesma forma, na pesquisa realizada por Eylon e Ganiel (1990), os autores perceberam que os estudantes da escola secundária (17-18 anos) não conseguem relacionar as observações macroscópicas da corrente elétrica ao fenômeno microscópico de movimentação de cargas.

Além disso, três estudantes (B, C e M, como pode ser observado na figura 8) indicaram o contrário, ou seja, a placa de cobre sofreria desgaste, evidenciando uma concepção alternativa. Como o potencial padrão de redução do cobre é maior, os íons cobre (Cu^{2+}) receberão elétrons, convertendo-se a cobre metálico, o que ocasionaria um aumento na massa deste eletrodo. Ao lado da figura 8, o estudante M escreveu: “placa de cobre vai sendo degradada pela perda de elétrons” e “o Cu^{2+} vai sendo agregado na placa de zinco”. Neste

caso, além da idéia errônea de que o cobre perderia elétrons e, por isso seria degradado, o estudante M demonstrou uma confusão entre as soluções relacionadas aos recipientes onde estão mergulhados os eletrodos.

Cabe registrar que a pesquisa foi realizada apenas com estudantes da graduação, e que todos haviam cursado pelo menos duas disciplinas diferentes, como Química Geral, Físico-Química e Química Analítica, onde o tema fora trabalhado. Além disso, todos já freqüentaram as disciplinas pedagógicas, como Metodologia e/ou Instrumentação para o Ensino de Química, nas quais o uso de modelos pedagógicos para a explicação e representação de aspectos microscópicos é explorado pelos licenciandos.

Considerações Finais

A análise das respostas indicia que os futuros professores apresentam dificuldades em explicar o funcionamento das pilhas e representá-las ao nível microscópico, relacionando os metais, íons e elétrons envolvidos no processo. Os graduandos apresentam concepções alternativas em relação ao sentido dos elétrons na pilha, alguns desconsideram a necessidade da ponte salina, tem dificuldades em listar os íons existentes nos sistemas e ainda demonstram confusão entre as espécies que sofrem oxidação e redução.

Em consonância com outros estudos, foi possível perceber que os resultados são similares a outros encontrados para alunos do ensino médio e permitem inferir que os futuros professores possuem idéias/concepções muito próximas das dos alunos. Entre elas podemos citar as que se relacionam à ponte salina, ao sentido dos elétrons e aos íons envolvidos no funcionamento da pilha. Desse modo, as análises que apresentamos mostram-nos que são necessários investimentos na formação científica dos futuros professores, tendo em vista que os problemas conceituais dos mesmos podem passar a existir refletido nos conhecimentos apresentados pelos estudantes. Por isso, se não investirmos na formação docente, as dificuldades conceituais relacionadas aos processos de condução de corrente elétrica serão mantidas nos diferentes níveis de ensino.

Referências

- ACEVEDO, J. A. *Aportaciones acerca del aprendizaje por analogía: modelos conceptuales y analógicos de la corriente eléctrica, en Grupo Investigación en la Escuela. Cambio educativo y desarrollo profesional.* 1990.
- BLACK, D.; SOLOMON, J. *Can pupils use taught analogies for electric current? School and Science Review*, 1987, 68, p. 249-254.
- BRADY, J. E.; SENESE, F. **Química – a matéria e suas transformações**, v. 2, 5ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.
- BROWN, T. L.; LeMAY, H. E.; BURSTEN, B. E. **Química - a Ciência Central**, 9a. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.
- BUESO, A.; FURIÓ, C.; MANS, C. *Interpretación de las Reacciones de Oxidación Reducción por los Estudiantes. Primeros Resultados. Enseñanza de las Ciencias*, v.6, n. 3, p.244-248, 1988.
- CAMEL, N. J. C. **Conceitos de eletroquímica e a circulação de corrente elétrica. (Dissertação)** Instituto de Química USP, 2006.
- CAMEL, N. J. C.; PACCA, J. L. A. *As concepções da condução elétrica e o funcionamento da pilha.* In: **Anais do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física**, Jaboticatubas, 2004.
- CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. **Formação de professores de Ciências: tendências e inovações.** São Paulo: Cortez, 1993.

- DUPIN, J. J.; JOSHUA, S. *Una analogía térmica para la enseñanza de la corriente eléctrica en electricidad: descripción y evaluación*. **Enseñanza de las Ciencias**, 1990, 8(2), pp. 119-126.
- GALAGOVSKY, L.; RODRÍGUEZ, M. A.; STAMATI, N.; MORALES, L. F. *Representaciones mentales, lenguajes y códigos en la enseñanza de ciencias naturales*. Um ejemplo para el aprendizaje del concepto de reacción química a partir del concepto de mezcla. **Enseñanza de las Ciencias**, v.21, n. 1, 2003, p.107-121.
- GARNETT, P. J.; GARNETT, P. J.; HACKLING, M. *Students' alternative conceptions in chemistry: A review of research and implications for teaching and learning*. **Studies in Science Education**, v.25, 1995, p.69-95.
- GARNETT, P. J.; TREAGUST, D. F. *Conceptual difficulties experienced by senior high school students of electrochemistry: electrochemical (galvanic) and electrolytic cells*. **Journal of Research in Science Teaching**, v.29, n.10, p.1079-1099, 1992.
- GARNETT, P. J.; TREAGUST, D. F. *Conceptual difficulties experienced by senior high school students of electrochemistry: electric circuits and oxidation-reduction equations*. **Journal of Research in Science Teaching**, v.29, n.2, p.121-142, 1992.
- HARRIS, D. **Análise Química Quantitativa**. 5ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.
- JIMÉNEZ, V. M.; BRAVO, T. G. *La formación inicial del profesorado de ciencias*. In: PERALES, J.; CAÑAL, P. (Org.) **Didáctica de las ciencias experimentales**. Alcoy: Marfil, 2000. p. 535-581.
- LOPES, A. R. C. *Potencial de Redução e Eletronegatividade: obstáculo verbal*. **Química Nova na Escola**, 5, 1996. p. 21-23.
- MAIA, D. J.; BIANCHI, J. C. A. **Química Geral – Fundamentos**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.
- OGUDE, A. N.; BRADLEY, J. D. *Ionic conduction and electrical neutrality in operating electrochemical cells*. **Journal of Chemical Education**, v. 71, n. 1, p. 29-34, 1994.
- SANGER, M. J.; GREENBOWE, T. J. *Common student misconception in electrochemistry: galvanic, electrolytic and concentration cells*. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 34, n. 4, p. 377-398, 1997.
- SANGER, M. J.; GREENBOWE, T. J. *An analysis of college chemistry textbooks as sources of misconceptions and errors in Electrochemistry*. **Journal of Chemical Education**, v. 76, n. 6, p. 853-860, 1999.
- SCARINIA, A. L.; COSTA, R.; SHIMIZU, S.; PACCA, J. L. A. *Modelos Representacionais da Estrutura da Matéria e o Ensino de Eletricidade*. In: **Anais do XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física**, 2009.
- SOLOMON, J.; BLACK, P.; OLDHAM, V.; STUART, H. *The pupils view of electricity*. **European Journal of Science Education**, v. 7, n. 3, p. 281-294, 1985.
- VASINI, E. J.; DONATI, E. R. *Uso de analogias adequadas como recurso didático para La comprensión de los fenómenos electroquímicos en el nivel Universitario inicial*. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 19, n. 3, p. 471-477, 2001.