

# Análise de uma Analogia presente nos Livros Didáticos de Química do PNLD 2015: o Modelo Atômico de Thomson e um pudim de passas

Gilson Rodrigues de Alvarenga\* (PG), Ronaldo Luiz Nagem (PQ), Mariana de Lourdes Almeida Vieira (PQ), Alexandre da Silva Ferry (PQ)

CEFET-MG – Campus I, Av. Amazonas, 5253, BH, MG - [gilsonrodriguesalvarenga@gmail.com](mailto:gilsonrodriguesalvarenga@gmail.com).

**Palavras-Chave:** Livro didático, Analogias, Mapeamento estrutural, Modelo atômico

## RESUMO

O objetivo desse trabalho foi analisar e comparar o nível de enriquecimento dado por autores de livros didáticos de Química a uma comparação que estivesse relacionada aos modelos atômicos consensuais abordados no Ensino Médio, à luz da Teoria do Mapeamento Estrutural das analogias proposta por Dendre Gentner. Analisamos as quatro coleções de livros didáticos de Química aprovados pelo PNLD 2015. Após a identificação de enunciados que evidenciavam a proposição de alguma comparação, selecionamos uma que fosse comum às quatro coleções e que apresentasse potencial analógico, a fim de mapeá-la estruturalmente conforme nosso referencial teórico. Analisamos a comparação entre o modelo atômico de Thomson e um pudim de passas ou ameixas. O mapeamento estrutural dessa comparação nos permitiu analisar o nível de enriquecimento dado pelos autores das obras no estabelecimento dessa comparação de um modo diferente ao que outros trabalhos com objetivo semelhante fizeram.

## INTRODUÇÃO

No ensino de Química, o uso de analogias constitui uma atividade bastante comum. Como reitera Carvalho & Justi (2005), o ensino de ciências e, particularmente o da Química, envolve, muitas vezes, abstrações de difícil compreensão. Por causa disso, na tentativa de facilitar o aprendizado, professores e autores de materiais instrucionais desenvolvem modelos de ensino, isto é, representações produzidas com o objetivo específico de ajudar os estudantes a entenderem algum aspecto do conteúdo que se deseja ensinar. Dessa forma, os professores de Química, quando procuram explicar algum conceito ou modelo científico relativamente difícil, frequentemente recorrem ao uso de analogias. Normalmente, partem do pressuposto de que com o uso de uma determinada analogia, isto é, da apresentação de uma situação, de um objeto, de uma estrutura ou de um fenômeno semelhante ao que se pretende ensinar, aquele conceito terá se tornado mais claro, ou mais evidente e, portanto mais compreensível pelos estudantes, desde que esses tenham realizado as devidas correspondências (Mól, 1999; Ferry, 2008).

Nas últimas décadas o crescimento do interesse de pesquisadores em Educação em Ciências pelo papel e uso de analogias no ensino de conceitos científicos têm sido considerável, inclusive no âmbito internacional (Glynn, 1991; Harrison & Treagust, 1994; Venville & Treagust, 1996; Wilbers & Duit, 2001; Nagem *et al*, 2001; Mozzer & Justi, 2013). Entre os trabalhos de maior relevância, seja no campo da Psicologia Cognitiva ou no da Educação em Ciências, são os da Dendre Gentner e seus colaboradores. Esses trabalhos têm como referencial teórico a Teoria do Mapeamento Estrutural (*Structure-mapping theory*) das analogias, publicado no início da década de 1980 (Gentner, 1983).

A revisão feita por Duarte (2005) destaca a publicação de um número temático da revista *Journal of Research on Science Teaching*, publicado em 1993, com o título

*Special Issue: The Role of Analogy in Science and Science Teaching.* Duarte afirma que os trabalhos publicados neste número temático orientam-se para enfoques diversos sobre a utilização das analogias e podem ser agrupados em quatro diferentes linhas de investigação: (1<sup>a</sup>) utilização e exploração didática de analogias; (2<sup>a</sup>) características das analogias em manuais escolares; (3<sup>a</sup>) presença das analogias na prática dos professores de Ciências; (4<sup>a</sup>) concepções de professores sobre o papel das analogias no processo de ensino-aprendizagem.

Entre essas quatro linhas de investigação, este trabalho se orienta para o segundo enfoque, isto é, o da caracterização de analogias em livros didáticos. Nesse contexto, pretendemos, a partir da Teoria do Mapeamento Estrutural de Gentner (Gentner, 1983; Gentner & Markman, 1997) analisar comparações associadas às teorias atômicas presentes em livros didáticos de Química aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) de 2015, do Ministério da Educação (BRASIL, 2013) a fim de compreender potencialidades e limitações das relações analógicas estabelecidas pelos autores desses livros.

Com essa finalidade, este trabalho foi elaborado a partir das seguintes questões: (1<sup>a</sup>) como autores de livros didáticos de Química têm explorado analogias construídas a partir de um mesmo domínio alvo?; (2<sup>a</sup>) como distinguir diferentes níveis de enriquecimento dados por autores de livros didáticos na construção de analogias?

### **Breve revisão de trabalhos dedicados à análise de analogias em livros didáticos de Química**

Nos periódicos do campo de estudos da Educação em Ciências de maior relevância no Brasil, encontramos alguns trabalhos com enfoque na análise de analogias presentes em livros didáticos de Química. Entre esses trabalhos destacamos o de Monteiro & Justi (2000), os de Francisco Junior (2009 e 2011) e o de Bernardino *et al* (2013).

No trabalho de Monteiro & Justi (2000), as autoras apresentaram uma análise de analogias em livros didáticos brasileiros destinados ao ensino de Química no nível médio, discutindo em que extensão tais analogias podiam ser consideradas como bons modelos de ensino. A partir dos resultados encontrados, as autoras discutiram também alguns aspectos relativos ao papel do professor na utilização dessas analogias. Elas adotaram como referencial teórico os trabalhos de Duit (1991), de Glynn (1991) e de Gilbert & Boulter (1995), compreendendo as analogias como modelos de ensino, e o trabalho de Thiele & Treagust (1994) como referencial metodológico para a análise.

Monteiro & Justi analisaram 11 coleções de livros didáticos de Química, totalizando 28 volumes. Esses livros foram escolhidos baseando-se no fato de eles serem livros muito utilizados, na época, em escolas e estarem disponíveis para análise. A identificação das analogias conduzidas pelas autoras foi realizada tendo-se em vista uma definição pela qual uma analogia é compreendida como uma comparação baseada em similaridades entre estruturas de dois domínios diferentes, e/ou se estivesse tratada no texto como sendo analogia. As 126 analogias encontradas foram analisadas de acordo com a estrutura de classificação de Thiele & Treagust (1994), resumida por eles da seguinte forma: (1) o conteúdo do conceito alvo – qual aspecto químico está sendo considerado pelo conceito alvo; (2) a localização da analogia no livro-texto – em que ponto do currículo a analogia é apresentada; (3) a relação analógica entre o análogo e o alvo – se o análogo e o alvo compartilham atributos estruturais ou funcionais; (4) o formato da apresentação – se a analogia é verbal ou ilustrativo-verbal; (5) a condição ou nível de abstração do conceito análogo e do conceito alvo – se eles estão em um nível cognitivo abstrato ou concreto; (6) a posição

do análogo em relação ao alvo – se ele é apresentado antes, durante ou depois da apresentação do alvo, ou se o análogo é apresentada às margens o livro didático; (7) **o nível de enriquecimento – em que extensão o mapeamento entre o análogo e o alvo é feito pelo autor**; (8) a orientação pré-tópico – se existe evidência de adicionais explicações do análogo em relação ao domínio da analogia e/ou se os autores incluem alguma estratégia de identificação para indicar que o texto a seguir contém uma analogia; (9) a discussão de qualquer **limitação** ou alerta para os alunos sobre a possibilidade de ocorrência de entendimentos não adequados (Thiele & Treagust, 1994, p.64)

Os tópicos de conteúdo “estrutura atômica”, “cinética química” e “ligações químicas” foram os que apresentaram o maior percentual de analogias (41%, 13% e 9%, respectivamente) no levantamento realizado por Monteiro & Justi (2000). As autoras relatam que embora pudesse justificar esses percentuais relativamente elevados em função da natureza abstrata dos conceitos tratados nesses tópicos e, conseqüentemente, da maior dificuldade de compreensão dos mesmos pelos alunos, a maioria dos tópicos que apresentaram menor percentual de analogias (soluções, geometria do carbono, cadeias carbônicas e estado coloidal) também possuíam um alto grau de abstração. Segundo as autoras, isso sugere que a presença de analogias se relaciona não somente ao estilo dos autores, mas também a uma certa “tradição” do uso das mesmas em alguns tópicos.

Entre as categorias adotadas por Monteiro & Justi a partir do trabalho de Thiele & Treagust (1994), destacamos duas que serão importantes para o desenvolvimento do presente estudo: a do nível de enriquecimento das analogias e a das suas limitações. A análise feita por Monteiro & Justi quanto ao nível de enriquecimento das analogias seguiu os mesmos parâmetros adotados por Thiele & Treagust que, da mesma forma, seguiram os critérios estabelecidos por Curtis & Reigeluth (1984), como pode ser visto no trecho a seguir:

*The extent of mapping that is done by the textbook authors was classified using Curtis & Reigeluth's (1984) criteria of level of enrichment as follows: a) simple - states only 'target' is like 'analog' with no further explanation; b) enriched - indicates some statement of the shared attributes or limitations; and c) extended - involves several analogs or several attributes of one analog used to describe the target (THIELE & TREAGUST, 1994, p. 70)<sup>1</sup>.*

Quanto à categoria das limitações adotada por esses autores, no trabalho de Monteiro & Justi (2000), ela foi dividida em três sub-categorias a fim de permitir uma melhor diferenciação das analogias: *não reconhece existência, reconhece existência e discute as limitações*. As autoras justificaram que em algumas situações os autores dos livros didáticos reconheciam a existência de limitações, mas não as discutiam, enquanto em outras eles discutiam pelo menos uma delas.

Semelhantemente ao trabalho do Monteiro & Justi (2000), Francisco Junior (2009) fez uma análise de analogias encontradas, por meio de uma leitura integral, em seis obras de Química aprovadas pelo Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM) de 2007. O autor considerou como analogias as partes contidas nos textos que estivessem de acordo com uma definição previamente apresentada, na qual as analogias são tomadas como uma forma de raciocínio a partir da qual se pode conhecer um fenômeno desconhecido mediante o estabelecimento de

<sup>1</sup> A extensão do mapeamento que é feito pelos autores de livros didáticos foi classificada utilizando critérios de Curtis & Reigeluth (1984) para o nível de enriquecimento, da seguinte forma: a) *simples* - indica apenas 'alvo' é como 'análogo', sem qualquer outra explicação; b) *enriquecida* - indica alguma declaração do compartilhamento dos atributos ou limitações; e c) *estendida* (ou ampliada, conforme Monteiro & Justi) - envolve vários análogos ou vários atributos de um análogo utilizados para descrever o alvo (Thiele & Treagust, 1994, p. 70, tradução livre).

correspondências com um fenômeno já conhecido. Segundo Francisco Junior (2009), essa concepção aproxima-se do que alguns autores (Galagovsky & Adúriz-Bravo, 2001; Adúriz-Bravo *et al*, 2005) vêm recentemente chamando de modelização analógica. Além disso, o autor se orientou nessa identificação por meio de expressões do tipo “semelhante a...”, “isso é como...”, “fazendo uma analogia...”, “analogamente...” encontradas nos livros didáticos, assim como realizado por Curtis & Reigeluth (1984). O autor identificou 154 analogias, que foram agrupadas segundo um sistema de categorias adaptado de outros estudos, principalmente o de Thiele & Treagust (1994), assim como Monteiro & Justi (2000). Esse sistema de classificação era composto por 10 categorias: (1) a quantidade e frequência das analogias, (2) o conteúdo do conceito alvo, (3) o tipo de relação analógica entre análogo e alvo, (4) o formato da apresentação, (5) o nível de abstração dos conceitos análogo e alvo, (6) a posição da analogia em relação ao alvo, (7) o nível de enriquecimento da analogia, (8) **o nível de mapeamento feito pelo autor**, (9) presença de orientações pré-tópico, (10) e a apresentação e discussão de limitações. Em sua análise, as analogias foram distribuídas de acordo com os conceitos químicos para os quais foram empregadas. A maior parte se referia a aspectos relacionados à estrutura atômica, seguida pela cinética química e pela estequiometria. O autor afirma que, provavelmente, o uso frequente de analogias nesses tópicos de conteúdos se deve: (i) ao caráter abstrato dos conceitos e, conseqüentemente, à maior dificuldade de compreensão desses conceitos pelos estudantes; (ii) ao estilo (retórico) dos autores; (iii) à tradição do ensino de Química no uso de certas analogias clássicas em determinados conteúdos. O autor afirma, ainda, que o uso de analogias clássicas parece estar a tal ponto disseminado que os autores de livros didáticos não prescindem de seu uso.

No trabalho de Francisco Junior *et al* (2011) descreve-se uma análise crítica das analogias apresentadas para o tópico de equilíbrio químico pelos livros de Química aprovados pelo PNLEM 2007. Nele foram localizadas oito analogias, entre as quais quatro podem favorecer a compreensão de importantes aspectos microscópicos o equilíbrio químico, não ignorando as limitações associadas às outras quatro analogias. As outras analogias identificadas, por se configurarem demasiadamente simples e desconsiderarem aspectos microscópicos essenciais, não facilitam a aprendizagem de aspectos envolvidos no equilíbrio químico, podendo dificultar ainda mais sua compreensão. Os autores ainda ressaltaram que apesar de ser comum a utilização das analogias em livros de Ciências, estudos envolvendo essa presença em livros de Ensino Superior não são usuais. Por essa razão, o objeto de estudo do trabalho de Francisco Junior (2011) foram as analogias encontradas nos livros de Química Geral voltados ao Ensino Superior, na tentativa de fazer um paralelo com estudos em livros de Ensino Médio. Nesse levantamento, após a leitura integral das obras, os autores identificaram 212 analogias, que foram classificadas conforme um sistema de categorias adaptado a partir do trabalho de Thiele & Treagust (1994), assim como foi feito por Monteiro & Justi (2000). Foi observada maior presença de analogias nas obras do Ensino Superior, diferenças no tipo de relação analógica e menor presença de analogias ilustrativas. Também foram discutidos apontamentos sobre um uso mais adequado de algumas das analogias, assim como sobre o papel do professor.

No trabalho de Bernardino *et al* (2013), cujo objetivo foi identificar e analisar as analogias de um livro didático de Química adotado nas escolas públicas do Estado do Paraná, Brasil, foram encontradas 25 analogias, abrangendo diferentes tópicos de conteúdo, sendo que, o tema ligações químicas e **estrutura atômica** apresentaram o maior número de analogias. De acordo com o critério “nível de enriquecimento” adotado pelos autores, 22 das analogias encontradas eram simples, ou seja,

compartilhavam um único atributo. Bernardino *et al* analisaram as analogias identificadas no livro didático, tendo como referência os critérios de classificação propostos por Curtis & Reigeluth (1984), Monteiro & Justi (2000) e Francisco Junior (2009), com algumas adaptações.

Vale ressaltar que um dos primeiros trabalhos de pesquisa que trata do uso de analogias em livros didáticos é o de Curtis & Reigeluth (1984). Tanto que esse trabalho serviu de referência para pesquisas posteriores (Mól, 1999; Monteiro & Justi, 2000; Thiele & Treagust, 1994). Na pesquisa realizada por Curtis & Reigeluth (1984), foram analisadas, de forma quantitativa, as analogias encontradas em 26 livros de Ciências, englobando as áreas de Biologia, Ciências Gerais, Física e Química, Ciências da Terra e Geologia. Nesses livros, os autores identificaram 216 analogias, uma média de 8,3 analogias por livro pesquisado. Porém, a distribuição das analogias nesses livros não ocorre de maneira uniforme. Em um dos livros de Ciências, os autores encontraram somente uma analogia e, em um dos livros de Química estudados, encontraram 22 analogias.

## REFERENCIAL TEÓRICO

Nos trabalhos produzidos em nosso grupo de pesquisa, AMTEC (Analogias e Metáforas e Modelos na Tecnologia, na Educação e na Ciência), do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, temos adotado como referencial teórico a Teoria do Mapeamento Estrutural (*Structural-mapping theory*) de Gentner (1983) e seus desdobramentos conceituais. Neste artigo, realizamos uma análise de algumas comparações encontradas nos livros didáticos a partir das considerações teóricas decorrentes dessa teoria. De acordo com essa teoria, entendemos que uma analogia consiste em um tipo de comparação que envolve um *mapeamento de similaridades entre relações* existentes entre elementos ou atributos desses elementos pertencentes a cada um dos dois domínios comparados – um domínio desconhecido, alvo da compreensão, e um domínio conhecido (base), familiar ao interlocutor da comunicação.

A partir dessa teoria, nós entendemos que toda comparação estabelece correspondências entre dois domínios de conhecimento: o domínio base ou familiar, que serve de fonte de conhecimentos, e o domínio alvo cuja compreensão constitui o motivo da comparação. Gentner (1983) distingue as analogias de outros tipos de comparação, como as *similaridades de mera aparência* e as *similaridades literais*. A distinção leva em consideração o tipo de correspondências estabelecidas entre os domínios base e alvo. Nas similaridades de mera aparência, há correspondências apenas entre atributos dos elementos que pertencem a cada domínio (tais como a forma, a cor, o tamanho). Nas similaridades literais, os atributos dos elementos que pertencem ao domínio fonte ainda devem corresponder a atributos de elementos que pertencem ao domínio alvo. Contudo, também deve haver correspondências entre relações existentes entre os elementos do domínio base e as relações existentes entre os elementos do domínio alvo (tais como relações de hierarquia, oposição e proporcionalidade). No caso das analogias, as correspondências são estabelecidas, exclusiva ou predominantemente, entre relações (Mozzer & Justi, 2013).

Gentner atribui às analogias um papel cognitivo superior. Para a autora as comparações por similaridade literal ou por mera aparência podem ser atraentes e úteis, localmente, mas possuem um poder explicativo limitado. Em uma analogia não interessa a quantidade de correspondências entre os elementos ou entre os atributos desses elementos presentes nos dois domínios. Ao invés disso, relações estruturais identificadas entre os elementos do domínio base devem corresponder a relações estruturais que são atribuídas aos elementos do domínio alvo. As semelhanças

superficiais entre os dois domínios não têm importância. Uma analogia serve para destacar correspondências entre relações (Gentner, 1983).

### **Mapeamento Estrutural**

Como já foi dito, a Teoria do Mapeamento Estrutural foi construída por meio de trabalhos de Gentner no início da década de 1980, no campo da Psicologia Cognitiva. Nas décadas seguintes, essa teoria recebeu desdobramentos no campo da Educação em Ciências. No Brasil, há trabalhos que também a têm adotado como um referencial teórico, como o de Mozzer & Justi (2013) e de Ferry & Paula (2015).

Em um trabalho posterior à publicação de 1983, Gentner & Markman (1997) apresentam de forma mais sistemática as diferenças entre as comparações analógicas e as comparações por similaridade literal. Nesse contexto, os autores fazem considerações mais pontuais a respeito da teoria do mapeamento estrutural das comparações. Segundo os autores, para “capturar” o processo da analogia, é necessário fazer suposições não somente a respeito dos processos de comparação, mas também sobre a natureza das representações cognitivas conceituais e sobre como essas representações e processos interagem. A partir dessa consideração, os autores afirmam que, portanto, “é necessário que tenhamos um sistema representacional que seja suficientemente explícito sobre a estrutura relacional para expressar as dependências causais que se correspondem nos domínios” (p. 47).

No seu texto inicial, Gentner (1983) apresenta a estrutura do mapeamento das correspondências entre os domínios com o seguinte padrão de representação:

$$A(b_i) \rightarrow [A(t_i)] \quad (1)$$

A expressão 1 representa uma correspondência entre atributos, isto é, entre um atributo (A) de algum elemento ou objeto do domínio base ( $b_i$ ) para um atributo de algum elemento ou objeto do domínio alvo (*target* –  $t_i$ ).

$$R(b_i, b_j) \rightarrow [R(t_i, t_j)] \quad (2)$$

A expressão 2, semelhantemente, representa uma correspondência entre relações de primeira ordem. Nessa segunda expressão, haveria uma correspondência entre uma relação entre os objetos  $b_i$  e  $b_j$ , pertencentes ao domínio base, e uma relação entre os objetos  $t_i$  e  $t_j$  do domínio alvo. Por se tratar de uma relação entre objetos, ou até mesmo entre atributos desses objetos, esse tipo de combinação é entendida como uma correspondência entre relações de primeira ordem. Já a expressão 3 representa outro tipo de correspondência:

$$R'(R_1(b_i, b_j), R_2(b_k, b_l)) \rightarrow [R'(R_1(t_i, t_j), R_2(t_k, t_l))] \quad (3)$$

Nessa terceira expressão, dizemos que  $R'$  representa uma relação entre relações, isto é, uma relação entre as relações estruturais  $R_1$  e  $R_2$ . Portanto, de acordo com a teoria,  $R'$  de cada domínio é entendida como uma relação de ordem superior.

Além desses aspectos fundamentais da teoria, Gentner & Markman (1997) descrevem ainda três restrições psicológicas no alinhamento estrutural de uma analogia:

- 1) **Consistência estrutural:** uma analogia deve ser estruturalmente consistente, ou seja, deve haver uma conectividade em paralelo e uma correspondência “um a um”. Essa conectividade em paralelo requer que as relações correspondentes possuam argumentos correspondentes, e a correspondência um a um limita qualquer

elemento em um domínio a no máximo um elemento correspondente no outro domínio.

- 2) *Foco relacional*: uma analogia deve envolver relações comuns, mas não precisa envolver descrições de objetos em comum; isto é, o foco de uma analogia deve estar nas relações, e não nos atributos dos objetos de cada domínio comparado.
- 3) *Sistematicidade*: o “princípio da sistematicidade” de uma analogia diz respeito a uma “preferência tácita por coerência e poder preditivo causal no processamento analógico” (Gentner & Markman, 1997, p. 47). Segundo os autores, as pessoas preferem mapear sistemas de relações conectados e governados por relações de ordem superior (relações entre relações), com importação inferencial, ao invés de mapear predicados (atributos ou relações de primeira ordem) isolados. Ainda segundo os autores, “um conjunto combinado (*a matching set*) de relações interconectadas por relações restritivas de ordem superior perfaz uma combinação analógica melhor do que um igual número de relações desconectadas entre si” (p. 47).

Tendo em vista essas considerações teóricas e a representação inicialmente proposta por Gentner (1983) para as correspondências entre os domínios comparados, optamos pelo padrão representacional elaborado por Ferry & Paula (2015) reproduzido no quadro 1 a seguir. De acordo com esse padrão e com a metodologia desenvolvida por esses autores, primeiramente devemos mapear os elementos, os atributos desses elementos e as relações entre esses atributos (ou entre os próprios elementos) por meio de um esquema explicitamente codificado. Nesse esquema, as correspondências entre os elementos de cada domínio são representadas por setas bidirecionais acompanhadas pela letra E (maiúscula), identificada por um número de ordem. As correspondências entre os atributos desses elementos são representadas por setas bidirecionais, acompanhadas, porém, pela letra A, com um número de ordem e endereçada ao elemento diretamente relacionado. As relações são representadas pelo mesmo sinal gráfico, acompanhadas pela letra r (minúscula) ou R (maiúscula). A letra minúscula representa uma relação de primeira ordem, enquanto a maiúscula representa uma relação de ordem superior.

**Quadro 1: Padrão de representação das correspondências estruturais no mapeamento das similaridades envolvidas numa comparação baseado na Teoria do Mapeamento Estrutural.**

| DOMÍNIO BASE  | REPRESENTAÇÃO DAS CORRESPONDÊNCIAS   | DOMÍNIO ALVO  |
|---|--|---|
| <b>Elemento análogo</b>   | $\longleftrightarrow E_n$  | <b>Elemento alvo</b>  |
| Um dos elementos que compõem o DB   | <i>Correspondências entre elementos serão representadas por uma seta bidirecional acompanhada da letra E</i> | Um dos elementos que compõem o DA   |
| <b>Atributos do elemento</b>  | $\longleftrightarrow A_n$  | <b>Atributos do elemento</b>  |
| Predicados de um elemento do DB baseados em uma única característica      | <i>Correspondências entre atributos serão representadas por uma seta bidirecional acompanhada da letra A</i> | Predicados de um elemento do DA baseados em uma única característica      |
| <b>Relações de 1ª ordem</b>   | $\longleftrightarrow r_n$  | <b>Relações de 1ª ordem</b>   |
| Relações entre dois ou mais elementos do DB ou entre suas características | <i>Correspondências entre relações de menor complexidade serão representadas por uma seta</i>                | Relações entre dois ou mais elementos do DA ou entre suas características |

|  |   |  |
|--|---|--|
|  | <i>bidirecional acompanhada da letra<br/>r</i>  |  |
| <b>Relações de ordem superior</b>  | $\longleftrightarrow R_n$   | <b>Relações de ordem superior</b>  |
| Relações estabelecidas entre relações previamente postuladas entre elementos do DB | <i>Correspondências entre relações de maior complexidade serão representadas por uma seta bidirecional acompanhada da letra R</i> | Relações estabelecidas entre relações previamente postuladas entre elementos do DA |

Fonte: Ferry & Paula (2015)

Os sinais gráficos apresentados no quadro 1, de acordo com Ferry & Paula (2015), podem, em casos específicos, vir acompanhados por um “X” para evidenciar qualquer correspondência com ênfase negativa, que privilegie uma diferença ou uma limitação de uma correspondência.

## METODOLOGIA

A seguir estão apresentados os critérios adotados para a seleção dos livros didáticos, os da seleção do tema ou tópicos de conteúdo programático de Química destinado para o Ensino Médio, e a sequência metodológica da análise.

### i. Critérios para seleção dos livros didáticos

Os livros para análise foram escolhidos a partir da aprovação das obras pelo Programa Nacional do Livro Didático para o triênio 2015, 2016 e 2017, segundo o Edital de Convocação 01/2013 (BRASIL, 2013). A partir de 13 obras inscritas, o processo de avaliação desse programa culminou em 4 obras aprovadas. O quadro 2 a seguir apresenta as 4 obras aprovadas, com suas respectivas codificações, que, conseqüentemente, serão analisadas no presente estudo.

**Quadro 2: Livros didáticos de Química do Ensino Médio aprovados pelo PNLD 2015.**

| Livro | Título da obra   | Autor(es)                         | Editora  | Ano  | Edição |
|-------|------------------|-----------------------------------|----------|------|--------|
| A     | Química          | Martha Reis                       | Ática    | 2013 | 1ª     |
| B     | Ser protagonista | Murilo Tissoni Antunes            | SM       | 2013 | 2ª     |
| C     | Química Cidadã   | Wilson Santos e Gerson Mol        | AJS      | 2013 | 2ª     |
| D     | Química          | Eduardo Mortimer e Andrea Machado | Scipione | 2013 | 2ª     |

### ii. Critérios para seleção do tema

Tendo em vista a frequência de analogias para determinados tópicos de conteúdo apontada na literatura pelos autores indicados na revisão bibliográfica, bem como a tradição evocada por esses mesmos pesquisadores a respeito do uso de analogias por autores de livros didáticos, escolhemos o tema “estrutura atômica” para levantar as comparações apresentadas nos livros escolhidos para a análise.

### iii. Sequência metodológica da análise

Fizemos uma leitura integral dos capítulos e seções que abordavam conceitos relacionados à estrutura atômica, identificando os enunciados que evidenciavam a proposição de alguma comparação. Em seguida, selecionamos para este trabalho uma comparação comum às coleções de livros, que fosse potencialmente analógica, a fim de mapeá-la estruturalmente conforme o nosso referencial teórico. Escolhemos



analisar a comparação entre o modelo atômico de Thomson e um pudim de passas ou ameixas.

Após a elaboração do mapeamento estrutural dessa comparação, fizemos sua validação triangulada entre três autores deste trabalho que atuam como professores de Química há mais de dez anos. Essa validação consistiu, primeiramente, em uma elaboração individual do mapeamento tentando-se alinhar estruturalmente todos os prováveis elementos, atributos e relações passíveis de correspondência entre os dois domínios, incluindo suas limitações relevantes. Após essa elaboração individual, os autores se reuniram para confrontar os três mapeamentos, identificando as correspondências em comum e discutindo a pertinência uma a uma, incluindo a das limitações. O mapeamento estrutural validado foi adotado como referência para a análise.

Na etapa seguinte foi analisado o nível de enriquecimento dado pelos autores das obras no estabelecimento dessa comparação. Ou seja, a partir do mapeamento estrutural validado, buscamos em cada livro as correspondências entre elementos, atributos e relações indicadas pelos autores na construção da comparação entre o modelo atômico e o pudim apresentado como análogo. Também analisamos se os autores reconheciam e discutiam as mesmas limitações previamente identificadas em nosso mapeamento.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

O quadro 3 apresenta o mapeamento estrutural prévio da comparação entre o modelo atômico e o pudim de passas.

**Quadro 3: Mapeamento estrutural das correspondências e limitações levantadas na comparação entre o Modelo Atômico de Thomson (DA) e o Pudim de Passas (DB).**

| Domínio Base   | Correspondências  | Domínio Alvo  |
|--|-------------------|---|
| Pudim de Passas  | $E_1$             | Átomo (modelo)  |
| Passas   | $E_2$             | Elétrons  |
| Massa do Pudim   | $A_1(E_1)$        | Massa do átomo  |
| Distribuição das passas no pudim   | $r_1(E_2, E_1)$   | Distribuição* dos elétrons no átomo                       |
| As passas não se movimentam no pudim   | $r_2(E_2, E_1)$   | Os elétrons se movimentam no átomo                        |
| Formato do pudim   | $A_2(E_1)$        | Formato do átomo  |
| Massa das passas   | $A_3(E_2)$        | Massa dos elétrons  |
| A massa do pudim é bastante superior a massa das passas  | $r_3(A_1, A_3)**$ | A massa do átomo é bastante superior a massa dos elétrons |
| Outras limitações: <ul style="list-style-type: none"> <li>No modelo atômico (DA) há cargas elétricas que não podem ser colocadas em correspondência com nenhum atributo do pudim de passas (DB).</li> <li>(*) Embora a teoria atômica de Thomson considere os elétrons distribuídos uniformemente em anéis concêntricos na estrutura atômica, esta característica normalmente não é considerada na apresentação do modelo atômico no Ensino Médio. Ainda trata-se de uma característica que não encontra correspondência no DB.</li> </ul> |                   |   |

- (\*\*) A relação entre as massas dos elementos em cada domínio é meramente qualitativa, e não uma razão matemática.

Fonte: Quadro elaborado pelos autores.

Primeiramente, devemos salientar que esse mapeamento estrutural da comparação entre o modelo atômico de Thomson e um pudim de passas, antes mesmo da análise feita nos livros didáticos, nos permitiu concluir que a mesma apresenta uma potencialidade analógica, podendo ser compreendida como uma **analogia**, e não como outro tipo de comparação; não se trata de uma comparação de mera aparência, por não envolver apenas atributos em correspondência, e nem de uma similaridade literal, embora o seu foco não esteja somente sobre as relações mapeadas. Há que se considerar, a respeito dessa comparação, que ao estabelecê-la, um autor de livro didático ou um professor de Ciências certamente não pretende afirmar que o modelo tenha uma aparência similar a de um pudim, nem tão pouco dizer que o modelo atômico seja literalmente como o pudim.

O mapeamento estrutural revela que essa analogia é estruturalmente consistente, uma vez que cada elemento do domínio base corresponde a somente um elemento do domínio alvo, não havendo dois elementos de um domínio correspondentes ao mesmo elemento do outro domínio. Além dessa característica, nosso mapeamento também revela que há no mínimo três relações de primeira ordem passíveis de serem abordadas e exploradas. Contudo, a nossa experiência cultural como professores nos permite afirmar que o foco dessa comparação normalmente é dado sobre a primeira relação codificada como " $r_1(E_2, E_1)$ " – uma relação de primeira ordem entre os elementos  $E_2$  (elétrons/passas) e  $E_1$  (átomo/pudim). Trata-se de uma relação de ordem estrutural, pois refere-se ao modo como os elementos da estrutura de ambos os domínios se relacionam. Por último, embora tenhamos mapeado três relações possíveis de serem colocadas em correspondência durante a construção dessa analogia, vimos que entre as mesmas não há uma sistematicidade como a que mencionamos em nosso referencial teórico. As três relações de primeira ordem ocorrem entre os elementos ou entre os atributos desses elementos, não se constituindo como relações entre relações.

Ao adotar o mapeamento estrutural dessa analogia (quadro 3) como referência para análise do nível de enriquecimento do modo como os autores a construíram nos livros didáticos, vimos que, no livro A, a autora não estabeleceu nenhum tipo de correspondência entre o domínio alvo e o análogo apresentados. Ela apenas fez uma advertência quanto a escala do átomo em relação ao tamanho da imagem apresentada, além das cores na imagem que não estão relacionadas à proposta do modelo. Semelhantemente, o autor do livro B também não estabeleceu nenhum tipo de correspondência entre os domínios, limitando sua apresentação apenas com informações relativas às cores usadas na representação do modelo. No livro C, embora os autores tenham apresentado uma descrição mais detalhada sobre o modelo proposto por Thomson, como a menção da existência de anéis concêntricos onde os elétrons estariam dispostos e o movimento em alta velocidade dos elétrons nesses anéis, em nenhum momento eles estabeleceram correspondências com o análogo apresentado. Já no livro D, apesar de terem usado o panetone como análogo ao invés do pudim de passas, os autores estabeleceram correspondências equivalentes; eles estabeleceram as correspondências  $E_1$  – átomo/pudim,  $E_2$  – elétrons/passas, e a relação  $r_1$  – os elétrons estão distribuídos no átomo / as passas estão distribuídas no pudim, como havíamos mapeado previamente.

## CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da analogia entre o modelo atômico de Thomson e um pudim de passas nos diferentes livros didáticos nos permitiu reconhecer que os autores abordaram essa comparação com níveis de enriquecimento semelhantes, com destaque ao livro D. As obras A, B e C não apresentaram qualquer tipo de correspondência entre o análogo e alvo, enquanto o autor do livro D, apesar do baixo nível de enriquecimento, foi o único a estabelecer correspondências ( $E_1$ ,  $E_2$  e a relação  $r_1$ ). Concluímos também que os autores poderiam ter explorado essa analogia em um nível de enriquecimento bem maior do que o modo como fizeram, explicitando melhor mais relações em correspondência e as limitações apontadas no quadro 3. Desse modo pudemos responder à nossa primeira questão: “*como autores de livros didáticos de Química têm explorado analogias construídas a partir de um mesmo domínio alvo?*”. Contudo, reconhecemos a limitação do nosso trabalho ao analisar somente um caso específico de analogia.

Caso tivéssemos adotado para análise a classificação de Curtis & Reigeluth (1984) para o nível de enriquecimento das analogias, diríamos meramente que nos livros A, B e C a comparação entre o modelo atômico de Thomson e um pudim de passas se classificaria como uma analogia *simples*, enquanto no livro D se classificaria como uma analogia *enriquecida*. Porém, o mapeamento estrutural prévio, discutido e validado pelos autores, serviu como referência para uma análise mais detalhada desse nível de enriquecimento, na medida em que possibilitou identificar a potencialidade da analogia. Desse modo pudemos responder à nossa segunda questão: *como distinguir diferentes níveis de enriquecimento dados por autores de livros didáticos na construção de analogias?*

Por fim, consideramos que a análise de outras analogias, conduzida a partir dos seus mapeamentos estruturais, poderá contribuir de forma significativa tanto para a compreensão da potencialidade desses recursos de mediação didática, quanto para o campo de estudos dedicados ao uso de analogias na Educação em Ciências.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CEFET-MG, grupo de pesquisa GEMATEC-AMTEC e a Secretária do Estado de Educação de Minas Gerais por colaborar para o desenvolvimento dessa pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADÚRIZ-BRAVO, A.; GARÓFALO, J.; GRECO, M.; GALAGOVSKY, L. Modelo didático analógico. Marco teórico y ejemplos. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, 1-6, 2005.
- BERNARDINO, M. A. D.; RODRIGUES, M. A.; BELLINI, L. M. Análise crítica das analogias do livro didático público de química do estado do paraná. *Ciência & Educa o* (Bauru), v. 19, n. 1, pp. 135-150, 2013.
- BRASIL, Ministério da Educa o. Edital de convoca o 01/2013 – CGPLI. Edital de convoca o para o processo de inscri o e avalia o de obras didáticas para o Programa Nacional do Livro Didático – PNLD 2015, 2013.
- CARVALHO, N.; JUSTI, R. Papel da Analogia do “mar de elétrons” na compreensão do modelo de liga o met lica. *Enseñanza de las Ciencias*. Numero extra. VII Congresso, 2005.
- CURTIS, R. V.; REIGELUTH, C. M. The use of analogies in written text. *Instructional Science*, Dordrecht, v. 13, n. 2, p. 99-117, 1984.
- DUARTE, Maria da Concei o. *Analogias na educa o em ciências: contributos e desafios*. Investiga es em Ensino de Ciências. 10(5), 2005.

FERRY, Alexandre da Silva. *Analogias e Contra-analogias: uma estratégia auxiliar para o ensino de modelos atômicos*. Belo Horizonte: Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, [Dissertação de Mestrado], 2008.

FERRY, A. S.; PAULA, H. F. Mapeamento estrutural de analogias e outras comparações em uma sala de aula de Química. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, X, Águas de Lindóia, 2015.

FRANCISCO JUNIOR, Wilmo Ernesto. Analogias em livros didáticos de química: um estudo das obras aprovadas pelo Plano Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio 2007. *Ciências & Cognição*. 14(1): 121-143, 2009.

FRANCISCO JUNIOR, Wilmo Ernesto. Um estudo das Analogias sobre equilíbrio Químico nos livros aprovados pelo PNLEM 2007. *Revista Ensaio*. V.13(2): 85-100, 2011.

GALAGOVSKY, L.Y. e ADÚRIZ-BRAVO, A. Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales: El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (2), 231-242, 2001.

GENTNER, Drede. *Structure-mapping: A theoretical framework for analogy*. *Cognitive Science*,. p. 155-170, 1983.

GENTNER, Drede.; A. B. MARKMAN. Structure-mapping in analogy and similarity. *American Psychologist* 52:45-56, 1997.

GLYNN, S. *Explaining Science Concepts: A Teaching-with-Analogies Model*. In: GLYNN, S. M.; YEANY, R.H. & BRITTON, B.K. (Eds). *The Psychology of Learning Science*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associate, 219-240. 1991.

HARRISON, Allan G.; TREAGUST, David F. Science Analogies: avoid misconceptions with this systematic approach. *The Science Teacher*, 61, p. 40-43, 1994.

MÓL, Gerson de Souza. *O uso de analogias no ensino de Química*. Brasília: Universidade de Brasília – Instituto de Química, [Tese de Doutorado], 1999.

MONTEIRO, I. G.; JUSTI, R. S. Analogias em Livros Didáticos de Química Brasileiros Destinados ao Ensino Médio. 5 (2): 67-91, 2000.

MOZZER, Nilmara; JUSTI, Rosária. Science Teachers' Analogical Reasoning. In *Research in Science Education*. 43(4): 1689-1713, 2013.

NAGEM, Ronaldo Luiz; CARVALHAES, Dulcinéia de Oliveira; DIAS, Jully Anne Yamauchi Teixeira. *Uma Proposta de Metodologia de Ensino com Analogias*. In: *Revista Portuguesa de Educação*, 14(1): 197-213. Universidade do Minho, 2001.

THIELE, R.; TREAGUST, D. An interpretative examination of high school chemistry teachers' analogical explanations. *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (3), 227- 242, 1994.

TREAGUST, D.; DUIT, R.; JOSLIN, P.; LINDAUER, I. Science Teachers' Use of Analogies: Observations from Classroom Practice. *International Journal of Science Education*, 14 (4), 413-422, 1992.

VENVILLE, G. J.; TREAGUST, D. F. The role of analogies in promoting conceptual change in biology'. *Instructional Science*, 24, p. 295-320, 1996.

WILBERS, J.; DUIT, R. On the micro-structure of analogical reasoning: the case of understanding chaotic systems. In: BEHRENDT, H. et al. *Research in Science Education- Past, Present and Future*. Netherlands: Kluwer Academic Publisher. p. 205-210, 2001.