

Potencial de Redução e Eletronegatividade obstáculo verbal

Alice Ribeiro Casimiro Lopes

A seção “Conceitos Científicos em Destaque” engloba artigos que abordam de forma nova e/ou crítica conceitos químicos ou de interesse dos químicos.

Neste artigo, são discutidos os chamados obstáculos verbais à compreensão dos conceitos científicos e o processo de mediação didática da ciência, especialmente no que se refere ao tratamento conferido aos conceitos de eletronegatividade e potencial padrão de redução.

► obstáculos verbais, mediação didática, eletronegatividade, potencial padrão de redução ◀

Em nossas aulas de Química, trabalhamos com diferentes conceitos que nem sempre são objetos de uma devida análise. Tendemos a abordá-los como equivalentes a definições, capazes, no máximo, de permitir a instrumentalização dos estudantes para resolução de exercícios esquemáticos. Nesse processo, o conceito científico é retirado de seu contexto original e traduzido para o contexto escolar de forma empobrecida ou mesmo equivocada. Por outro lado, diferen-

tes conceitos que se inter-relacionam são tratados de forma desconexa, como se nada tivessem em comum.

Muitos desses problemas originam-se das inúmeras diferenças entre o contexto da produção científica e o contexto escolar. O contexto de produção científica é um contexto em que o erro possui uma função positiva. Nesse caso, o erro não é um acidente lamentável, uma imperícia a ser evitada ou uma anomalia a ser extirpada. Ao contrário, a construção do conhecimento científico é um processo de produção de verdades provisórias, verdades essas que são elaboradas a partir da superação dos primeiros erros. Assim sendo, o erro possui um caráter construtivo na ciência: preci-

samos errar para, a partir da retificação de nossos erros, construir as verdades científicas. Dessa forma, a própria questão da verdade se modifica. Não devemos nos referir à verdade como algo que se alcança em definitivo. Podemos falar **das verdades**, múltiplas, históricas, proposições que só adquirem sentido a partir de uma polêmica capaz de retificar os primeiros erros.

Assim, quando nos referimos a uma verdade como científica, devemos ter em mente seu caráter provisório: a permanência, a resistência à mudança e à retificação **não** são atributos científicos.

O contexto escolar, ao contrário, trabalha com conceitos científicos como produtos de outras instâncias (centros de pesquisa) e como se fossem verdades definitivas. Ou seja, o contexto escolar tende a deslocar os elementos do conhecimento científico das questões que ele permite resolver e dos conceitos com os quais constitui uma rede relacional. O saber ensinado acaba por aparecer como um saber sem produtor, sem origem, sem lugar, transcendente ao tempo.

Um dos aspectos que reforçam esse processo é a necessidade de tradução da linguagem formal da ciência em linguagem não-formal, no ensino

médio. A linguagem matemática, constitutiva da maioria dos conceitos científicos, tem de ser traduzida em linguagem não-formal, um discurso ao qual a multiplicidade de sentidos, o caráter ideológico e histórico são elementos intrínsecos.

Contudo, não devemos, obrigatoriamente, considerar o contexto escolar apenas como um campo de reprodução do conhecimento científico sujeito a equívocos, cabendo ao discurso científico a produção do conhecimento. O processo de mediação didática efetuado na escola é capaz de promover a (re)construção dos conceitos científicos, de forma a facilitar o processo de ensino-aprendizagem, sem a veiculação de equívocos conceituais. Isso será possível desde que estejamos atentos à gênese dos conceitos e à necessidade de superação dos **obstáculos epistemológicos**, obstáculos ao desenvolvimento e ao entendimento do conhecimento científico, inerentes ao próprio conhecimento.

Um dos aspectos centrais que precisamos considerar em nossos processos de mediação didática é a superação dos **obstáculos verbais**, obstáculos associados à linguagem.

O processo de mediação didática, ao retirar os conceitos científicos do contexto histórico de sua produção e limitá-los a definições restritas, gera obstáculos à compreensão desses mesmos conceitos

A partir de Bachelard (1972), podemos concluir que a ciência promove permanentes revoluções nos significados dos termos científicos. Uma nova teoria científica muitas vezes utiliza os mesmos termos já empregados por teorias distintas, porém com outros

significados. Assim, em uma análise da linguagem científica, podemos constatar as rupturas existentes entre diferentes teorias, não apenas na sucessividade, mas também na simultaneidade temporal. Portanto, a desatenção ou descaso para com o novo sentido de um termo nos limites de uma nova teoria constitui por si só um obstáculo à compreensão do conhecimento científico: um obstáculo verbal.

Nos limites deste artigo, analisaremos um exemplo de obstáculo verbal freqüente no ensino de Química: o tratamento conferido aos termos **eletro-negatividade** e **potencial padrão de redução**. A partir desse exemplo, discutiremos o processo de mediação didática associado a esses conceitos.

Eletro-negatividade e potencial padrão de redução: atração por elétrons?

Quando ensinamos as propriedades periódicas dos elementos para nossos alunos e nossas alunas do ensino médio, tendemos a definir **eletro-negatividade** como *a capacidade que um átomo possui de atrair elétrons para perto de si, em comparação a outro átomo* (Fonseca, 1992: 78) ou ainda como *a tendência que os átomos possuem de receber elétrons no seu nível mais externo, na formação de uma ligação com outros átomos* (Politi, 1992:75). De uma maneira geral, seguimos os livros didáticos e não distinguimos em que circunstâncias são obtidos os valores de eletro-negatividade, não analisamos que se trata de uma *grandeza associada à tendência* de um átomo atrair elétrons para si *numa ligação covalente*, ainda que posteriormente utilizemos a eletro-negatividade na análise da polaridade das ligações químicas.

Por sua vez, no trabalho com a Eletroquímica, abordamos o conceito de potencial padrão de redução e, se não formos cuidadosos, mais uma vez limitaremos sua definição à atração por elétrons: *cobre tem maior potencial padrão de redução porque tem maior atração por elétrons*. Em alguns casos, a desconsideração da diferença conceitual entre eletro-negatividade e potencial padrão de redução é diretamente explicitada: ao longo da história do ensino de química, autores de livros

didáticos vêm afirmando que a fila das tensões eletrolíticas (potenciais padrão de redução) **representa** a ordem crescente de eletro-negatividade ou que a eletro-negatividade se associa ao poder oxidante ou redutor, ou à reatividade, característica indicada pelo potencial padrão de redução (como exemplo citamos, Carvalho, 1978; Feltre & Yoshinaga, 1977; Politi, 1992).

Fica evidente, portanto, que há uma certa confusão entre esses dois conceitos - **potencial padrão de redução** e **eletro-negatividade**. Para gerar ainda maiores dúvidas, muitos se apegam às comparações entre os valores dessas grandezas para alguns elementos como comprovantes da relação direta entre **eletro-negatividade** e **potencial padrão de redução**. Constatam que o cobre possui eletro-negatividade igual a 1,90 e o zinco possui eletro-negatividade igual a 1,65, com potenciais padrão de redução, respectivamente, iguais a 0,340 V e -0,763 V, e julgam que comprovam a afirmação de que quanto maior a eletro-negatividade, maior o potencial padrão de redução. Não atentam para o fato de que o lítio tem eletro-negatividade igual a 0,98 e potencial padrão de redução igual a -3,040 V, enquanto o sódio tem eletro-negatividade igual a 0,93 e potencial padrão de redução igual a -2,713 V.

Ou que cobre e prata têm eletro-negatividades muito próximas (1,90 e 1,93, respectivamente) e potenciais padrão de redução muito distintos (0,340 V e 0,799 V, respectivamente)¹.

Problemas como esse são exemplos de como o processo de mediação didática, ao retirar os conceitos científicos do contexto histórico de sua produção e limitá-los a definições restritas, gera obstáculos à compreensão desses mesmos conceitos. No presente exemplo, promove-se a confusão entre os dois conceitos, gerando os obstáculos verbais. Por outro lado, se analisarmos detidamente as diferenças entre esses conceitos, podemos compreender porque esses equívocos perderam e encontrar meios para superá-los.

Diferenciação dos conceitos de eletro-negatividade e potencial padrão de redução

Os conceitos de eletro-negatividade e potencial padrão de redução possuem uma história com pontos de contato passíveis de provocar confusões, quando não se está atento às rupturas ocorridas na linguagem científica. Berzelius, ao desenvolver a teoria eletroquímica de ligação (também conhecida como teoria dualística), também organizou os corpos simples em ordem decrescente de eletro-negatividade, sendo essa série definida em função da maneira como os elementos se ligam nos compostos (Rheinboldt, 1988). Apesar da série de Berzelius ser bastante análoga à série eletroquímica atual, o conceito de eletro-positividade/eletro-negatividade de Berzelius era muito diferente dos atuais conceitos de potencial padrão de redução ou de eletro-negatividade. Isso porque esta era

definida em função da polaridade predominante da carga elétrica associada aos diferentes elementos, polaridade esta determinada por meio de eletrólise (em função do eletrodo, positivo ou negativo, no qual o elemento era liberado). Nesse sentido, estaria mais próxima de nossos atuais conceitos de carga e dipolo. Assim,

Berzelius, ao afirmar que o oxigênio era o elemento mais eletro-negativo ou que o potássio era o elemento mais eletro-positivo, visualizava seus átomos como carregados com as maiores polaridades negativa ou positiva, respectivamente.

O sentido hoje conferido ao termo eletro-negatividade é totalmente diverso: representa a tendência que um átomo tem de atrair elétrons para si numa ligação química covalente numa molécula isolada. São muitas as formas de cálculo da eletro-negatividade dos elementos, mas se considerarmos como exemplo a mais comum delas, a eletro-negatividade de Pauling, podemos compreender claramente essa diferenciação de conceitos. Pauling propôs sua escala de eletro-negatividade levando em conta

Existe, sim, um desconhecimento da gênese histórica dos conceitos, ou (...) uma despreocupação com relação aos erros que certamente serão induzidos no estudante pelo fato de não ser explicitado o processo de construção dos conceitos

que a energia de ligação de uma molécula gasosa binária A-B é igual à soma da média aritmética das energias de ligação (D) das moléculas gasosas A-A e B-B com o quadrado da diferença entre as eletronegatividades dos átomos A e B (x_A e x_B , respectivamente), isto é:

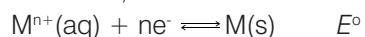
$$D_{(A-B)} = [D_{(A-A)} + D_{(B-B)}] + k(x_A - x_B)^2$$

sendo que, quando as energias de ligação são expressas em kJ mol^{-1} , a constante k é igual a $96,5 \text{ kJ mol}^{-1}$.

Com essa fórmula, é possível calcular diferenças de eletronegatividade; a seguir, fixando um valor arbitrário para uma delas (por exemplo, 2,1 para o hidrogênio), é possível obter os valores das outras. O valor de k foi escolhido por Pauling de modo que o valor da diferença de eletronegatividades correspondesse, aproximadamente, ao valor numérico do momento dipolar da molécula quando expresso em debyes ($1 \text{ D} = 3,3356 \times 10^{-30} \text{ C m}$).

Como as energias de ligação se referem a moléculas no estado gasoso, a eletronegatividade também se refere a moléculas isoladas.

O potencial padrão de redução, ao contrário da eletronegatividade, é uma propriedade de um sistema macroscópico, no equilíbrio. Para um par redox metálico, tem-se:



Os valores de potencial padrão de redução refletem somente as propriedades redox das espécies envolvidas, nada tendo a ver com a eletronegatividade. Assim, quanto mais positivo o valor de E° , mais forte é o agente oxidante (espécie que se reduz); complementarmente, quanto mais negativo for

o valor de E° , mais forte será o agente redutor (espécie que se oxida). Por isso afirmamos que, numa tabela de potenciais padrão de redução, o poder oxidante dos reagentes aumenta à medida que E° se torne mais positivo.

Por sua vez, ao contrário do afirmado na maioria dos livros didáticos de Química, os valores de potenciais padrão de redução não são obtidos por uma medida experimental direta. Eles são obtidos indiretamente, por extrapolação, a partir de um gráfico adequado, montado com base em valores de potenciais de eletrodo obtidos para soluções diluídas da espécie $M^{n+}(aq)$, por exemplo. Em alguns casos, como por exemplo, para o par $Na^+(aq)/Na(s)$, a obtenção do valor de E° acarreta complicações adicionais, já que um eletrodo de sódio não é estável em contato com a água.

Por conseguinte, o conceito de potencial padrão de redução não tem nenhuma relação direta com o conceito de eletronegatividade. A gênese desses conceitos é desprezada frequentemente em nossas aulas e nos livros didáticos. Conseqüentemente, evidencia-se o obstáculo verbal pelo não entendimento da alteração do significado científico do termo eletronegatividade no decorrer da história da ciência, ocasionando sua equiparação ao potencial padrão de redução.

Conclusões

É importante constatarmos que a problemática conceitual aqui abordada não é meramente uma questão de equívoco conceitual, gerado pelo desconhecimento químico. Existe, sim, um

desconhecimento da gênese histórica dos conceitos, ou ainda, apesar desta gênese ser conhecida, uma despreocupação com relação aos erros que podem ser induzidos no estudante pelo fato de não ser explicitado o processo de construção dos conceitos.

Uma das formas de superar esses problemas está na preocupação com a análise mais ampla do conceito, seu processo histórico de produção. Por outro lado, devemos estar atentos à forma como os valores de uma grandeza são obtidos. Precisamos conferir maior atenção à precisão dos conceitos, inclusive atentando para as mudanças de significado que os termos sofrem ao longo da história das ciências. Assim, poderemos contribuir para que o processo de mediação didática produzido no contexto escolar procure evitar a construção de equívocos e obstáculos à compreensão do conhecimento científico.

Agradecimento

Agradeço às sugestões do prof. Romeu C. Rocha-Filho para a elaboração deste artigo.

Alice Ribeiro Casimiro Lopes é doutora em Educação pela Universidade Federal do Rio de Janeiro e professora da Escola Técnica Federal de Química e da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Notas

¹ Os dados de eletronegatividade (escala de Pauling) foram obtidos da Classificação Periódica dos Elementos publicada pela SBQ (1995) e os de potencial padrão de redução, do livro de Emsley (1995).

Referências Bibliográficas

- BACHELARD, Gaston. *Le matérialisme rationnel*. Paris: Presses Universitaires de France, 1972. Tradução por Elsa de Laguzzi e Norma Castrillón. *El materialismo racional*. Buenos Aires: Paidós, 1976.
- CARVALHO, Geraldo Camargo de. *Química moderna*. São Paulo: Nobel, 1978. v. 2.
- EMSLEY, John. *The elements*. 2ª ed. Oxford: Clarendon Press, 1995.
- FELTRE, Ricardo & YOSHINAGA, Setsuo. *Química: segundo grau*. São Paulo: Moderna, 1977. v. 1.
- FONSECA, Martha Reis M. da. *Química Geral*. São Paulo: FTD, 1992.
- PARENTE, Letícia T. de S. *Eletronegatividade*. Fortaleza: Imprensa Universi-

tária do Ceará, 1969.

POLITI, Elie. *Química: curso completo*. São Paulo: Moderna, 1992.

RHEINBOLDT, Heinrich. *História da balança. A vida de J.J. Berzelius*. São Paulo: Nova Stela / EDUSP, 1988.

Para saber mais

COMPTON, Richard G. & SANDERS, Giles H. W. *Electrode potentials*. Oxford: Oxford University Press, 1996.

LOPES, Alice R. C. Livros didáticos: obstáculos ao aprendizado da ciência química I - obstáculos animistas e realistas. *Química Nova*, São Paulo, v. 15, n. 3, p. 254-261, 1992.

_____. Livros didáticos: obstáculos verbalistas e substancialistas ao aprendi-

dizado da ciência química. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, Brasília, v. 74, n. 177, p. 309-334, maio/ago., 1993.

_____. Conhecimento escolar: quando as ciências se transformam em disciplinas. Tese de Doutorado. Faculdade de Educação, UFRJ, 1996.

MACHADO, Andréa Horta & MOURA, André Luís. Concepções sobre o papel da linguagem no processo de elaboração conceitual em Química. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 2, p. 27-30, nov., 1995.

MORTIMER, Eduardo & MACHADO, Andréa Horta. As linguagens na sala de aula de Química/Ciências. *VIII ENEQ - Caderno de Resumos e Anais*. Campo Grande, julho de 1996, p. 28-37.