

AS LIMITAÇÕES DE ENSINO-APRENDIZAGEM ASSOCIADAS AO CONTEÚDO REDOX NOS EVENTOS BRASILEIROS

Keysy S. C. Nogueira, Luciane Fernandes de Goes

Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo, Brasil

Carmen Fernandez

Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo, Brasil

Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil

carmen@iq.usp.br

RESUMO: Este trabalho apresenta os desdobramentos de um estudo que mapeou as pesquisas entre os anos de 2000 a 2016 nos eventos científicos brasileiros ENEQ, EPPEQ, ENPEC e RASBQ que tiveram o conteúdo redox como foco de investigação. Nesta segunda etapa aqui apresentada analisaram-se os trabalhos catalogados, no sentido de mapear as dificuldades identificadas por seus autores em relação aos alunos, aos problemas presentes em livros didáticos e às limitações dos professores com o tema oxirredução. Em apenas 42 de 138 trabalhos os autores evidenciaram as limitações conceituais, entre elas compreender a simultaneidade das reações redox, diferenciar pilha de eletrólise, transpor os conceitos redox para outros temas. O principal público das investigações eram alunos do Ensino Médio e a estratégia de ensino mais adotada foi a experimentação.

PALAVRAS-CHAVE: estado da arte, reações redox, dificuldades de aprendizagem.

OBJETIVO: Mapear nos principais eventos científicos brasileiros da área de ensino as dificuldades relatadas pelos autores para o ensino e aprendizagem de reações redox.

MARCO TEÓRICO

Diversos pesquisadores dedicaram-se a estudar as problemáticas associadas ao ensino e aprendizagem de reações redox. A investigação de Soudani e colaboradores (2000) revelou que estudantes têm problemas em associar o conceito redox com a sua vivência diária. Para Garnett e Treagust (1992) alunos de Ensino Médio têm dificuldade em identificar o ânodo e cátodo e suas respectivas funções e o sentido da corrente elétrica em células eletroquímicas. Hudle e cols. (2000) adotaram um modelo computacional que pudesse trabalhar as concepções alternativas dos discentes em relação ao fluxo de corrente elétrica em eletroquímica. Para Ogude e Bradley (1994) as limitações conceituais dos alunos relacionadas ao conteúdo redox resultam no estabelecimento de dois cenários: o primeiro em que grande parte dos estudantes consegue resolver questões quantitativas sobre o conteúdo redox e o segundo, em que um número limitado de estudantes responde a questões qualitativas, por quererem um conhecimen-

to mais amplo e profundo do conteúdo. Além das dificuldades dos discentes, alguns professores, por considerarem o tema difícil de ensinar, deixam este conteúdo para o final do ano letivo, já sabendo que não haverá tempo hábil para trabalhá-lo (Sanjuan et al., 2009).

Grande parte das pesquisas encontradas retratam as problemáticas relacionadas ao ensino desse conteúdo fora do contexto brasileiro. O desejo de compreender a realidade em âmbito nacional levou a realizar o mapeamento de investigações que evidenciassem as dificuldades dos seus participantes com este conteúdo.

METODOLOGIA

A pesquisa figura como do tipo estado da arte (Teixeira e Megid Neto, 2012). Os trabalhos foram mapeados, nos eventos científicos: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química (RASBQ/Ensino), Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), Encontro Paulista de Pesquisa em Ensino de Química (EPPEQ¹) e Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ). A catalogação ocorreu no período de 2000 a 2016, por meio da disponibilidade das pesquisas nos sites e/ou CD-ROM dos eventos, sendo selecionadas as que permeavam as palavras-chave: reação redox, oxidação, redução, antioxidantes, radicais livres e eletroquímica nos campos: título, palavras-chave e resumo. Na segunda etapa, realizou-se a leitura dos 138 trabalhos catalogados, para identificar quais estudos discutiam as dificuldades vivenciadas por seus autores ao investigarem o processo de ensino/aprendizagem do conteúdo redox e suas principais estratégias de ensino.

RESULTADOS

Dos 138 trabalhos catalogados, apenas 42 (30%) relatavam as limitações dos participantes relacionadas ao ensino e a aprendizagem de reações de oxirredução. A seguir apresentaremos algumas dessas investigações, de modo a revelar as dificuldades e a estratégia de ensino adotada.

Cruz e cols. (2006) propondo acessar as limitações sobre reações redox de professores por meio de práticas experimentais, evidenciou que os docentes não compreendiam a simultaneidade das reações redox. Outros autores apontaram que os alunos não previam o acontecimento das reações redox ao compararem os potenciais de redução das espécies químicas (Bocanegra e Gazola, 2011), conceituavam erroneamente reação redox (Almeida et al., 2014), eletrólise (Barreto et al., 2014) e não entendiam que no cátodo ocorre a redução e no ânodo a oxidação (Moura et al., 2014).

Ao investigar a concepção de reações redox de licenciandos observou-se que estes não estabeleciam relações entre os conceitos de redox, de redução e de oxidação (Skeika et al., 2014). Pesquisadores investigaram a concepção de professores (Novais et al., 2014), professores e pós-graduandos (Oliveira e Torres, 2015) e alunos (Santos, Costa e Chaves, 2013) sobre radicais livres e antioxidantes por meio de questionários, os resultados denotaram que as concepções eram baseadas no senso comum.

Outros autores desenvolveram uma pesquisa sobre pilha, para tanto aplicaram um questionário sobre o tema à alunos do ensino médio. Os dados suscitam que os discentes não compreendem as reações químicas responsáveis pelo acendimento da lâmpada (Fontes, Lourenço e Messeder, 2012) e não compreendiam o seu funcionamento (Zittel, Milaré e Freire, 2011). Nesse mesmo sentido, licenciandos demonstraram outra incoerência conceitual ao reconhecerem a semirreação $Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$ como a que sofre redução, e a semirreação $Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Cu_{(s)}$ como a que sofre oxidação (Lima e Teixeira Júnior, 2014). Outro estudo evidenciou que alunos não conseguiam escrever

1. Não tivemos acesso aos anais do VIII EPPEQ (2015)

a reação redox entre o cobre e o zinco (Nascimento, Melo e Regiani, 2014). Para Soares, Müchen e Adaime (2014) os discentes não compreendem a linguagem representacional.

Gomes e Pereira (2014) estruturaram um Estudo de Caso para identificar as concepções de uma turma do Ensino Médio, sobre pilhas. Nos resultados os alunos demonstram não entender pilha e não adotam nos argumentos a palavra “elétron”.

Igné e cols. (2006) investigaram a concepção de alunos sobre reações redox e identificaram que os discentes assimilam erroneamente que quanto maior o valor do potencial de redução, maior seria a tendência de o átomo perder elétrons e que os elétrons fluíam através da ponte salina independentemente da espécie química correspondente.

Ao propor uma sequência de ensino, Nunes e cols. (2013) trabalharam com dois grupos: Grupo de Intervenção (GI) formado por 58 estudantes que participaram da sequência e Grupo Padrão (GP) constituído por 58 alunos que não participaram da sequência. Mediante a análise dos resultados, os discentes (43 do GI e 51 do GP) não conseguiram escrever a reação química do processo de eletrólise ígnea do Cloreto de Sódio. Silva, Silva e Souza (2014) aplicaram uma intervenção didática que possibilitasse a reestruturação de conceitos equivocados, os alunos participantes elencaram que os conceitos que haviam tido dificuldade permeavam: a natureza dos compostos iônicos e covalentes, número de oxidação, energia elétrica e térmica, semirreação e reação global, agente oxidante e redutor.

Em cursos de formação continuada, professores não compreendiam os conceitos de célula galvânica, célula eletrolítica, força eletromotriz e corrente elétrica (Goes et al., 2016). De modo semelhante, Goes, Fernandez e Agostinho (2016) ao avaliarem um questionário respondido por professores, constataram que os docentes demonstraram dificuldades em compreender o conceito de força eletromotriz e assimilaram erroneamente que as reações redox ocorrem somente com a participação do oxigênio.

Durante um minicurso sobre eletroquímica, os licenciandos não reconheciam a influência da concentração das soluções no funcionamento de uma pilha, o sentido do fluxo de elétrons nas mesmas e a função da ponte salina (Freire, Silva Júnior e Silva, 2011). Em um curso ministrado por licenciandos, discentes do Ensino Médio não conseguiam explicar a oxidação do metal na ausência de oxigênio (Bianchini e Zuliani, 2010).

Ao construir mapas conceituais, licenciandos expuseram limitações na escrita das semirreações e na semântica entre oxidante e oxidado (Masson et al., 2002) e os docentes não diferenciavam conceitos microscópicos e macroscópicos (Lima, Akahoshi e Marcondes, 2005).

Através da resolução de questões de vestibulares, autores investigaram as limitações dos discentes sobre eletroquímica. Os dados sinalizam dificuldades na escrita de reações redox (Barros e Braga, 2001) em virtude da leitura errada dos potenciais de redução (Barros, Silva e Ribeiro, 2003) e que os alunos têm dificuldades em compreender o termo “força redutora” (Melo, Sousa e Cintra, 2015).

Por meio de um teste, pesquisadores verificaram que 80% da classe não percebia a diferença entre receber e doar elétrons e a diferenciação entre pilha e eletrólise (Silva e Lopes, 2012). Locatelli e Arroio (2014) ao adotarem uma estratégia metavisual, evidenciaram que os discentes não conseguiam perceber a diferença de tamanho entre o cátion e o átomo.

De modo geral, as 42 investigações analisadas neste estudo tiveram como objetivo de pesquisa acessar as limitações associadas ao ensino e aprendizagem de reações redox, por meio da proposição de questionários, sequência de ensino, cursos de formação, entre outros. Na tabela 1 agruparam-se sucintamente as limitações associadas ao ensino redox identificadas na análise dos trabalhos catalogados neste estudo.

Tabela 1.
Principais dificuldades relacionadas ao ensino/aprendizagem de reações redox

Limitações	
Compreender a simultaneidade das reações redox	Aferir os produtos das reações redox.
Assimilar a transformação de energia química em energia elétrica	Calcular o número de oxidação das espécies envolvidas
Diferenciar pilha de eletrólise	Balancear as reações redox
Prever a reação química por meio da comparação dos potenciais de redução das espécies químicas	Reconhecer que no cátodo ocorre a redução e no ânodo a oxidação
Conceituar reações redox, eletrólise, radicais livres, Pilha de Daniell e antioxidantes	Detalhar os conceitos de atomística, em detrimento das reações redox
Compreender a ação antioxidante de alimentos	Estabelecer relações entre os conceitos redox
Assimilar as nomenclaturas, representações e simbologias químicas	Representação errônea da pilha de Daniell nos livros didáticos
Explicar a oxidação de um metal sem a presença de oxigênio, e como o processo de galvanização protege os metais	A concepção que os elétrons fluem através da ponte salina independentemente da espécie química correspondente
Assimilavam erroneamente que quanto maior o valor do potencial de redução, maior seria a tendência de o átomo perder elétrons, e que a espécie oxidante sofre oxidação	Natureza dos compostos iônicos e covalentes, eletronegatividade e polaridade, energia elétrica e térmica associada às transformações químicas
Falta de conexão entre os aspectos qualitativo e quantitativo	Inapropriação de conceito de íons e condutibilidade elétrica
Compreender a relação que existe entre os aspectos macroscópicos, microscópicos e simbólicos	Não compreendem o sinal positivo atribuído a quem perde e negativo a quem ganha elétrons
Reconhecer a influência da concentração das soluções no funcionamento das pilhas	Diferenciar o tamanho do cátion do átomo e empregar em seus argumentos a palavra elétron
Identificar os agentes oxidante e redutor	Transpor os conceitos redox para outros temas

CONCLUSÕES

Como descrito anteriormente apenas 42 trabalhos dos 138 catalogados descreveram as dificuldades dos participantes investigados em relação ao conteúdo redox e não apenas enumeraram as limitações apontadas. A análise do material catalogado suscita que, entre as principais dificuldades relacionadas ao ensino/aprendizagem de reações redox nos eventos RASBQ, ENPEC, EPPEQ e ENEQ entre os anos de 2000 a 2016 figuram compreender a simultaneidade das reações redox, diferenciar pilha de eletrólise, transpor os conceitos redox para outros temas. Tais dificuldades são semelhantes às encontradas na literatura internacional

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao financiamento da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP, processos nº 2013/07937-8, 2014/14356-4, 2016/08677-8 e 2016/16354-4.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, M.G.O. *et al.* (2014). Reação redox e diabetes: uma abordagem experimental e interdisciplinar. *Anais da 37ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*. Natal, 1.
- BARRETO, B.S.J., *et al.* (2014). Concepções dos alunos sobre célula galvânica e célula eletrolítica após experimentação para o ensino de eletroquímica. *Anais XVII Encontro Nacional de Ensino de Química*. Ouro Preto, 1503-1513.
- BARROS, H.I.C. e BRAGA, D.M. (2001). Dificuldades de aprendizagem em eletroquímica: investigação de três questões de vestibulares da UFMG. *Anais 24ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*. Poços de Caldas, 1.
- BARROS, H.L.C., SILVA, P.S. e RIBEIRO, P.E.A. (2003). Ensino de Eletroquímica: Relação entre os Aspectos Representacional e Fenomenológico. *Anais 26ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*. Poços de Caldas, 1.

- BIANCHINI, T.B. e ZULIANI, S.R.Q.A. (2010). Utilizando a Metodologia Investigativa para diminuir as distâncias entre os alunos e a Eletroquímica. *Anais XV Encontro Nacional de Ensino de Química*. Brasília, 1-12.
- BOCANEGRA, C.H. e GAZOLA, R.J.C. (2011). O uso da eletroquímica em um experimento investigativo: relato de uma atividade de ensino. In: *Anais VI Encontro Paulista de Ensino de Química*. São Carlos, 1.
- CRUZ, Â.C. *et al.* (2006). Eletroquímica: uma abordagem experimental em nível do Ensino Médio. *Anais XIII Encontro Nacional de Ensino de Química*. Campinas, 1.
- FREIRE, M.S., SILVA JÚNIOR, C.N.S. e SILVA, M.G.L. (2011). Dificuldades de aprendizagem no ensino de eletroquímica segundo licenciandos de química. *Anais VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Campinas, 1.
- GARNETT, P.J. e TREAGUST, D.F. (1992). Conceptual difficulties experienced by senior high school students of electrochemistry: electrochemical (galvanic) and electrolytic cells. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(10), 10799.
- GOES, L. F. *et al.* (2016). Reflexos de um curso de formação contínua em Eletroquímica em um grupo de professores do Ensino Médio. *Anais 39º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*. Goiânia, 1.
- GOES, L. F., VAIOLETTE, FERNANDEZ, C. e AGOSTINHO, S. M. L. (2016). Concepções e dificuldades de um grupo de professores de química sobre conceitos fundamentais de eletroquímica. *Anais XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química*. Florianópolis, 1-12.
- Gomes, J.N. e Pereira, L.L.S. (2014). As concepções sobre pilhas no âmbito de um curso técnico em química em Goiás. *Anais XVII Encontro Nacional de Ensino de Química*. Ouro Preto, 1-10.
- HUDLE, P.A., WHITE, M.D. e ROGER S, F. (2000). Using a teaching model to correct known misconceptions in electrochemistry. *Journal of Chemical Education*, 77(1), 104-110.
- IGNE, M.C.I. *et al.* (2006). Investigando as Concepções Alternativas dos Estudantes sobre Eletroquímica. *Anais XIII Encontro Nacional de Ensino de Química*. Campinas, 1-8.
- LIMA, J.C. e TEIXEIRA JÚNIOR, J.G. (2014). Análise das dificuldades conceituais dos alunos do Ensino Médio sobre o conteúdo de Eletroquímica. *Anais XVII Encontro Nacional de Ensino de Química*. Ouro Preto, 3720.
- LOCATELLI, S.W. e ARROIO A. (2014). Estratégia metavisual no auxílio a reconhecer submicroscopicamente diferenças de tamanho (átomo/cátion) numa interação eletroquímica. *Anais XVII Encontro Nacional de Ensino de Química*. Ouro Preto, 959.
- LIMA, V.A., AKAHOSHI, L.H. e MARCONDES, M.E.R. (2005). Análise de mapas conceituais elaborados por professores de química para o ensino de eletroquímica. *Anais V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Bauru, 1-10.
- MASSON, N.C. *et al.* (2002). Avaliação dos conceitos relacionados às reações de oxidação-redução utilizando mapas conceituais. *Anais 25º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*. Poços de Caldas, 1.
- MELO, B. M. N., SOUSA, E.C. e CINTRA, E. P. (2015) Análises estatística e pedagógica de itens envolvendo conceitos de eletroquímica do ENEM (2009 a 2013). *Anais 38º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*. Águas de Lindoia, 1.
- MOURA, A.L. *et al.* (2014). Experimentação no Ensino de Eletroquímica: Pilha e Eletrolise. *Anais XVII Encontro Nacional de Ensino de Química*. Ouro Preto, 4324.
- NASCIMENTO, M.G.S., MELO, N.M.C.O. e REGIANI, A.M. (2014). Usando pilhas e baterias, instrumentos facilitadores de aprendizagem para o Ensino Médio. *Anais XVII Encontro Nacional de Ensino de Química*. Ouro Preto, 3283-3292.
- NOVAIS, R.M., VAIOLETTE, L., AGOSTINHO, S.M. e FERNANDEZ, C. (2014). Concepções de professores de Química da Educação Básica sobre “radicais livres” e “antioxidantes”. *Anais 37º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*. Natal, 1.

- NUNES, C.T.S. *et al.* (2013). O ensino de Eletroquímica: desenvolvimento, aplicação e validação de uma Sequência de Ensino Aprendizagem. *Anais IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Águas de Lindoia, 1-8.
- OGUDE, A.N. e BRADLEY, J.D. (1994). Ionic conduction and electrical neutrality in operating electrochemical cells. *Journal of Chemical Education*, 71(1), 29-34.
- OLIVEIRA, R.S.A. P. e TORRES, B. B. (2015) Conceitos alternativos sobre radicais livres em pós-graduandos e professores de Ensino Médio de escolas públicas. *Anais X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Águas de Lindoia, 1-8.
- SANJUAN, M.E.C. *et al.* (2009). Maresia: Uma Proposta para o Ensino de Eletroquímica. *Química Nova na Escola*, 31(3), 190-197.
- SILVA, H.M.N., SILVA, A.C. e SOUZA, J.P.I. (2014). A Intervenção Didática Dialógica como Proposta Motivacional no Ensino de Eletroquímica. *Anais XVII Encontro Nacional de Ensino de Química*. Ouro Preto, 3607.
- SILVA, P.R. e LOPES, J.G.S. (2012). Proposta de um jogo pedagógico para o ensino de eletroquímica. *Anais XVI Encontro Nacional de Ensino de Química*. Salvador, 1.
- SKEIKA, T. *et al.* (2014). O conteúdo de oxidação e redução na visão dos Bolsistas do PIBID de Química. *Anais VII Encontro Nacional de Ensino de Química*. Salvador, 3942.
- SOARES, A.B., MÜNCHEN, S. e ADAIME, M.B. (2014). O desbotamento do jeans como possibilidade de abordagem de reações de oxirredução. *Anais XVII Encontro Nacional de Ensino de Química*. Ouro Preto, 1607-1618.
- SOUDANI, M. *et al.* Transferring knowledge from the classroom to the real world: redox concepts. *School Science Review*, 82(298), 2000.
- TEIXEIRA, P.M.M. e MEGID NETO, J. (2012). O estado da arte da pesquisa em ensino de Biologia no Brasil: um panorama baseado na análise de dissertações e teses. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), 273-297.
- ZITTEL, R., MILARÉ, T. e FREIRE, L.I.F. (2011). Ensino de Eletroquímica: algumas dificuldades de estudantes. *Anais 34º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*. Florianópolis, 1.