

Comparações no contexto da estequiometria em livros didáticos de Química

Comparisons in stoichiometric context on Chemistry textbooks

Luciana Paula de Assis¹, Alexandre da Silva Ferry²

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

¹lucianapauladeassis@gmail.com; ²alexandreferry001@gmail.com

Resumo

Este estudo objetivou-se em levantar a quantidade de comparações empregadas em livros didáticos de Química, no contexto da estequiometria, identificando os subtópicos para os quais essas comparações são mais recorrentes e classificando-as a fim de conhecer a diversidade desse tipo de recurso didático empregado para esses subtópicos. A análise envolveu a leitura integral dos capítulos sobre esse tema nos seis livros de Química aprovados no Programa Nacional do Livro Didático, de 2018, de modo a associar os subtópicos de conteúdos abordados ao quantitativo de comparações. Foram encontradas 24 ocorrências, totalizando 18 comparações associadas a 20 subtópicos de conteúdos da estequiometria. Os subtópicos com maior frequência de comparações foram: constante de Avogadro e quantidade de matéria, enquanto grandeza física. Foram identificadas 11 analogias, 5 abstrações, 1 metáfora relacional e 1 comparação por contraste. Isso sugere a importância de refletir sobre as implicações da diversidade desse recurso na elaboração de materiais educativos.

Palavras chave: livro didático, ensino de estequiometria, ensino de química, tipos de comparação, PNLD, analogia.

Abstract

The aim of this study was to compare the number of comparisons used in Chemistry textbooks, in stoichiometry field, identifying the subtopics for which these comparisons are more frequently and classifying them in order to know the diversity of this type of didactic resource used for these subtopics. The procedure involved the complete reading of the chapters about the subject in all six Chemistry textbooks approved by Brazilian program of textbook, in 2018, in order to associate the content subtopics addressed to the quantitative of comparisons. As a result, it was found 24 occurrences, totaling 18 comparisons associated with 20 content subtopics of stoichiometry. The frequently subtopics were: Avogadro's number and amount of substance. It was identified 11 analogies, 5 abstractions, 1 relational metaphor and 1 contrast comparison. This suggests the importance of thinking about the implications of the diversity of this resource in the elaboration of educational materials.

Key words: textbooks, stoichiometric teaching, Chemistry teaching, kinds of comparison, PNLD, analogy

Introdução

As comparações, incluindo as analogias, são um tipo de recurso utilizado por muitos autores na elaboração de livros didáticos e, também, por professores em sala de aula de forma a explicar um conteúdo científico-escolar, normalmente complexo e abstrato, por meio do estabelecimento de correspondências de similaridade entre dois domínios: um desconhecido ou pouco conhecido e um domínio conhecido, familiar. No ensino de Química, esse recurso didático é utilizado com frequência, principalmente por se tratar de uma ciência que envolve alto grau de abstração (SILVA *et al*, 2010). Nesse contexto, destaca-se o ensino de estequiometria química, que tem sido considerada, por muitos professores, uma prática educativa desafiadora, tendo em vista as dificuldades de aprendizagem apresentadas por estudantes ao lidar com esse tópico.

De acordo com Gentner (1983) e Gentner & Markman (1997), existem diferentes tipos de comparação, como as metáforas, as similaridades literais, as similaridades de mera aparência, as anomalias, as abstrações e as analogias. Assim, nem toda comparação pode ser considerada uma analogia e os autores apresentam critérios para a distinção quanto a esses tipos de comparação. Diante disso, é relevante desenvolver pesquisas que envolvam a análise desse recurso didático à luz dessa teoria.

Dessa forma, este estudo pretende responder as seguintes questões: *para quais subtópicos da estequiometria comparações têm sido empregadas com maior frequência em livros didáticos de Química atualmente utilizados na Educação Básica?; quais tipos de comparação têm sido empregados com maior frequência no contexto da estequiometria abordada nesses livros?* Assim, objetiva-se identificar os subtópicos da estequiometria presentes em cada um dos seis livros didáticos aprovados no Programa Nacional do Livro Didático de 2018 (PNLD/2018), tal como, o quantitativo de comparações existentes em cada subtópico, de modo a classificá-las, de acordo com a Teoria do Mapeamento Estrutural (TME), e a refletir sobre as implicações do uso desse recurso didático no contexto da estequiometria.

Referencial Teórico

Adotou-se como referencial teórico para o conceito de analogia os trabalhos de Gentner (1983) e colaboradores (p.ex.: Gentner & Markman, 1997), uma vez que a sua teoria apresenta critérios claros para a distinção e a classificação de diferentes tipos de comparação. Segundo a Teoria do Mapeamento Estrutural (TME), uma analogia consiste em um tipo de comparação que envolve correspondências relacionais entre dois domínios distintos – um domínio base (DB) e um domínio alvo (DA), estabelecida com a intenção de se explicar/compreender o DA, desconhecido ou pouco conhecido, a partir do conhecimento sobre o DB, considerado familiar por quem a estabelece. Além das analogias, há outros tipos de comparação: metáforas, similaridades literais, similaridades de mera aparência, anomalias e abstrações (Gentner, 1983; Gentner & Markman, 1997). O Quadro 1 ilustra as diferenças entre esses tipos de comparação apresentando, qualitativamente, os focos das comparações a respeito das correspondências entre atributos (predicados descritivos dos elementos constituintes de

cada domínio) e das correspondências entre relações similares existentes em cada domínio. Esse quadro foi elaborado a partir de uma versão mais simples apresentada em Gentner (1983), com considerações de Gentner & Markman (1997) e contribuições de Ferry (2016).

Tipo de Comparação	Atributos de elementos mapeados do DB para o DA	Relações mapeadas do DB para o DA	Exemplo
Similaridade Literal	Muitos	Muitas	O sistema solar K5 é como o nosso sistema solar.
Analogia	Poucos	Muitas	O átomo de Bohr é como o nosso sistema solar.
Anomalia	Poucos ou nenhum	Poucas ou nenhuma	O buraco negro no centro da Via Láctea é como um ponto escuro em um pedaço de papel.
Similaridade de mera aparência	Muitos	Poucas	O átomo de Dalton é como uma bola de sinuca.
Abstração*	Poucos	Muitas	O átomo é um sistema de força central.
Metáfora relacional	Poucos ou nenhum	Muitas	Os elementos químicos Li, Na e K são de uma mesma família.
Metáfora baseada em atributos	Muitos	Poucas ou nenhuma	Os orbitais atômicos são nuvens eletrônicas
*As abstrações diferem das analogias por envolver domínios carentes de concretude, especialmente no domínio base, implicando em certa dificuldade de sua visualização.			

Quadro 1: Classificação dos tipos de comparação, segundo a TME. Fonte: Adaptado de Gentner (1983, p.161) e Ferry (2016, p. 52).

Perante o exposto, a teoria apresentada fornece critérios para classificar os tipos de comparação permitindo uma análise diferenciada das comparações encontradas em livros didáticos, uma vez que permite aprofundar no conhecimento da construção do recurso didático. Entre os estudos que quantificaram analogias em livros didáticos de Química, para diversos conteúdos, destacam-se as pesquisas de Monteiro & Justi (2000), Francisco Junior (2007) e Silva et al. (2010). Esses autores fizeram uma análise completa das obras pesquisadas em busca de analogias referentes a cada temática. No entanto, eles não diferenciaram o quantitativo de comparações em cada subtópico dos conteúdos e, também, não explicitaram as comparações encontradas com seus respectivos DB e DA.

Metodologia

A análise das comparações presentes nos capítulos envolvendo tópicos da estequiometria nos seis livros didáticos de Química aprovados no PNLD/2018, envolveu as seguintes etapas:

- (1) Leitura integral e criteriosa dos capítulos que abordam a temática da estequiometria em cada livro;

- (2) Levantamento das comparações introduzidas pelos autores dos livros didáticos, por meio da identificação de expressões ou de ilustrações que evidenciavam o seu estabelecimento;
- (3) Identificação dos subtópicos de conteúdo específicos da estequiometria para os quais essas comparações foram estabelecidas;
- (4) Identificação do domínio base e do domínio alvo das comparações encontradas e classificação preliminar quanto ao tipo de comparação.

Optou-se pela escolha e análise dos seis livros didáticos desse componente curricular recentemente aprovados pelo PNL/D/2018, cujas ações destinam-se aos alunos e professores das escolas da educação básica pública brasileira. Os 6 livros foram codificados em: A (Editora Moderna), B (Editora Ática), C (Edições SM), D (Scipione), E (Positivo) e F (AJS).

Associou-se as comparações encontradas aos subtópicos de conteúdo identificados nos livros, considerando o contexto em que cada comparação foi apresentada. Em seguida, determinou-se os domínios base e alvo, e fez-se a classificação preliminar quanto ao tipo de comparação, à princípio, segundo a TME.

Resultados e Discussão

Foram identificadas 24 ocorrências de comparações associadas a 20 subtópicos da estequiometria envolvendo os seis livros didáticos, conforme os dados expostos no Quadro 2. Observa-se uma maior quantidade de comparações nos subtópicos *constante de Avogadro* (9 ocorrências) e *quantidade de matéria*, enquanto grandeza física (5 ocorrências), que são dois subtópicos de conteúdos que se relacionam tanto na perspectiva conceitual (a unidade mol é parametrizada pela constante de Avogadro) quanto no grau de complexidade e abstração envolvido na compreensão dos seus significados.

Por outro lado, para outros subtópicos da estequiometria tão complexos quanto os dois anteriores ou, talvez, mais desafiadores, como os *cálculos estequiométricos*, *rendimento de reações* e *pureza de reagentes*, não foi encontrada nenhuma comparação em nenhum dos livros analisados.

O maior número de comparações referentes ao subtópico da constante de Avogadro possivelmente decorre de uma necessidade, por parte dos autores, de conferir uma dimensão tangível a esse domínio, na tentativa de facilitar a compreensão dos estudantes.

Subtópicos no contexto da Estequiometria	Livros didáticos											
	A		B		C		D		E		F	
	Aborda?	Nº de comp.	Aborda?	Nº de comp.	Aborda?	Nº de comp.	Aborda?	Nº de comp.	Aborda?	Nº de comp.	Aborda?	Nº de comp.
1. Balanceamento de Equação Química	S	1	N	-	N	-	N	-	N	-	S	1
2. Notação Científica	N	-	N	-	N	-	N	-	N	-	S	0
3. Grandezas Físicas	S	0	N	-	N	-	N	-	N	-	N	-
4. Dimensão atômica	N	-	N	-	N	-	N	-	N	-	S	1
5. Massa Atômica	S	0	N	-	S	0	N	-	S	1	S	0
6. Massa Molecular	S	0	N	-	S	0	N	-	N	-	S	0
7. Massa Molar	S	0	N	-	S	1	S	0	S	0	S	0
8. Quantidade de matéria enquanto grandeza física	S	0	S	0	S	1	S	1	S	2	S	1
9. Constante de Avogadro	S	1	S	0	S	3	S	3	S	1	S	1
10. Lei de Proust	S	0	S	1	N	-	S	1	N	-	N	-
11. Volume Molar	N	-	S	0	S	0	S	0	N	-	S	0
12. Determinação das fórmulas das substâncias	S	0	N	-	S	0	N	-	N	-	N	-
13. Relações estequiométricas	N	-	N	-	N	-	N	-	N	-	S	1
14. Cálculos estequiométricos das reações	S	0	S	0	S	0	S	0	S	0	S	0
15. Cálculos estequiométricos das soluções	N	-	N	-	N	-	N	-	S	0	N	-
16. Cálculos estequiométricos dos gases	N	-	N	-	S	0	N	-	N	-	N	-
17. Reagente em excesso e limitante	S	0	S	1	S	0	S	0	S	1	N	-

Subtópicos no contexto da Estequiometria	Livros didáticos											
	A		B		C		D		E		F	
	Aborda?	Nº de comp.	Aborda?	Nº de comp.	Aborda?	Nº de comp.	Aborda?	Nº de comp.	Aborda?	Nº de comp.	Aborda?	Nº de comp.
18. Rendimento de reação	S	0	S	0	S	0	N	-	N	-	S	0
19. Pureza de reagente	S	0	S	0	S	0	N	-	N	-	N	-
20. Reações consecutivas	S	0	N	-	N	-	N	-	N	-	N	-
TOTAL	-	2	-	2	-	5	-	5	-	5	-	5

S – Sim; N – Não

Quadro 2: Quantidades de comparações encontradas nos livros didáticos de Química aprovados no PNLD/2018 associadas aos subtópicos da Estequiometria.

Diante dessas ocorrências, buscou-se explicitar as comparações identificadas de acordo com os domínios comparados pelos autores. Assim, o Quadro 3 apresenta cada uma delas, junto ao respectivo subtópico no contexto da estequiometria, o domínio base, o domínio alvo, o livro didático e a classificação preliminar de cada comparação.

Subtópico da Estequiometria	Domínio Base	Domínio Alvo	Livro didático	Classificação preliminar
Balanceamento de Equação Química	Balança de dois pratos	Determinação de coeficientes estequiométricos	A	Metáfora relacional
			F	Analogia
Dimensão atômica	Tamanho de uma maçã em relação ao tamanho da Terra	Tamanho de um átomo em relação ao tamanho de uma maçã	F	Analogia
Massa atômica	Proposição de uma unidade arbitrária (gomo de laranja) para estimar a massa de outras frutas	Proposição de unidade de massa atômica padrão para estimar a massa atômica de outros elementos	E	Analogia
Massa molar	Massas de dúzias de diferentes frutas	Massas molares de diferentes substâncias	C	Analogia
Quantidade de matéria enquanto grandeza física	Bolinhas de poliestireno com tamanhos diferentes contidas em recipientes de mesmo volume	Partículas com tamanhos diferentes contidas em amostras de mesma massa	D	Analogia
	O quilograma enquanto unidade associada a uma grande quantidade de grãos de feijão, arroz ou sal	O mol enquanto unidade associada a uma grande quantidade de partículas	E	Analogia
	O ano enquanto unidade associada a uma grande quantidade de tempo vivido		E	Abstração
	O “miçamol” como um conjunto que contém um número determinado de miçangas	O mol enquanto um conjunto que contém um número determinado de unidades	F	Analogia
	Proporção entre as massas de bolas de cores e massas diferentes colocadas em uma balança	Proporção entre as massas de moléculas diferentes em uma reação balanceada	C	Analogia
Constante de Avogadro	Comparação entre 5 a 7 frascos que contêm as mesmas quantidades de matéria de diferentes substâncias (1 mol)		A, C, D, E, F	Comparação por contraste*
	1 mol de folhas sulfites empilhadas e divididas em 1 milhão de pilhas, cuja altura alcançaria o Sol	A dimensão do valor da constante de Avogadro ($6,02 \times 10^{23}$ unidades)	C	Abstração

Subtópico da Estequiometria	Domínio Base	Domínio Alvo	Livro didático	Classificação preliminar
Constante de Avogadro	Tempo necessário para o consumo mundial de 1 mol de grãos de arroz	A dimensão do valor da constante de Avogadro ($6,02 \times 10^{23}$ unidades)	C	Abstração
	Tempo necessário para contar moléculas em uma amostra de 18,0 g de água		D	Abstração
	Quantidade de voltas que um mol de moléculas enfileiradas daria em torno da Terra		D	Abstração
Lei de Proust	Proporções específicas entre ingredientes de um bolo	Proporções fixas nas reações químicas	B, D	Analogia
Relações estequiométricas			F	
Reagente em excesso e limitante	Buquê de margaridas e rosas vermelhas	Reagentes em excesso e limitante em uma reação química	B	Analogia
	Ingredientes de um sanduíche		E	Analogia
Total:			24 ocorrências	18 comparações
*Categoria emergente, não prevista pela TME.				

Quadro 3: Comparações no contexto da estequiometria encontradas nos livros do PLND/2018, com seus respectivos DB, DA e classificação preliminar.

O Quadro 3, apesar das 24 ocorrências apontadas anteriormente, apresenta 18 comparações distintas, devido a repetição em livros didáticos diferentes. Por outro lado, foram encontradas, para um mesmo subtópico de conteúdo, comparações envolvendo diferentes DB e DA. Destacam-se os conteúdos referentes à constante de Avogadro e à quantidade de matéria, enquanto grandeza física; ambos apresentaram 5 comparações diferentes. Assim, apesar do tópico constante de Avogadro ter apresentado um total de 9 ocorrências de comparações, a esse subtópico estão associadas 5 diferentes abordagens (1 comparação por contraste e 4 abstrações), devido a repetição em alguns livros.

Monteiro & Justi (2000) encontraram em sua pesquisa 9 analogias envolvendo o conteúdo da estequiometria em 11 coleções analisadas pelas autoras, já Francisco Junior (2009) identificou 12 analogias em um total de 6 livros estudados. Por sua vez, Silva *et al* (2010), em 9 livros pesquisados, identificaram 14 analogias, nesse mesmo tópico. Considera-se importante citar que essas pesquisas foram realizadas em contextos e livros didáticos diferentes, e que, para esses autores, todas as comparações identificadas foram consideradas como analogias, em uma outra perspectiva teórica. Em outras palavras, esses trabalhos adotaram referências teóricas distintos da TME.

Entre as 18 comparações caracterizadas no quadro 3, 17 foram classificadas de acordo com a TME: 11 analogias, 5 abstrações e 1 metáfora relacional, totalizando 19 ocorrências (cerca de 80%); apenas 1 foi classificada em uma categoria emergente – a da *comparação por contraste*, em função do não enquadramento de suas características em nenhum dos outros tipos de comparação previstos pelo referencial teórico. Há que se considerar o número de ocorrências encontradas para essa nova categoria: 5 ocorrências. Diferentemente das analogias e dos outros tipos de comparação, as comparações por contraste não estão focadas

em correspondências de similaridade estabelecidas a partir de um domínio para se explicar outro; nas 5 ocorrências desse tipo de comparação, os autores apresentam amostras com a mesma quantidade de matéria de diferentes substâncias com o propósito de contrastar as respectivas massas ou volumes, conforme exemplificado pelas figuras 1, 2 e 3. Em síntese, os domínios das comparações por contraste não são tomados nem como base nem como alvo de compreensão, mas sim como entidades a serem contrastadas, com foco em suas diferenças.

Se quisermos comparar quantidades iguais de átomos, moléculas ou ions, devemos estabelecer uma unidade que tenha a mesma quantidade dessas partículas, mas em um número suficientemente grande para que possamos pesar essa quantidade. Essa unidade é chamada de mol, e equivale a $6,02 \cdot 10^{23}$ partículas, sejam átomos, moléculas, ions, elétrons, etc.

Figura 8.10
Quantidades de diferentes substâncias que correspondem a 1 mol.



Figura 1: Comparação por contraste – livro D.



Como você já sabe, o padrão utilizado para a determinação das massas dos átomos dos diferentes elementos químicos é o carbono-12. As substâncias mostradas aqui, embora em volume e massa diferentes, apresentam algo em comum: a quantidade de matéria é igual a um mol.

Figura 2: Comparação por contraste – livro F.



Figura 3: Comparação por contraste – livro E.

A respeito dessas três figuras, na primeira há uma clara menção ao estabelecimento de uma comparação ao se dizer “se quisermos comparar quantidades iguais...”. Neste caso, o contraste é feito com foco nas diferenças entre os volumes das amostras, já na figura 2, o contraste se dá sobre as massas dos conteúdos de cada béquer. Na figura 3, encontrada no livro E, os autores destacam que as “amostras têm massas e volumes diferentes”, apesar de conterem o mesmo número de unidades constituintes.

Considerações Finais

Essa pesquisa aprofundou as observações em relação aos tipos de comparação que tem sido utilizado em livros didáticos para o ensino de estequiometria. Assim, foi possível, através de um referencial teórico criterioso, identificar quantas e quais os tipos de comparação existem em cada subtópico apresentado nos livros de Química aprovados no PNLD/2018, e quais utilizaram esse recurso com maior frequência.

Entre os resultados, considera-se que a maior porcentagem de comparações com foco em relações evidencia o caráter mais relacional e menos descritivo dos subtópicos da estequiometria tomados como alvos das comparações. Esse aspecto é corroborado pelo fato de não terem sido encontradas comparações de mera aparência.

Constata-se também que as analogias não são o único tipo de comparação empregado como recurso para mediação didática; destacam-se, entre os dados levantados, as abstrações e as ocorrências que envolveram uma comparação por contraste.

A respeito das implicações do uso desse recurso didático no ensino de estequiometria, considera-se que uma análise cuidadosa dos tipos de comparação empregados nesse contexto pode contribuir para a reflexão na elaboração de materiais educativos.

Agradecimentos e apoios

Agradecemos aos grupos GEMATEC e AMTEC, do CEFET-MG, pelas contribuições. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Referências

FERRY, A. da S. **Análise Estrutural e Multimodal de Analogias em uma Sala de Aula de Química**. 2016. 170f. (Tese Doutorado Educação em Ciências) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

FRANCISCO JUNIOR, W. Analogias em livros didáticos de química: um estudo das obras aprovadas pelo PNLEM 2007. **Ciências & Cognição**, v. 14, n. 1, p. 121-143, 2009.

GENTNER, D. Structure-Mapping: A Theoretical Framework for Analogy. **Cognitive Science**, v. 7, p. 155–170, 1983.

GENTNER, D.; MARKMAN, A. Structure mapping in analogy and similarity. **American Psychologist**, v. 52, n. 1, p. 45–56, 1997.

MONTEIRO, I.; JUSTI, R. Analogias em livros didáticos de química brasileiros destinados ao ensino médio. **Investigações em ensino de ciências**, v. 5, n. 2, p. 67-91, 2000.

SILVA, L.; LIMA A.; SUELY A. As analogias no ensino de Química: uma investigação de sua abordagem nos livros didáticos de Química no ensino médio. XV Encontro Nacional de Ensino de Química. Brasília, 21-24 jun., 2010.