

Modelos de reações redox: uma análise em livros didáticos de química

Models of redox reactions: an analysis in chemistry textbooks

Anike Araujo Arnaud

Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências
Universidade de São Paulo
anikearnaud@usp.br

Carmen Fernandez

Instituto de Química, Departamento de Química Fundamental
Universidade de São Paulo
carmen@iq.usp.br

Resumo

O estudo da oxirredução faz parte dos currículos brasileiros e está presente em livros didáticos e outros materiais. Porém, a literatura aponta para a presença de quatro modelos (oxigênio, hidrogênio, transferência eletrônica e número de oxidação) que podem ser usados para definir e explicar uma reação redox, sendo que utilizar mais de um sem justificativa pode causar dificuldades nos alunos. Diante disso, o objetivo deste estudo é investigar quais modelos redox estão presentes nos livros do PNL D 2018 e se há justificativa para a presença deles. A investigação consistiu na análise de conteúdo de trechos de livros de química nas quais tem-se a definição de uma reação redox. A análise revelou que todas as coleções utilizam o mesmo modelo (transferência eletrônica) ao definir, mas sobrepõem dois modelos, embora alguns autores apontem a inconsistência dessa sobreposição. Conclui-se sobre a importância do entendimento dos limites de cada modelo no processo de ensino-aprendizagem.

Palavras chave: oxirredução, modelos didáticos, PNL D 2018

Abstract

The study of oxirreduction is part of Brazilian curricula and is present in textbooks and other materials. However, the literature points to the presence of four models (oxygen, hydrogen, electron transfer and oxidation number) that can be used to define and explain a redox reaction. Using more than one without justification can cause conceptual confusion in students. Therefore, the aim of this study is to investigate which redox models are present in the PNL D 2018 books and whether there is justification for their presence. The investigation consisted of the content analysis of excerpts from chemistry textbooks in which there is the definition of a redox reaction. The analysis revealed that all collections use the same model (electron transfer) when defining, but overlap two models, although some authors point out the inconsistency of this overlap. It concludes about the importance of understanding the limits of each model in the teaching-learning process.

Key words: oxirreduction, didactic models, PNLD 2018.

INTRODUÇÃO

As reações redox são uma classe de reações químicas em que vários exemplos podem ser encontrados no cotidiano, por exemplo: as reações de combustão, da ferrugem, a fotossíntese, o metabolismo de alimentos, a extração e corrosão de metais, a respiração celular, a queima de combustíveis fósseis, a produção de ATP, o processo de revestimento de objetos com metais, as pilhas e baterias que movimentam os brinquedos e eletrônicos, entre outros.

Devido a isso, o conteúdo de oxirredução vem sendo ensinado nas escolas de educação básica e contemplado nos principais documentos norteadores de ensino ao longo da história. Além dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) (BRASIL, 2002) e das Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (2006) explicitarem as competências vinculadas ao ensino das reações redox, recentemente a Base Nacional Comum Curricular propõe que seja desenvolvida, no ensino médio, a habilidade de:

Realizar previsões qualitativas e quantitativas sobre o funcionamento de geradores, motores elétricos e seus componentes, bobinas, transformadores, pilhas, baterias e dispositivos eletrônicos, com base na análise dos processos de transformação e condução de energia envolvidos – com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais –, para propor ações que visem a sustentabilidade. (BRASIL, 2018, p. 555)

Contudo, as reações redox são consideradas difíceis de aprender (OGUDE, BRADLEY, 1994; KLEIN, BARBRANTE, 2017), difíceis de ensinar (De JONG, ACAMPO, VERDONK, 1995). Tais dificuldades podem advir de um ensino fragmentado e da utilização de mais de um modelo redox, sem explicar a transição entre eles (ÖSTERLUND, 2010).

Em virtude disso, propõe-se investigar quais modelos redox são utilizados por autores dos livros didáticos de química do Programa Nacional do Livro Didático de 2018. Nesta investigação, os trechos selecionados permitiram inferir se há utilização de mais de um modelo e como os autores explicam tal transição.

Modelos Didáticos Redox

A literatura apresenta diferentes modelos didáticos para explicar as reações redox: o modelo de oxigênio, modelo de hidrogênio, modelo de transferência eletrônica e o modelo de número de oxidação.

Lavoisier propôs um sistema de classificação em que uma redução seria a separação do oxigênio de um corpo, enquanto a oxidação seria o acréscimo, essa é, em linhas gerais, a descrição do modelo de oxigênio. Algumas limitações desse modelo: há reações redox que não envolvem oxigênio, e as reações ácido-base, apesar de envolverem transferência de oxigênio entre espécies, não podem ser consideradas como reações redox. (PAIK, et al., 2017).

O modelo de hidrogênio foi proposto por Liebig, definido como a separação de uma molécula de hidrogênio de uma espécie, no caso da oxidação, e a junção de hidrogênio no caso da redução. Apesar deste modelo ser muito utilizado nas reações bioquímicas, as limitações desse modelo são as mesmas que o modelo de oxigênio. (GHIBAUDI, et al., 2015)

Lewis ao elaborar sua teoria das ligações interpreta que a redução significaria um aumento no número de elétrons na eletrosfera exterior do elemento e, por conseguinte, a oxidação implica

uma diminuição (GHIBAUDI, et al., 2015). Porém Paik et al. (p. 2, 2017) relata que o modelo “tem validade limitada em reações que envolvem apenas elementos e íons simples ou compostos iônicos [...] e os elétrons nem sempre são trocados literalmente em reações redox, resultando em confusão adicional”.

Outro modelo redox foi descrito por Latimer na ocasião em que definiu regras para atribuir o número de oxidação. Descreveu que as reações redox seriam aquelas em que o número de oxidação de pelo menos um dos elementos participantes, varia. Dessa forma, este modelo seria puramente formal e teórico, amplia os outros três modelos e envolve a renúncia em associar a variação do número de oxidação com um processo de transferência de elétrons real de um átomo para outro.

Österlund, Berg e Ekborg (2010) relatam que autores de livros didáticos e professores não explicam a transição entre esses modelos, nem porque um modelo melhor se encaixa em determinado contexto, isso pode levar a dificuldades de aprendizagem. Em virtude disso, enfatiza-se a importância deste estudo, investigar o uso desses diferentes modelos nos livros didáticos, à medida que se consideram os livros como um dos recursos didáticos mais presentes na sala de aula.

O livro é mediador do saber científico ao saber escolar. Por vezes ele norteia o trabalho do professor: quando é considerado como currículo, quando se utiliza em atividades extraclasse, quando se utiliza no planejamento do professor, entre outros. Além disso, em países com situação educacional precária, o livro pode determinar “conteúdos e condicionar estratégias de ensino, marcando, pois, de forma decisiva, o que se ensina e como se ensina o que se ensina” (LAJOLO, 1996, p. 3). O conteúdo do livro favorece ao aluno o acesso “ao conhecimento cientificamente elaborado, historicamente construído pelo homem, porém, reorganizado, reestruturado em saber escolar e que deve ser mediado pelo professor no decorrer do processo ensino-aprendizagem” (BAGANHA, 2010, p. 21).

METODOLOGIA

Esse estudo se caracteriza como uma pesquisa qualitativa, na qual investigou-se os livros didáticos de química selecionados pelo PNL 2018, cujos descritores estão descritos no quadro 1.

Quadro 1: Coleções aprovadas no PNL 2018

Nome da coleção	Autores	Descritor
Química - Ciscato, Pereira, Chemello, Proti	Carlos Alberto M. Ciscato, Luis Fernando Pereira, Emiliano Chemello e Patricia Barrientos Proti	CP
Química - Ensino Médio	Eduardo F. Mortimer e Andréa Horta Machado	MM
Química - Martha Reis	Martha Reis	MR
Química Cidadã	Wildson Luiz P. dos Santos, Gerson de S. Mól, Siland M. F. Dib, Roseli T. Matsunaga, Sandra Maria de O. Santos, Eliane N. F. de Castro, Gentil de S. Silva e Salvia B. Farias.	QC

Ser Protagonista	Lia M. Bezerra; Julio Cezar F. Lisboa, Aline Thaís Bruni, Ana Luiza P. Nery, Rodrigo M. Liegel e Vera Lúcia M. Aoki	SP
Vivá	Vera Lucia D. de Novais e Murilo T. Antunes.	VV

Utilizou-se a Análise de Conteúdo para sistematização e interpretação dos resultados. Operacionalmente, a análise de conteúdo, segundo Moraes (1999), é desenvolvida por meio das etapas: 1) Preparação das informações; 2) Unitarização ou transformação do conteúdo em unidades; 3) Categorização ou classificação das unidades em categorias; 4) Descrição e 5) Interpretação.

Na primeira etapa identificou-se nos livros didáticos quais capítulos desenvolviam os conceitos de oxirredução. Na segunda etapa selecionou-se os trechos correspondentes às definições de uma reação redox, que caracterizam as unidades deste estudo. Na terceira etapa apresenta-se quais modelos são utilizados na construção do conteúdo nos livros partindo das 4 categorias (os quatro modelos redox). Por fim, na quarta e quinta etapa apresenta-se os resultados e tece-se considerações sobre os modelos utilizados e as implicações para a pesquisa e prática em ensino de ciências.

OS MODELOS REDOX NOS LIVROS DIDÁTICOS BRASILEIROS

Nesta seção apresenta-se os resultados obtidos na investigação sobre a presença dos modelos redox nas coleções de química do PNL D. Inicialmente observou-se que, em média, os conceitos de reações redox são abordados no segundo livro das coleções de química, mas são feitas menções e exemplificações das reações nos livros dos três anos. Apenas metade das coleções definem o que é uma oxidação nos livros correspondentes aos três anos do ensino médio. O quadro 2 apresenta as principais definições para as reações redox encontradas.

Quadro 2: Definições redox nos livros didáticos de química (PNLD 2018)

Coleção	Definição
CP	Quando uma espécie química perde um ou mais elétrons em uma reação química, diz-se que ocorreu a oxidação dessa espécie. Quando uma espécie química ganha um ou mais elétrons em uma reação química, diz-se que ocorreu a redução dessa espécie. Reações que envolvem os fenômenos de oxidação e de redução são chamadas de óxido-redução , oxirredução ou, simplesmente, redox . (CP, 2, p. 119-120, grifo do autor).
MM	[...] Essas reações envolvem mudanças no número de elétrons de valência de átomos ou de íons. Isso é possível porque átomos e íons podem perder ou ganhar elétrons. Quando isso acontece, o átomo ou o íon muda o seu estado de oxidação . (MM, 2, p. 194, grifo do autor) As substâncias químicas, em certas reações químicas, podem se comportar como oxidantes ou redutoras. Uma substância que atua como redutora transfere elétrons para outra substância que atua como oxidante . Nesse processo, a espécie redutora tem seu número de elétrons reduzido, e a espécie oxidante tem seu número de elétrons aumentado. (MM, 2, p. 197, grifo do autor). Quando uma substância se comporta como oxidante, em geral um ou mais de seus átomos ou íons ganham elétrons . O mesmo acontece em relação às substâncias que se comportam como redutoras, mas nesse caso um ou mais de seus átomos ou íons perdem elétrons . (MM, 2, p. 197, grifo do autor)

MR	<p>Reação de oxirredução é aquela em que ocorre variação no NOx dos elementos dos reagentes para os produtos. O elemento que sofre oxidação é aquele que “perde” elétrons, cujo NOx aumenta dos reagentes para os produtos. O elemento que sofre redução é aquele que “ganha” elétrons, cujo NOx diminui dos reagentes para os produtos. (MR, 1, p. 278, grifo do autor).</p> <p>Átomo ou íon que doa elétrons, portanto sofre oxidação: é denominado redutor (ou agente redutor) porque provoca o ganho de elétrons (redução) de outro átomo ou íon. Átomo ou íon que recebe elétrons, portanto sofre redução: é denominado oxidante (ou agente oxidante) porque provoca a perda de elétrons (oxidação) de outro átomo ou íon. (MR, 2, p. 238, grifo do autor)</p>
QC	<p>Reações de oxidação são aquelas nas quais espécies químicas – átomos, íons ou moléculas – perdem elétrons. Embora seja comum em Química Orgânica falarmos de reações de oxidação – porque espécies orgânicas são oxidadas –, não podemos nos esquecer de que, sempre que uma espécie é oxidada, outra espécie é reduzida – ou seja, ganha elétrons. (QC, 3, p. 157).</p> <p>As reações químicas, nas quais o oxigênio é um dos reagentes, são historicamente denominadas reações de oxidação. Já as reações inversas, de perda de oxigênio, são denominadas reações de redução. Atualmente, considera-se que as reações de oxidação são aquelas nas quais a espécie química perde elétrons e as reações de redução, aquelas nas quais a espécie química ganha elétrons. As reações de oxidação e de redução sempre acontecem simultaneamente: enquanto uma espécie ganha elétrons, outra espécie cede. Denomina-se oxidação, o processo químico no qual espécies químicas doam elétrons e redução, o processo no qual espécies químicas recebem elétrons. Reação de oxirredução é um tipo de reação em que ocorre transferência de elétrons entre as espécies envolvidas. (QC, 3, p. 195, grifo do autor).</p>
SP	<p>O ganho e a perda de elétrons sempre ocorrem juntos. Assim, nas reações de oxirredução ocorre a transferência de elétrons. Oxidação é o nome utilizado para designar processos que envolvem perda de elétrons. A substância que se oxida é o agente redutor. Redução é o termo usado para denominar processos que envolvem ganho de elétrons. A substância que se reduz é o agente oxidante. (SP, 1, p. 185, grifo do autor)</p> <p>O ferro é um metal mais reativo do que o cobre e, portanto, apresenta maior tendência a formar cátions. Sendo assim, o ferro (Fe) sofre oxidação, ou seja, perde elétrons, enquanto o cátion Cu^{2+} sofre redução, isto é, recebe elétrons. Os processos de oxidação e de redução sempre ocorrem associados, e pode-se dizer que a reação ocorre mediante uma transferência de elétrons. Nesse caso, a transferência ocorre do metal ferro (Fe) para os íons Cu^{2+} em solução aquosa. (SP, 2, p. 185, grifo do autor)</p>
VV	<p>[...] era empregada originalmente para designar reações em que uma substância interage com o oxigênio (O_2) e até hoje é usada para indicar o processo que leva um metal a perder o brilho e outras características metálicas. O significado químico do termo, porém, se ampliou, como veremos mais adiante (VV, 1, p. 208).</p> <p>Chamamos de reações de oxirredução as transformações em que há transferência de elétrons, como a que vimos acima. O termo oxirredução deriva de dois processos que ocorrem na transformação: a oxidação (que envolve a perda de elétrons) e a redução (que envolve o ganho de elétrons). (VV, 1, p. 208, grifo do autor).</p>

Dos modelos redox utilizados na explicação dos conceitos de oxidação e redução é perceptível que todos os autores utilizam o modelo de transferência eletrônica. Mesmo nas reações em que a ação do oxigênio é destaque, os autores definem as reações como transferência de elétrons entre as espécies. Conforme Ghibaudi e colaboradores (2015) esta definição é aceitável em inúmeros casos, mas não pode ser extrapolada para reações redox que envolvem espécies poliatômicas em solução (por exemplo, redução de íons de permanganato) ou para muitas reações entre espécies orgânicas, que também são reconhecidas como redox com base nas variações de Nox.

Após a definição dos conceitos de oxirredução todas as coleções abordam o número de oxidação. Mesmo se tratando de um modelo único e diferente dos outros modelos, nas

coleções analisadas este não parece ser um modelo que justifica uma reação redox, mas sim uma consequência da transferência eletrônica entre as espécies.

Ghibaudi e colaboradores (2015) apontam que no processo de ensino-aprendizagem o professor deve ter clareza da existência desses modelos e das relações estabelecidas entre eles. Os autores ainda afirmam que “no que diz respeito ao modelo mais amplo, o modelo NO_x, sua natureza formal e abstrata requer uma consciência clara das operações de modelagem que o precedem e constituem sua justificativa lógica.” (GHIBALDI et al., 2015, p. 20, tradução nossa). As relações entre os modelos são especialmente problemáticas quando se aborda a sobreposição dos modelos de elétrons e de Nox pois, em geral, atribui-se um significado físico ao número de oxidação que não pertence a ele.

CONCLUSÃO

A investigação apresentada buscou revelar quais os modelos redox mais utilizados em livros didáticos. Observou-se que todos os livros didáticos definem as reações redox de acordo com o modelo de transferência eletrônica. O uso desse modelo em todos os livros, e da forma como é discutido (relacionando-o à ideia de uma transferência real entre os átomos), pode ocasionar dificuldades de aprendizagem do conteúdo.

Outra importante conclusão é a falta de clareza que os modelos têm limitações intrínsecas. É importante que os modelos sejam bem definidos, usados com cautela, discutindo seus limites e como eles tentam descrever os processos macroscópicos observados. Isso seria coerente na aprendizagem de toda a área de ciências da natureza, influenciando o ensino de outros tópicos no ensino médio.

Agradecimentos e apoios

À FAPESP pelos financiamentos recebidos (Processos 2017/12951-0; 2019/15461-0 e 2013/07937-8) e ao CNPq (processo 431016/2016-0).

Referências

- BAGANHA, D. E. **O Papel e o uso do Livro Didático de Ciências nos anos finais do Ensino Fundamental**. 123p. Dissertação (Mestrado em Educação – Programa de Pós-Graduação em Educação), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018.
- _____. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+) - Ciências da Natureza e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, 2002.
- _____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias (Orientações Curriculares para o Ensino Médio, v. 2)**. 2006
- CISCATO, C. A. M., PEREIRA, L. F., CHEMELLO, E., PROTI, P. B. **Coleção Química - Ciscato, Pereira, Chemello e Proti, Química Ensino Médio II**. São Paulo: Moderna, 2016.
- DE JONG, O.; ACAMPO, J.; VERDONK, A. Problems in teaching the topic of redox reactions: actions and conceptions of chemistry teachers. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 33, n. 10, p. 1097-1110, 1995.
- FONSECA, M. R. M. DA. **Química: ensino médio/Martha Reis II**. São Paulo: Ática, 2016.
- GHIBAUDI, E., REGIS, A., ROLETTTO, E. Le reazioni redox: um pasticcio concettuale?. **Perspectives in Science**, v. 5, p. 14-24, 2015.

- KLEIN, S. G.; BRAIBANTE, M. E. F. Reações de oxidação-redução e suas diferentes abordagens. **Química Nova na Escola**, v. 39, n. 1, p. 35-45, 2017.
- LAJOLO, M. Livro didático: um (quase) manual de usuário. **Em aberto**, n. 69, p. 3-9, 1996
- LISBOA, J. C. F. **Coleção Ser Protagonista. Química 2º ano: ensino médio**. São Paulo: Edições SM, 2016.
- MORAES, R. Análise de conteúdo. **Revista Educação**, Porto Alegre, v. 22, n. 37, p. 7-32, 1999
- MORTIMER, E. F., MACHADO, A. H. **Coleção Química: Ensino Médio**. Química Ensino Médio II. Scipione, 3ª edição, São Paulo, 2016.
- NOVAIS, V. L. D., ANTUNES, M. T. **Coleção Vivá. Química: volume II: Ensino médio**. Positivo, 1ª edição, Curitiba, 2016.
- 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.
- ÖSTERLUND, L. **Redox models in chemistry A depiction of the conceptions held by secondary school students of redox reactions**. Dissertação de mestrado, Umeå University, Umeå, Sweden, 2010.
- ÖSTERLUND, L. L.; BERG, A.; EKBORG, M. Redox models in chemistry textbooks for the upper secondary school: friend or foe? **Chemical Education Research and Practice**, v. 11, p. 182-192, 2010.
- PAIK, S-H, KIM, S., KIM, K. Suggestion of a Viewpoint Change for the Classification Criteria of Redox Reactions. **Journal of Chemical Education**, v. 95, n. 5, p. 563-568, 2017
- SANTOS, W. L. P. dos (coord.). **Coleção Química Cidadã. Química cidadã: volume III**. AJS, 3ª edição, São Paulo, 2016.