



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA

GLÁUCIA DE SOUSA MURTA

**ANÁLISE ESTRUTURAL DE ANALOGIAS E OUTRAS COMPARAÇÕES EM
LIVROS DIDÁTICOS DE BIOLOGIA**

Belo Horizonte

2017



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA

GLÁUCIA DE SOUSA MURTA

**ANÁLISE ESTRUTURAL DE ANALOGIAS E OUTRAS COMPARAÇÕES EM
LIVROS DIDÁTICOS DE BIOLOGIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação Tecnológica do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Educação Tecnológica.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Ronaldo Luiz Nagem

COORIENTADORA: Prof^a Dr^a Fátima de Cássia de Oliveira Gomes

Belo Horizonte

2017

Murta, Gláucia de Sousa
S237f *Análise estrutural de analogias e outras comparações em livros didáticos de biologia / Gláucia de Sousa Murta. – 2017. 92 f.: il..*

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Tecnológica.
Orientador: Ronaldo Luiz Nagem.
Coorientadora: Fátima de Cássia de Oliveira Gomes.
Dissertação (mestrado) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais.

1. Biologia – Estudo e ensino – Teses. 2. Analogias – Teses. 3. Metáforas – Teses. 4. Livros didáticos – Teses. I. Nagem, Ronaldo Luiz. II. Gomes, Fátima de Cássia de Oliveira. III. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. IV. Universidade Federal de São João del-Rei. V. Título.

CDD 371.32



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA - PPGET
Portaria MEC nº. 1.077, de 31/08/2012, republicada no DOU em 13/09/2012

Gláucia de Sousa Murta

Análise estrutural de analogias e outras comparações em livros didáticos de biologia

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Educação Tecnológica do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG, em 29 de junho de 2017, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Educação Tecnológica, aprovada pela Comissão Examinadora de Defesa de Dissertação constituída pelos professores:

Prof. Dr. Ronaldo Luiz Nagem - Orientador
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

Prof.ª Dr.ª Mariana de Lourdes Almeida Vieira
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

Prof.ª Dr.ª Fátima de Cássia Oliveira Gomes
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

Prof.ª Dr.ª Sabina Maura Silva
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

Dedico esta dissertação a meu filho Benjamin, meu esposo Flávio, ao meu pai Wilson, a minha mãe Áurea, aos meus irmãos e a minha sogra. Obrigada pelo carinho e presença.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pela vida e pela realização dos meus sonhos de acordo com os Seus propósitos,

Ao meu amado esposo, Flávio por estar sempre ao meu lado me apoiando e ao meu filho Benjamin pelos maravilhosos momentos em sua companhia,

Ao meu pai Wilson e minha mãe Áurea pela paciência e carinho, a minha irmã Gleyce e ao meu irmão Wilker pela companhia e compreensão,

Ao Prof. Dr. Ronaldo Nagem, meu orientador, pela oportunidade, aprendizado, motivação e apoio nos momentos necessários,

À Prof^a Dr^a Fátima de Cássia, minha coorientadora, pela confiança, dedicação e suas contribuições valiosas em todos os momentos,

Ao Prof. Dr. Alexandre Ferry e ao Prof. Dr. Ivo de Jesus pelas contribuições preciosas no decorrer da pesquisa,

Aos colegas e professores do Mestrado em Educação Tecnológica do CEFET-MG pelo profissionalismo e dedicação,

Ao Grupo de Pesquisa GEMATEC pelas contribuições valiosas e decisivas no êxito dessa pesquisa,

Aos amigos da E.E. Francisco Menezes Filho pelo carinho e pela solidariedade nos momentos compartilhados,

À secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais que prontamente permitiu meu afastamento para dedicação ao meu trabalho de pesquisa,

Enfim, deixo registrado o meu agradecimento a todos que fizeram parte direta ou indiretamente desta minha jornada.

“Pode-se vencer pela inteligência,
pela habilidade ou pela sorte, mas
nunca sem trabalho. ”

A. Destoef

MURTA, Gláucia de Sousa. Análise estrutural de analogias e outras comparações em livros didáticos de Biologia. Orientador: Ronaldo Luiz Nagem. 2017. Programa de Pós-graduação em Educação Tecnológica do Centro Federal de Educação Tecnológica, Belo Horizonte. [Dissertação de Mestrado]

RESUMO

Nossa pesquisa se refere ao modo como as comparações utilizadas por autores de livros didáticos como analogias e metáforas são apresentadas, construídas para o ensino de conceitos, fenômenos ou teorias no contexto do ensino de Biologia. Dessa maneira o trabalho foi desenvolvido a partir da seguinte questão: quais as características de comparações explícitas potencialmente analógicas presentes em livros didáticos de Biologia da Educação Básica para o ensino de conceitos, fenômenos ou teorias? E das expressões de caráter metafórico? Nosso problema de pesquisa nos conduziu a análise de livros didáticos aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD 2015-2017) nos capítulos, seções sobre Citologia. Analisamos estruturalmente as comparações que encontramos nesses capítulos. Utilizamos como referencial teórico metodológico a Teoria do Mapeamento Estrutural proposta por Gentner (1983) e colaboradores, e a Teoria das Múltiplas Restrições Holyoak & Thagard (1989). A análise das comparações evidenciou que: (i) as comparações com mesmo DB e DA em obras diferentes foram exploradas de maneira diferenciada; (ii) os autores de livros didáticos tiveram a intenção de descrever apenas aspectos estruturais e ou funcionais.

Palavras chave: analogias, ensino de Biologia, Mapeamento estrutural, Livro didático.

MURTA, Gláucia de Sousa. Análise estrutural de analogias e outras comparações em livros didáticos de Biologia. Orientador: Ronaldo Luiz Nagem. 2017. Programa de Pós-graduação em Educação Tecnológica do Centro Federal de Educação Tecnológica, Belo Horizonte. [Dissertação de Mestrado]

ABSTRACT

Our research focus on the way that comparisons used by textbooks authors, like analogies and metaphors are presented and built to concepts teaching, phenomena or theories in the biology teaching context. Accordingly this research was developed based on the following question: What are the characteristics of explicit potentially analogics comparisons present in biology textbooks of basic education to concept teaching, phenomena or theories? And, concerning methaforical expressions? Our research goal made us analyze textbooks approved by National Program of Didactic Book for the triennium 2015-2017, in the chapters and sections related to Cytology. We analyzed, structurally, the comparisons that we have found in these chapters. We used as methodological theoretical referential the Structural Mapping Theory proposed by Gentner (1983) and collaborators, and the Multiple Constraints Theory, Holyoak & Thagard (1989). The analysis of the comparisons indicated that: (i) the comparisons with the same base domain (DB) and target domain (DA) in different books were explored on a different way; (ii) authors of textbooks have intended to describe only functional and structural aspects.

Keywords: Analogies, Biology teaching, structural mapping, textbooks

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo de isomorfismo em uma comparação de Biologia.....	34
Figura 2 – Exemplos de comparações envolvendo diferentes similaridades semânticas.....	35
Figura 3 – Síntese da sequência metodológica adotada para a primeira parte da análise de alguns tipos de comparações nos livros didáticos de Biologia.....	50
Figura 4 – Representação da ligação entre as substâncias mensageiras e os receptores de membrana plasmática.....	65
Figura 5 – Isomorfismo entre frases que descrevem a correspondência D_1	72

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Distribuição das apresentações analógicas nas coleções didáticas de Biologia em relação aos tópicos conceituais.....	23
Quadro 2 – Tipos de comparação, foco das correspondências e exemplos das comparações.....	29
Quadro 3 – Obras aprovadas para a disciplina de Biologia PNLD-2015/2017.....	41
Quadro 4 – Padrão de representação das correspondências no mapeamento estrutural de uma comparação.....	45
Quadro 5 – Relação dos manuais do professor que apresentaram ou não sugestões, atividades sobre o uso de analogias e/ou metáforas no livro didático.....	53
Quadro 6 – Mapeamento estrutural da comparação entre a “molécula de sabão” e a molécula de fosfolipídio.....	57
Quadro 7 – Mapeamento estrutural da comparação que trata das características dos fosfolipídios apresentadas pelos autores do LD2.....	60
Quadro 8 – Mapeamento estrutural da comparação entre o mecanismo chave-fechadura e os receptores de membrana.....	62
Quadro 9 - Mapeamento estrutural da comparação entre a “chave-fechadura” e os receptores de membrana.....	65
Quadro 10 - Mapeamento estrutural da comparação entre a gasolina e os alimentos.....	68
Quadro 11 - Mapeamento estrutural da comparação entre o gás de cozinha e a molécula de glicose.....	70
Quadro 12 - Mapeamento estrutural da comparação entre o prédio em construção e a célula.....	73

LISTA DE TABELAS

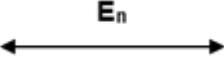
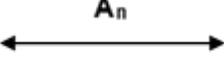
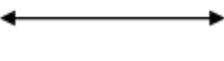
Tabela 1– Número e porcentagem de comparações de Citologia por livro didático analisado.....54

Tabela 2 - Quantidade de comparações por tópico relacionadas ao conteúdo de Citologia.....55

LISTA DE SIGLAS

CEFET-MG	Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CNLD	Comissão Nacional do Livro didático
DA	Domínio alvo
DB	Domínio base
FAE	Fundação de Assistência ao Estudante
FNDE	Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação
GEMATEC	Grupo de Estudos em Metáforas, Modelos e Analogias na Tecnologia, na Educação e na Ciência
LD1	Livro Didático 1
LD2	Livro Didático 2
LD3	Livro Didático 3
LD4	Livro Didático 4
LD5	Livro Didático 5
LD6	Livro Didático 6
LD7	Livro Didático 7
LD8	Livro Didático 8
LD9	Livro Didático 9
MEC	Ministério da Educação
Plidef	Programa do livro didático para o Ensino Fundamental
PNLD	Programa Nacional do Livro Didático
PNLEM	Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio

LISTA DE NOTAÇÕES E SÍMBOLOS

m	Mapeamento
	Correspondência entre elementos (E)
	Correspondência entre elementos (A)
	Correspondência entre relações de primeira ordem ou menor complexidade (r)
	Correspondência entre relações de segunda ordem ou maior complexidade (R)
	Limitação da comparação (L); diferença alinhável (D)

SUMÁRIO

1 – Introdução	14
1.1- Apresentação do tema e objeto de estudo.....	14
1.2 – Justificativa.....	15
1.3 – Panorama do trabalho.....	16
2 – Revisão Bibliográfica	18
3 – Referencial Teórico	28
3.1 – Teoria do Mapeamento Estrutural das analogias.....	28
3.2 - Os diferentes tipos de comparações.....	28
3.3 – As limitações das comparações.....	31
3.4 - Mapeamento Estrutural.....	32
3.5 - As restrições das analogias.....	33
4 – Metodologia	37
4.1 Natureza da pesquisa.....	37
4.2 Etapas da pesquisa.....	38
4.3 – Pesquisas sobre analogias, metáforas e livros didáticos.....	39
4.4 – Os Editais e as orientações para a elaboração do livro didático.....	40
4.5 – Manual do professor.....	40
4.6 – O livro didático.....	41
4.7 – A escolha do tema.....	41
4.8 – Padrão de Representação do Mapeamento Estrutural das Comparações.....	43
4.9 – Procedimentos para a análise das comparações.....	46
5 - Resultados e discussão	51
5.1 - Resultado da análise dos Editais e do Manual do Professor.....	51
5.2 - Resultado da análise dos livros didáticos de Biologia.....	53
5.3 – Mapeamento Estrutural das Comparações.....	55
6 Considerações finais	77
Referências bibliográficas.....	80
Apêndice A	85

1 INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação do tema e objeto de estudo

As analogias são atualmente apontadas por muitos pesquisadores como recursos didáticos importantes no ensino e na aprendizagem de assuntos científicos, sobretudo no caso de temas complexos, como o uso de analogias e metáforas para auxiliar na formulação de uma ideia, um conceito ou um modelo científico (TERRAZZAN et al, 2003). Embora as analogias e as metáforas sejam amplamente empregadas no ensino de Ciências, uma quantidade significativa de trabalhos nesse campo de estudos revela que, geralmente, os professores utilizam esses recursos de mediação de modo espontâneo e pouco reflexivo (FERRY, 2016).

De acordo com Pedroso et al (2007) é comum professores e autores de livros utilizarem as analogias e metáforas como recurso didático, porém, o modo como são abordadas nos dois casos é, muitas vezes, distinto. Segundo esses autores, enquanto o professor, no decorrer da construção da analogia ou metáfora, deve orientar e guiar o estudante a compreender a comparação entre o domínio familiar e o domínio desconhecido, podendo fazer interferência e esclarecer o que não ficou compreendido, o livro-texto representa um caso de linguagem escrita, que não apresenta nenhum mecanismo para avaliar o quanto os estudantes compreenderam a analogia e/ou a metáfora. Terrazzan et al (2003) reforça essa constatação quando comenta que não há no manual do professor dos livros didáticos nenhuma informação ou orientação quanto a presença e o uso de analogias e metáforas de forma sistematizada. Para Hoffmann & Scheid (2007) o uso não planejado desses recursos pode causar confusões e favorecer o surgimento ou a manutenção de concepções alternativas inadequadas nos estudantes, principalmente se domínio familiar não for conhecido pelos estudantes.

A pesquisa apresentada nesta dissertação se refere ao modo como as comparações utilizadas por autores de livros didáticos como analogias e metáforas são apresentadas, construídas para o ensino de conceitos, fenômenos ou teorias no contexto do ensino de Biologia. Dessa maneira o trabalho foi desenvolvido a partir

da seguinte questão: *quais as características de comparações explícitas potencialmente analógicas presentes em livros didáticos de Biologia da Educação Básica para o ensino de conceitos, fenômenos ou teorias? E das expressões de caráter metafórico?*

A pesquisa foi desenvolvida a partir de quatro questões norteadoras que auxiliaram na metodologia aplicada nesse trabalho: (i) como as comparações aparecem no Manual do professor nos livros didáticos?; (ii) como diferenciar as formas pelas quais os autores de livros didáticos estabelecem as comparações? (iii) quais são os aspectos estruturais dessas comparações?; (iv) com quais níveis de enriquecimento as analogias aparecem nos textos didáticos de ensino de Biologia para explicar conceitos, fenômenos ou teorias?

Para responder a essas questões realizamos a leitura integral dos capítulos e seções sobre o tema Citologia nos livros didáticos de Biologia aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) para o triênio 2015-2017. Em seguida identificamos as comparações, selecionamos e analisamos estruturalmente as mesmas.

Fundamentamos o nosso referencial teórico por meio da concordância de duas teorias no campo da Psicologia cognitiva: a Teoria do Mapeamento Estrutural de Gentner (1983) e a Teoria das Múltiplas Restrições Holyoak & Thagard (1989). A Tese de Ferry (2016) foi pioneira a respeito de utilizar a concordância das duas teorias ao analisar analogias e outras comparações construídas por um professor em sala de aula para ensinar Química. Portanto, também adotamos a pesquisa realizada por Ferry (2016) como referencial teórico e metodológico.

1.2 Justificativa

Na maioria das vezes, o modo de ensinar Biologia está desvinculado do contexto do estudante, não o auxiliando a compreender o cotidiano. A aprendizagem por memorização faz com que o estudante perceba a Biologia como uma sucessão de nomes, processos ou conceitos que precisam ser decorados. Este tipo de aprendizagem não leva em consideração que a Biologia exige do estudante uma compreensão dos complexos fenômenos biológicos para entender o mundo que o

cerca. Para que haja uma compreensão efetiva da Biologia ensinada na escola o estudante precisa conseguir estabelecer relações entre a informação nova e os conhecimentos que já possui, ou seja, é necessário que a informação adquirida tenha significado, chamada por Ausubel (1978) de aprendizagem significativa (PEDROSO et al, 2007).

As aulas tradicionais e expositivas só reforçam as concepções de senso comum em que é necessário “decorar os conceitos biológicos” e, portanto, não contribuem para que os estudantes tenham uma aprendizagem significativa. Na tentativa de contribuir para mudar esse panorama, algumas sugestões são apontadas na literatura específica da área, entre elas o uso adequado de analogias e metáforas por professores, estudantes e autores de materiais didáticos.

Nagem et al (2003) estabeleceram algumas observações importantes sobre o estudo das analogias e das metáforas em livros didáticos: (i) os livros didáticos contém uma introdução com informações de como utilizá-lo de maneira eficaz, porém não há menções sobre o uso dessas comparações, nem mesmo nos livros com amplo uso de analogias; (ii) o repertório de boas analogias, de alguns autores de livros didáticos, parece ser limitado e as estratégias concernentes ao uso eficaz de analogias e metáforas não parecem ser conhecidas por muitos deles.

Na nossa revisão bibliográfica constatamos diversos trabalhos na área de uso de analogias e metáforas que apontaram para um levantamento dos tipos de analogias e metáforas presentes em livros didáticos de Biologia, porém nenhum deles na perspectiva do mapeamento estrutural de Gentner (1983).

Considerando o contexto do ensino de Ciências e a importância dada ao livro didático por professores e estudantes, acreditamos ser relevante analisar estruturalmente comparações propostas em livros didáticos de Biologia. O tema escolhido para análise estrutural de comparações foi a *Citologia*, os motivos e critérios estão descritos no tópico 4.

1.3 Panorama do trabalho

No primeiro tópico foram apresentados o tema de estudo, o objeto e o problema de pesquisa, as questões que nortearam o trabalho, uma apresentação geral e a justificativa para realização do estudo.

No segundo tópico, elaboramos uma revisão da literatura sobre o uso de analogias e metáforas no ensino de ciências. Apresentamos alguns trabalhos de pesquisa relevantes realizados em livros didáticos de Biologia nos últimos 15 anos.

No terceiro tópico, apresentamos o referencial teórico desenvolvido para o estudo de analogias e outras comparações, a Teoria do Mapeamento Estrutural de Gentner (1983) e colaboradores e a Teoria das Múltiplas Restrições de Holyoak & Thagard (1989).

No quarto tópico encontra-se a metodologia de trabalho, inicialmente com a natureza da pesquisa, depois apresentamos as etapas da pesquisa, os critérios para seleção dos livros didáticos e do tema, o padrão de representação do mapeamento estrutural das comparações e os procedimentos para análise das comparações.

No quinto tópico apresentamos o resultado da análise realizada nos Editais, no Manual do Professor e análise estrutural das comparações selecionadas dos livros didáticos de Biologia com seus respectivos mapeamentos estruturais e análise do nível de enriquecimento e adequação pragmática.

No sexto e último tópico, retomamos as questões norteadoras respondendo-as à luz dos nossos resultados. Apresentamos nossas considerações finais com algumas contribuições para o uso de analogias e metáforas ensino de Ciências.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As analogias e as metáforas

As primeiras teorias sobre a analogia e a metáfora surgiram na Grécia clássica e são atribuídas a Aristóteles (séc. IV a.C). Desde então, as analogias e as metáforas têm sido utilizadas como recursos por poetas, teóricos da argumentação, teólogos e filósofos. (HOFFMANN & SCHEID, 2007).

De acordo com Francisco Júnior (2010) as analogias e as metáforas estão inseridas em várias situações do cotidiano e, geralmente configuram-se numa comparação entre dois eventos: um que se pretende explicar e, portanto, desconhecido, e outro já conhecido e que servirá de referência.

Segundo Ferraz & Terrazan (2001) várias investigações sobre analogias e metáforas mostraram sua importância como sendo própria e central ao conhecimento humano. O nosso sistema conceitual comum, que orienta nosso pensamento e nossas ações, é fundamentalmente metafórico por natureza. Garcia (1988, p.77) declarou que “por uma espécie de automatismo psíquico, uma ideia ou imagem quase sempre nos evoca outra que se lhe opõe ou se lhe assemelha. Constitui por assim dizer uma operação normal do espírito estabelecer contrastes e analogias”.

Para Santos et al (2011) muitas vezes as analogias e as metáforas são consideradas sinônimos, pois são comparações entre domínios de conhecimentos, um familiar (base) e outro desconhecido (alvo), que se relacionam nas suas similaridades.

Entretanto, Goulart (2008) considerou as metáforas, como, comparações implícitas realizadas por meio de descrições entre conceitos que destacam qualidades que não se coincidem; enquanto as analogias são comparações explícitas, que as relações entre os conceitos são enunciadas e determinadas. De maneira similar Nagem et al (2003, p.5) declarou que “uma analogia compara explicitamente, as estruturas de dois domínios, indica a identidade e as partes das estruturas e, uma metáfora compara implicitamente, salientando características ou qualidades relativas que não são coincidentes em dois domínios.

Mozzer & Justi (2015, p.132) concordaram com os autores quando afirmaram que “na analogia existe uma identidade entre os elementos nos diferentes domínios e as relações entre eles são explicitamente mapeadas”, enquanto “na metáfora a comparação é implícita e os atributos e relações não são coincidentes nos dois domínios”.

Gentner (1983) definiu que a 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. Cachapuz (1989) também considerou que na analogia a transferência de significados de um domínio para outro diz sobretudo respeito a relações, enquanto que nas metáforas a transferência de significados ocorre sobre os atributos.

Um exemplo para ilustrar a diferença entre uma comparação implícita (uma metáfora) e uma comparação explícita (uma analogia) seria: a) Paulo é um leão (na metáfora, não indica o que se compara, é implícito, pode ser qualquer característica sobre o leão); b) Paulo é forte como um leão (a analogia, indica a qualidade “força” e está explícita na oração).

Os trabalhos de pesquisa sobre analogias e metáforas apresentam uma terminologia variada para denominar: (1) domínio familiar: *análogo* (DUIT, 1991; GLYNN, 1991); *veículo* (CURTIS & REIGELUTH, 1984; NAGEM et al, 2001), base (GENTNER, 1983), *fonte* (BORGES, 1997) e (2) domínio desconhecido: *alvo* (CURTIS & REIGELUTH, 1984; BROWN & CLEMENT, 1989; DUIT, 1991; NAGEM et al, 2001), *tópico* (GONZÁLEZ, 2005).

As comparações como recurso didático

Para Ferraz & Terrazzan (2001) na perspectiva educacional, as analogias e metáforas são ferramentas de uso frequente no processo de construção de noções científicas, estabelecendo relações entre sistemas distintos. Esses autores declaram que segundo Cachapuz (1989) “analogias são geralmente mais exploradas do que as metáforas nos manuais escolares talvez por seu caráter mais estruturante” (FERRAZ & TERRAZZAN, 2001).

Segundo Duarte (2005) o que parece consenso na literatura é, “a ideia de que o processo cognitivo subjacente à analogia é baseado no raciocínio analógico”. (DUARTE, 2005, p. 11)

Francisco Júnior (2010) descreveu algumas habilidades que são desenvolvidas no uso de analogias

[...] promove muitas habilidades, além do desenvolvimento conceitual. Estabelecer semelhanças entre o análogo e o alvo exige levantamento e a organização de informações, de comparações e de hipóteses. Interpretar um fenômeno a partir de uma analogia requer atitudes críticas de teste de hipóteses, seleção das semelhanças mais evidentes e a desconsideração de semelhanças superficiais. Percepção e imaginação são também fundamentais na seleção de aspectos comuns a serem considerados e dos aspectos não comuns a serem desconsiderados (FRANSCISCO JÚNIOR, 2010, p. 71).

Todavia, Francisco Júnior (2010) adverte que o uso dessa ferramenta necessita ser cuidadoso, pois ao mesmo tempo que contribui favoravelmente, seu uso inadequado também pode, além de dificultar, criar obstáculos à aprendizagem. Duarte (2005) também advertiu para alguns problemas/dificuldades da utilização das analogias no ensino de ciências: (i) a analogia pode ser interpretada como o conceito em estudo, ou destacar detalhes irrelevantes, sem atingir o que se pretendia; (ii) o raciocínio analógico pode não ocorrer, comprometendo a compreensão da analogia; (iii) os estudantes podem centrar-se nos aspectos positivos da analogia e desvalorizar as suas limitações; e (iv) a analogia pode não ser reconhecida como tal, não ficando explícita a sua utilidade.

Além desses fatores, Clement (1993) considerou que as analogias podem não produzir o resultado esperado, porque elas não parecem ser tão óbvias aos estudantes, quanto são para os professores. Outro ponto importante que poderia também criar obstáculo à aprendizagem é o fato de que em certas comparações o conceito análogo (domínio base) não é suficientemente familiar. Sendo assim, os estudantes não encontram os pontos de similaridade entres os domínios, que parece ser óbvio para os professores, no entanto, pode estar inacessível aos estudantes (DUIT, 1991).

Um dos fatores negativos pode ser o uso espontâneo de analogias por professores, de acordo com Francisco Júnior (2010), mesmo sem perceber,

inúmeras analogias são empregadas em sala de aula. Com base em vários trabalhos a preocupação do emprego de analogias e metáforas como ferramenta didática se justifica, uma vez que seu uso espontâneo é, quase sempre inadequado. Portanto, ao invés de facilitar a aprendizagem, as analogias e as metáforas podem levar os estudantes a desenvolverem conceitos equivocados cientificamente (FRANSICO JÚNIOR, 2010).

Ainda mais preocupante é o fato de muitos livros didáticos trazerem analogias inadequadas, provendo também obstáculos à aprendizagem (LOPES, 1992). Segundo Francisco Júnior (2010) quando professores empregam as analogias de maneira não sistematizada, podem também criar distorções nos conceitos científicos devido a supervalorização de impressões imediatas. O autor afirma que não é somente a analogia que contribui à formação de obstáculos, mas também seu uso inadequado (FRANCISCO JÚNIOR, 2010).

De acordo com De Andrade et al (2008) precisamos ter cuidado com o uso de analogias e metáforas apresentadas nos livros didáticos pois, em geral, não parece haver preocupação por parte dos autores, com a forma de abordagem dessas comparações nos livros, ou seja, não se consegue estabelecer se as apresentações obedecem a alguma abordagem sistematizada. Segundo os autores

Estas apresentações em Biologia, não evidenciam uma preocupação com as características do conceito-análogo (isto é, aquele que é mais familiar ao aluno) que não serão utilizadas como referências para se pensar sobre o conceito-alvo (ou seja, aquele que se pretende ensinar). Isto pode contribuir para a formação ou reforço de concepções alternativas, baseadas justamente em aspectos onde o análogo e o alvo não se correspondem” (DE ANDRADE et al, p.2, 2008).

Por isso é interessante que os autores de livros didáticos tenham uma estratégia bem definida (conselhos, orientações, guias) para apresentá-las por escrito, auxiliando (estudantes e professores) a identificarem e a aplicarem a analogia ou a metáfora adequadamente (OLIVA et al, 2001).

Analogias em livros didáticos de Biologia

Apresentamos a seguir pesquisas realizadas sobre analogias em livros didáticos de Biologia nos últimos 15 anos. Em todos eles, a metodologia de análise adotada foi o modelo TWA (Teaching with analogies). Este modelo foi proposto

inicialmente proposto por Glynn (1991) e depois modificado por Harrison e Treagust (1993). O TWA surgiu de uma análise crítica e comparativa sobre a forma como as analogias se apresentavam em 43 livros didáticos da área de Ciências Naturais. A estruturação desse modelo está baseada no fato de que o essencial para a utilização de analogias como recurso didático é: (1) a compreensão das relações analógicas possíveis e (2) dos limites de validade da analogia. O modelo TWA possui seis passos metodológicos para se ensinar com analogias, com o objetivo de introduzir uma abordagem sistematizada (TERRAZZAN et al, 2003).

1. Introdução da “situação alvo” a ser ensinada;
 2. Introdução da “situação análoga” a ser utilizada;
 3. Identificação das características relevantes do “análogo”;
 4. Estabelecimento das similaridades entre o “análogo” e o “alvo”;
 5. Identificação dos limites de validade da analogia;
 6. Esboço de uma síntese conclusiva sobre a “situação alvo”.
- (TERRAZZAN et al, 2003, p. 4)

Embora o modelo TWA tenha sido elaborado com o propósito de orientar a utilização de analogias como recurso didático, o mesmo foi utilizado por vários autores como uma ferramenta de análise do nível de enriquecimento das analogias.

Terrazzan et al (2003) apresentaram um artigo sobre o uso de analogias em coleções didáticas de Biologia, de Física e de Química, destinadas ao Ensino Médio. Esse trabalho foi relevante por apontar o grande número de analogias presentes nas coleções de Biologia em contraste com as encontradas em outras coleções. Foram selecionadas as coleções mais utilizadas por professores da rede pública de Santa Maria/RS, sendo quatro coleções didáticas de Biologia e de Química e três de Física. Além dessas coleções, foram incluídas para análise mais duas coleções de Física. O artigo não especificou a metodologia utilizada para identificar as comparações como sendo analogias, apenas mencionou que a identificação se deu por “apresentações que foram separadas de acordo com a situação explicitamente utilizada para estudo, ou apenas sugerida ou subtendida envolvendo um conceito, uma lei, um fenômeno ou um modelo, bem como a correspondente situação análoga ou a analogia utilizada” (idem, p. 14). Os autores utilizaram o termo “apresentações” para se referir às comparações potencialmente analógicas. A partir da quantificação das apresentações, as mesmas foram analisadas pelo Modelo TWA (GLYNN, 1991; HARRISON & TREAGUST, 1993). O resultado mostrou um total de 549

apresentações com uso de analogias: 414 nas Coleções de Biologia, 71 na de Física e 64 na de Química. Entre as apresentações identificadas nas Coleções Didáticas de Biologia, encontraram 352 analogias diferentes e 40 destas se repetiram. Outro dado interessante foi que apesar do número total de apresentações nas Coleções de Biologia ser significativamente maior do que nas outras áreas, na grande maioria dessas apresentações houve apenas uma ou duas relações analógicas pretendidas ou explicitadas. Diferentemente na Física e na Química, em que o número de apresentações foi menor, porém, os autores encontraram, na maior parte dos casos, três ou quatro relações analógicas, e até mais, em alguns deles.

Em outro trabalho sobre o uso de analogias em livros didáticos, Pedroso et al (2007) pesquisaram duas coleções de Biologia destinadas ao Ensino Médio, sendo uma coleção constituída de três volumes de 1994 e 1995 e outra do mesmo autor, volume único de 2004. O objetivo foi verificar: (i) que tópicos conceituais da Biologia mais suscitavam o uso de analogias; (ii) a estruturação das analogias apresentadas pelos mesmos autores nas Coleções e (iii) as evoluções no uso de analogias entre as Coleções didáticas. As analogias encontradas nas duas coleções foram analisadas seguindo o modelo TWA e depois classificadas segunda a proposta de Curtis & Reigeluth (1984). O quadro 1 mostra o resultado da distribuição das apresentações analógicas nas coleções didáticas de Biologia em relação aos tópicos conceituais.

Quadro 1 – Distribuição das apresentações analógicas nas coleções didáticas de Biologia em relação aos tópicos conceituais.

Tópico Conceitual	Coleções didáticas	
	Coleção 3 volumes	Coleção volume único
	%	%
Citologia	37	43
Zoologia	27	23
Histologia/Embriologia	18	15
Genética/Evolução	11	06
Botânica	0	09
Ecologia	7	04
Total	100	100

Fonte: PEDROSO, C. V.; AMORIM, M. A. L.; TERRAZZAN, E. A. Uso de analogias em livros didáticos de Biologia: um estudo comparativo. VI Encontro Nacional de Pesquisadores em Educação em Ciência. Anais... Paraná: Florianópolis, 2007.

O resultado mostrou que na coleção de 3 volumes foram identificadas 82 apresentações analógicas e 75 apresentações na de volume único, sendo que 23 delas se repetiram nas duas coleções. A análise revelou também que o tópico Citologia apresentou um maior número de “apresentações analógicas”, 37% e 43% conforme mostrado no Quadro 1.

Apenas duas apresentações se destacaram dentre as 59 na coleção de volume único: a primeira foi considerada uma boa analogia para ser estruturada como atividade didática, pois contemplava cinco passos do modelo TWA, entretanto limitações desta analogia não foi contemplada e a segunda mereceu destaque por aparecer nas quatro coleções didáticas analisadas, embora os autores não a consideraram bem estruturada.

Hoffmann & Scheid (2007) também analisaram analogias presentes em quatro livros didáticos de Biologia fornecidas por escolas públicas do município de São Luiz Gonzaga/RS. Os procedimentos após o levantamento das analogias foram: (i) identificação de uma possível aplicação do modelo TWA; e (ii) classificação das mesmas nas nove categorias que dizem respeito ao nível de organização, criadas por Ferraz & Terrazzan (2001), são elas: (1) analogias simples; (2) analogias do tipo simples referindo-se a função; (3) analogias do tipo simples referindo-se à forma; (4) analogias do tipo simples referindo-se à função e a forma; (5) analogias do tipo simples referindo-se aos limites do análogo; (6) analogias enriquecidas; (7) analogias duplas ou triplas; (8) analogias múltiplas e (9) analogias estendidas. As autoras classificaram as analogias como sendo explícitas e não-implícitas, não fazendo distinção o que são analogias e o que são metáforas. Apresentaram exemplos, porém não quantificaram o número de analogias encontradas. Ressaltaram que analogias não explicitadas poderiam tornar-se fatores complicadores no processo de aprendizagem de conceitos científicos, levando os estudantes a produzir/ e/ou reforçar erros conceituais.

Santos et al (2011) investigaram livros didáticos de Biologia sobre o tema Zoologia, usaram como material de pesquisa nove livros aprovados no Programa Nacional do Livro Didático para o ensino Médio (PNLDEM) de 2007. Os procedimentos foram: (1) verificação e quantificação do número de analogias utilizadas, não consideraram a repetição das mesmas em outras partes analisadas do livro; (2) classificação dos tipos de analogias segundo Curtis & Reigeluth (1984);

e (3) aplicação do método TWA de Glynn (1991) posteriormente atualizado por Harrison & Treagust (1993) para a análise do nível de enriquecimento das analogias. Como resultado encontraram 57 analogias, sendo que apenas 5,2% apresentaram correspondência entre o alvo e o análogo. Em apenas uma analogia houve ponderação sobre os limites, porém sem realização de síntese ou uma conclusão da analogia apresentada. Os resultados evidenciaram que os autores dos livros didáticos não exploraram o poder heurístico e explicativo das analogias. Santos et al (2011) perceberam que as analogias são sempre simples e relacionadas a estrutura: forma, aparência.

Os resultados das pesquisas (TERRAZZAN et al, 2003; PEDROSO et al, 2007; HOFFMANN & SCHEID, 2007; SANTOS et al, 2011) revelaram observações importantes sobre o uso de comparações em livros didáticos de Biologia: (1) as comparações apareceram de maneira simplificada, apontando apenas aspectos estruturais e/ou funcionais dos domínios comparados; (2) raramente apresentaram aspectos relacionais; e (3) limitações entre o domínio familiar e o desconhecido (alvo), não favorecendo, assim, uma reflexão sobre as semelhanças e diferenças como estratégia de “internalização” do conteúdo e a prática do pensamento analógico, evitando, portanto a memorização de características ou de conteúdo (NAGEM et al, 2001).

O livro didático e o PNLD

O livro didático é um dos recursos mais usados pelos professores do Ensino Médio. Para alguns professores ele é um dos poucos materiais didáticos disponíveis, e pode ser para outros estudantes e professores a única fonte de informação (SANTOS et al, 2011). Portanto, o livro didático ainda assume um papel de destaque principalmente nas escolas públicas que recebem o livro didático gratuitamente pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD).

Em outro trabalho de pesquisa, Núñez et al (2003) declararam que o livro didático

[...] passou a ser o principal controlador do currículo. Os professores utilizam o livro como o instrumento principal que orienta o conteúdo a ser administrado, a sequência desses conteúdos, as atividades de aprendizagem e avaliação para o ensino das Ciências. O uso do livro didático pelo (a) professor(a) como material didático, ao lado do currículo, dos programas e outros materiais, instituem-se historicamente como um dos instrumentos para o ensino e a aprendizagem (NUÑEZ et al, 2003, p.2).

O Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) é o mais antigo dos programas voltados à distribuição de obras didáticas aos estudantes da rede pública de ensino brasileira e iniciou-se, com outra denominação, em 1929. Ao longo desses 87 anos, o programa foi aperfeiçoado e teve diferentes nomes e formas de execução. Atualmente, o PNLD é voltado à educação básica brasileira, tendo como única exceção os alunos da educação infantil (BRASIL/FNDE, 2017).

Um breve histórico do PNLD

Em 1929 o Governo Federal criou um órgão específico para legislar sobre políticas do livro didático, o Instituto Nacional do Livro (INL), que contribuiu para dar maior legitimidade ao livro didático nacional e, conseqüentemente, auxiliou no aumento de sua produção.

Em 1938, por meio do Decreto-Lei nº 1.006, de 30/12/38, o governo instituiu a Comissão Nacional do Livro Didático (CNLD), estabelecendo sua primeira política de legislação e controle de produção e circulação do livro didático no país.

Pelo Decreto-Lei nº 8.460, de 26/12/45, foi consolidada a legislação sobre as condições de produção, importação e utilização do livro didático, restringindo ao professor a escolha do livro a ser utilizado pelos estudantes.

Em 1985 com a edição do Decreto nº 91.542, de 19/8/85, o Programa do livro didático para o Ensino Fundamental (Plidef) deu lugar ao Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), que trouxe diversas mudanças, como:

- Indicação do livro didático pelos professores;
- Reutilização do livro, implicando a abolição do livro descartável e o aperfeiçoamento das especificações técnicas para sua produção, visando maior durabilidade e possibilitando a implantação de bancos de livros didáticos;
- Extensão da oferta aos estudantes de 1ª e 2ª série das escolas públicas e comunitárias;
- Fim da participação financeira dos estados, passando o controle do processo decisório para a Fundação de Assistência ao Estudante (FAE) e garantindo o critério de escolha do livro pelos professores.

Entre 1993 e 1994 foram definidos critérios para avaliação dos livros didáticos, com a publicação “Definição de Critérios para Avaliação dos Livros Didáticos”.

Em 1996, iniciou o processo de avaliação pedagógica dos livros inscritos para o PNLD, sendo publicado o primeiro “Guia de Livros Didáticos” de 1ª a 4ª série. Os livros foram avaliados pelo Ministério Educação (MEC), conforme critérios previamente discutidos.

Em fevereiro de 1997 foi extinta a FAE, a responsabilidade pela política de execução do PNLD foi transferida integralmente para o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE).

Foi publicada em 2003 a Resolução CD/FNDE nº. 38, de 15/10/2003, que instituiu o Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM).

Em 2006, no PNLEM, houve reposição e complementação dos livros de matemática e português, distribuídos anteriormente, além da compra integral dos livros de Biologia que começaram a ser distribuídos a partir de 2007 para os estudantes do Ensino Médio da rede pública de ensino.

O Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) tem por objetivo prover as escolas públicas de ensino fundamental e médio com livros didáticos e acervos de obras literárias, obras complementares e dicionários. O PNLD é executado em ciclos trienais. Cada escola escolhe, dentre os livros constantes em um Guia do Livro Didático, aqueles que deseja utilizar, levando em consideração seu planejamento pedagógico (BRASIL/FNDE, 2017).

No PNLD para o triênio 2015-2017 foram inscritos 16 livros didáticos de Biologia, o processo de avaliação desse programa culminou em nove obras aprovadas que foram analisadas em nossa pesquisa (BRASIL, 2014).

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Para investigar as características das comparações descritas nos livros didáticos como analogias para o ensino de Biologia, fundamentamos o nosso referencial teórico por meio da concordância de duas teorias no campo da Psicologia cognitiva: a Teoria do Mapeamento Estrutural de Gentner (1983) e a Teoria das Múltiplas Restrições de Holyoak & Thagard (1989). A Tese de Ferry (2016) foi pioneira a respeito de utilizar a concordância das duas teorias ao analisar analogias e outras comparações construídas por um professor em sala de aula para ensinar Química. Portanto, também adotamos a pesquisa realizada por Ferry (2016) como referencial teórico e metodológico.

3.1 – Teoria do Mapeamento Estrutural das analogias

A Teoria do Mapeamento Estrutural (*Structure-mapping theory*) foi proposta originalmente por Dedre Gentner (GENTNER, 1983; GENNTER & MARKMAN, 1997). Essa teoria surgiu com a Psicologia Cognitiva e tem sido usada no campo da Educação em Ciências em pesquisas sobre o uso de comparações nos processos de ensino e aprendizagem (MOZZER & JUSTI, 2013 e 2015; FERRY, 2016; ALVARENGA, 2017).

3.2 - Os diferentes tipos de comparações

De acordo com essa teoria, as analogias se diferenciam de outras comparações, por consistir 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 (GENTNER, 1983)

Além das analogias, Gentner (1983) sugeriu outros dois tipos de comparação chamadas *similaridades de mera aparência* e *similaridades literais*. A distinção leva em consideração o tipo de correspondências estabelecidas entre os domínios base (DB) e domínio alvo (DA). 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). Assim o foco nesse tipo de comparação está nas propriedades descritivas dos elementos pertencentes aos dois domínios (FERRY, 2016).

Nas similaridades literais, os atributos dos elementos que pertencem ao domínio base devem também corresponder a atributos de elementos que pertencem ao domínio alvo. Contudo, também deve haver correspondências entre relações existentes entre os elementos nos dois domínios. Portanto, o foco está nos atributos em correspondência, assim como nas relações estabelecidas nos dois domínios (FERRY, 2016).

Nas analogias, as correspondências são estabelecidas, principalmente, entre relações. Não há necessidade de correspondência entre atributos que pertencem aos domínios. O foco está, predominantemente nas relações mapeadas.

Gentner (1983) propõe um quarto tipo de comparação, além das similaridades de mera aparência, das analogias e das similaridades literais, denominada *anomalia*. Nesse tipo de comparação o mapeamento das similaridades entre os dois domínios não encontra correspondências, nem entre atributos dos elementos, nem tampouco, entre as relações dos elementos nos dois domínios (FERRY, 2016). O quadro 2, resume as diferenças entre os tipos de comparações identificadas por Gentner (1983), considerando o foco das correspondências estabelecidas e um exemplo de cada comparação.

Quadro 2 – Tipos de comparação, foco das correspondências e exemplos das comparações.

Tipo de comparação	Foco das correspondências	Exemplos
Analogia	Relações	A célula se parece com um prédio em construção
Mera aparência	Atributos	A célula eucarionte é como um abacate.
Similaridade literal	Atributos e relações	A dissolução do açúcar e a dissolução do sal na água
Anomalia	Sem correspondência	A mitocôndria é como o nariz.

Fonte: Quadro produzido pela autora e inspirado por Alvarenga (2017)

Os exemplos de comparações de mera aparência e anomalia surgiram durante nossas discussões no Grupo de Estudo de Modelos, Metáforas, Analogias e na Tecnologia, na Educação e na Ciência (GEMATEC). O exemplo de similaridade literal foi elaborado por Mozzer & Justi (2015) e o exemplo de analogia foi encontrado nos livros didáticos analisados nessa pesquisa.

Gentner & Markman (1997) atribuiu às analogias um papel cognitivo superior. Segundo os autores 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 dos 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 quanto as similaridades entre as relações. Uma analogia serve para destacar correspondências entre relações.

Segundo Ferry (2016) distinguir as comparações com base no número de predicados mapeados no domínio base e no domínio alvo é uma escolha vinculada à Psicologia Cognitiva. Esse caminho desconsidera os aspectos discursivos importantes que devem ser levados em consideração quando investigamos os efeitos do sentido que uma comparação pode apresentar em um contexto sócio histórico específico. Para Alvarenga (2017) o fato de uma analogia envolver muitas relações em correspondência não significa necessariamente que ela será entendida como tal. Dessa forma entende-se que uma comparação também deve levar em conta o conhecimento prévio do estudante, o que implica na importância do domínio base. Segundo Francisco Júnior (2010) uma das dificuldades no uso de analogias é a respeito do domínio base não ser suficientemente familiar e significativo para o estudante. Portanto, “uma comparação potencialmente analógica pode se configurar como uma comparação por mera aparência ou até mesmo como uma anomalia, assim também uma anomalia pode ser equivocadamente considerada como uma analogia” (FERRY, 2016, p.53).

Gentner (1983) descreveu também outro tipo de comparação: as metáforas. Entre os exemplos de metáforas encontrados nos trabalhos de Gentner e seus

colaboradores temos “*Ela é uma girafa*”, “*Seus olhos eram brasas ardentes*”. Segundo Mozzer & Justi (2015) nas metáforas a comparação é implícita e os atributos e relações não são coincidentes nos dois domínios.

Em outro trabalho Gentner & Markman (1997) apresentaram dois tipos de metáforas: as metáforas baseadas em atributos e as metáforas relacionais baseadas em relações. De acordo com Ferry (2016) as diferenças entre esses dois tipos de metáforas seriam as mesmas que ocorrem entre as similaridades de mera aparência e as analogias.

Para Mozzer & Justi (2015) as metáforas podem ser convertidas em analogias. As autoras também adotaram a teoria do mapeamento estrutural das comparações como referencial teórico e argumentaram

Refletindo sobre a importância que as conexões entre o análogo e o alvo assumem no uso eficiente de uma comparação no ensino de Ciências, o uso de metáforas nesse contexto se mostra limitado, a menos que seus aspectos relacionais implícitos, quando existentes, sejam explicitados. Neste caso, porém, metáforas se convertem em analogias (MOZZER & JUSTI, 2015, p. 132).

3.3 - As limitações das comparações

No trabalho de revisão a respeito do estudo das analogias Duarte (2005) destacou a importância de compreender as dificuldades/problemas que são colocados no uso de analogias no ensino de ciências, entre eles um ponto importante foi a possibilidade de estudantes “centrarem-se nos aspectos positivos da analogia e desvalorizar as suas limitações” (DUARTE, 2005, p. 12). Mozzer & Justi (2015) declararam que as limitações de uma analogia podem ser compreendidas como sendo as “características e propriedades não compartilhadas entre o análogo e o alvo e/ou as condições nas quais a analogia não se aplica” (MOZZER & JUSTI, 2015, p. 125) e que essas limitações são inerentes a qualquer comparação e que o “problema” é a não explicitação das mesmas.

Markman & Gentner (1996) apresentaram dois conceitos importantes para a identificação de limitações nas analogias que são denominados por: diferenças alinháveis e diferenças não-alinháveis entre os domínios comparados. As primeiras se referem às diferenças que estão relacionadas ou conectadas aos pontos em

correspondência entre os dois domínios e as diferenças não-alinháveis são diferenças que não estão conectadas aos pontos correspondentes da comparação.

Segundo Ferry (2016) podemos considerar que as diferenças alinháveis se aproximam daquilo que a literatura chama de limitações da analogia, essas diferenças devem ser bem explicitadas para não conduzir a mal-entendidos a respeito do domínio alvo. No entanto, consideramos importante ressaltar que as diferenças alinháveis aparecem no mapeamento como diferenças pontuais entre os dois domínios comparados e estão conectadas a elementos, atributos e relações, enquanto as limitações são situações nas quais a correspondência não se aplica (MARKMAN & GENTNER, 1996).

3.4 - Mapeamento Estrutural

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).

A expressão 2, semelhantemente, representa uma correspondência entre relações de primeira ordem.

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

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 elementos, ou até mesmo entre atributos desses elementos, 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.

No tópico metodologia dessa dissertação na seção 4.8, há um quadro com o padrão de representação das correspondências para o mapeamento estrutural sugerido por Gentner (1983) e modificado por Ferry (2016).

3.5 - As restrições das analogias

Além dos aspectos fundamentais para o mapeamento estrutural, Gentner & Markman (1997) sugeriram ainda três restrições que devemos observar no alinhamento estrutural para identificarmos 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 elementos em comum; isto é, o foco de uma analogia deve estar nas relações, e não nos atributos dos elementos de cada domínio comparado; (3) *sistematicidade* - uma analogia, predominantemente, deve combinar sistemas de relações conectadas por relações de ordem superior, ou seja, envolver relações entre relações, em vez de predicados isolados constituídos apenas por atributos de elementos ou relações simples (FERRY, 2016).

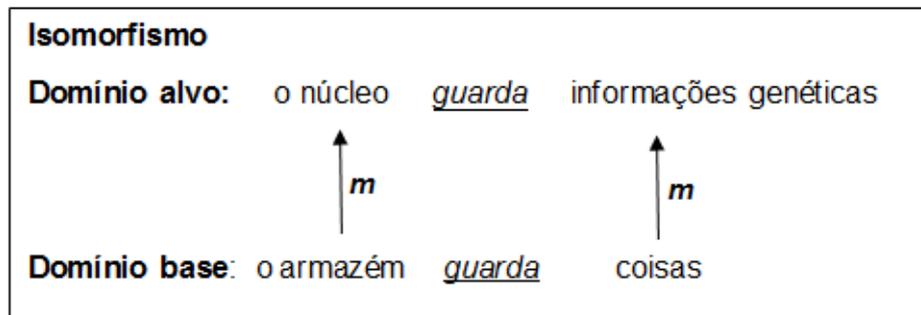
No trabalho de Holyoak & Thagard (1989) a Teoria das Múltiplas Restrições, os autores descreveram sobre o papel das analogias no ensino e estabeleceram também três restrições fundamentais para o uso pedagógico das analogias. Os aspectos defendidos por Holyoak & Thagard (1989) foram aplicados para a análise complementar das comparações estabelecidas nos livros didáticos.

Segundo os autores, uma analogia deve satisfazer a três restrições fundamentais: a primeira é apresentar certo *isomorfismo* entre os argumentos

estabelecidos no domínio base e os argumentos do domínio alvo, a fim de estabelecer um paralelismo estrutural entre elementos e atributos nas relações estabelecidas em correspondência.

Para exemplificar em que consiste o isomorfismo, citamos uma comparação que encontramos num livro didático de Biologia, entre o núcleo celular e o armazém. “O núcleo guarda as informações genéticas”, assim como: “o armazém guarda coisas”. Na figura 1 usamos um diagrama para indicar o isomorfismo envolvido nessa comparação de Biologia. A letra *m* representa o mapeamento, os objetos correspondentes seriam (núcleo / armazém) e (informações genéticas / coisas).

Figura 1- Exemplo de isomorfismo em uma comparação de Biologia.



Fonte: Figura elaborada pela autora.

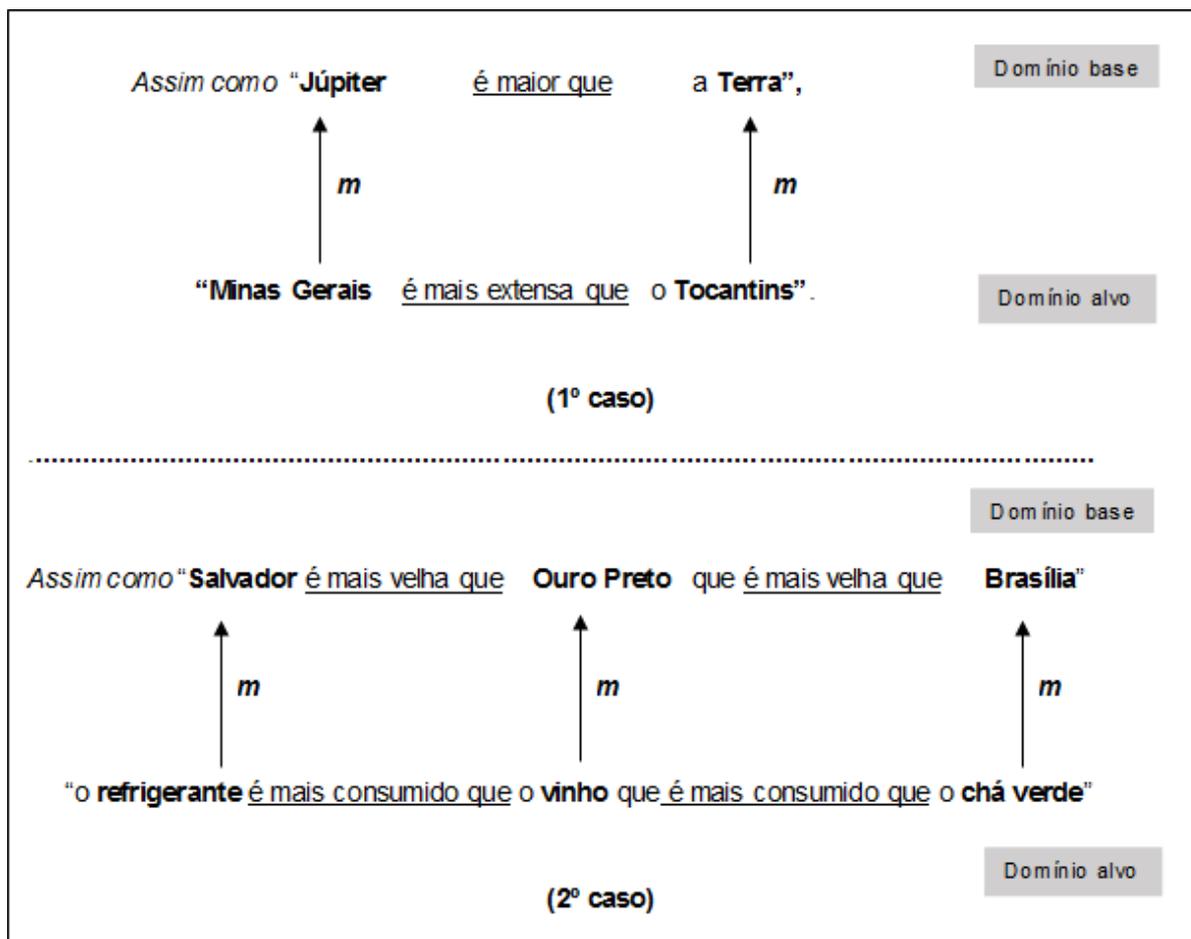
A figura 1, exemplifica o paralelismo estrutural proposto por Holyoak & Thagard (1989), pois cada elemento (núcleo/ informações genéticas) do domínio alvo corresponde a um único elemento (armazém/ coisas) do domínio base, e dois elementos do domínio alvo não correspondem a um mesmo elemento da base. Essa semelhança entre os termos facilita a percepção das correspondências entre as entidades que compõem os domínios da comparação.

A segunda restrição se refere a analogia apresentar *similaridade semântica* entre as entidades (elementos, atributos e relações) que constituem o domínio base e o domínio alvo, ou seja, as correspondências devem apresentar significados contextuais semelhantes, condição também associada a presença de isomorfismo (HOLYOAK & THARGARD, 1989). Segundo Ferry (2016) a similaridade semântica está diretamente associada com a pertinência da escolha do domínio base. De acordo com Holyoak & Thagard (1989) uma alta similaridade semântica entre objetos e relações correspondentes em uma analogia tem como resultado uma

maior facilidade no mapeamento e, conseqüentemente, contribui para o sucesso da analogia.

A figura 2 exemplifica casos diferentes de similaridade semântica das relações que constituem as comparações. O primeiro exemplo apresenta isomorfismo e podemos perceber um paralelismo estrutural entre os elementos (dois planetas do DB e dois estados brasileiros no DA e entre as relações (“*é maior que*” no DB e “*é mais extensa que*” no DA) revelando a presença de significados contextuais semelhantes, portanto podemos considerar uma alta similaridade semântica entre as relações. A expressão no domínio alvo – “*é mais extensa que*” – pode ser compreendida como uma relação baseada em um atributo dos estados, assim como – o tamanho dos planetas, pode ser entendido como um atributo da relação do domínio base.

Figura 2 – Exemplos de comparações envolvendo diferentes similaridades semânticas.



Fonte: Elaborada pela autora a partir dos exemplos de Ferry (2016) e Alvarenga (2017).

No segundo exemplo também percebemos um isomorfismo, pois podemos estabelecer correspondência entre as três cidades brasileiras do domínio base (Salvador, Ouro Preto e Brasília) e as três bebidas do domínio alvo (refrigerante, vinho e chá verde). Porém não há similaridade semântica entre as relações em correspondência. Enquanto a relação do domínio base mostra um contraste entre as idades das cidades citadas a relação do domínio alvo revela uma variação do consumo das bebidas, pois a questão de consumo depende da idade, do país, da cultura etc. Essa diferença das relações em correspondência no segundo caso, demonstra que a comparação apresenta uma baixa similaridade semântica.

A terceira restrição da teoria proposta por Holyoak & Thagard (1989) é a adequação pragmática que segundo os autores tem forte influência sobre o processo de seleção do domínio base e sobre a elaboração das inferências a respeito do domínio alvo na construção de uma analogia. De acordo com Ferry (2016, p. 62) “a adequação pragmática atua como uma pressão que favorece o estabelecimento de correspondências importantes para quem faz e para quem usa a analogia”.

Para exemplificar como ocorre a adequação pragmática usamos as duas comparações que apareceram no trabalho de Alvarenga (2017) sobre o modelo atômico de Rutherford: a primeira o comparou com o sistema solar; e a segunda o comparou com uma rampa. Segundo Alvarenga (2017)

[...] a primeira comparação tem como objetivo descrever a disposição das partículas ao longo da estrutura atômica (núcleo e eletrosfera) No entanto, essa comparação não se apresenta adequada para abordar uma característica do modelo atômico – a existência de órbitas ou níveis quantizados de energia para os elétrons ao redor do núcleo (uma “deficiência” da teoria de Rutherford). A proposição da segunda comparação se apresenta pragmaticamente adequada para esse propósito, pois a finalidade de associar a possibilidade de uma pessoa ficar em qualquer lugar na rampa, em comparação a possibilidade do elétron ocupar qualquer lugar ao longo da eletrosfera, devido a energia dos elétrons, nesse modelo, não ser quantizada. (ALVARENGA, 2017, P. 39)

4 METODOLOGIA

Nesse tópico apresentamos a metodologia desenvolvida para o trabalho incluindo, os critérios para a seleção das comparações, o padrão de mapeamento das correspondências identificadas entre os domínios das comparações e as etapas e procedimentos de análise das comparações selecionadas.

4.1 Natureza da pesquisa

A proposta desta pesquisa foi de natureza *qualitativa*, na medida em que buscamos contribuir para a caracterização de comparações presentes em livros didáticos de Biologia relacionadas ao tema Citologia, utilizando como referência a teoria do Mapeamento Estrutural (Gentner, 1983).

A pesquisa qualitativa não se preocupa com a representatividade numérica de acordo com Silveira & Córdova (2009) seu compromisso está no aprofundamento da compreensão de um grupo social, uma organização, um fenômeno dentre outros. De acordo com as autoras o objetivo da amostra é produzir informações aprofundadas e ilustrativas, seja a amostra pequena ou grande, sendo que o importante é a produção de novas informações.

Godoy (1995, p. 21) considera que a “abordagem qualitativa, enquanto exercício de pesquisa, não se apresenta como uma proposta rigidamente estruturada, ela permite que a imaginação e a criatividade levem os investigadores a propor trabalhos que explorem novos enfoques”.

De acordo com o objetivo desse trabalho, os tipos de pesquisa realizados foram a pesquisa exploratória e descritiva. Na nossa pesquisa exploratória realizamos o levantamento bibliográfico e documental. Ela é importante por permitir “desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, considerando a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores” (GIL, 2008, p. 27).

Na nossa pesquisa bibliográfica buscamos conhecer o que já foi estudado sobre o assunto, referências teóricas e conceituais, a partir de material como livros, artigos científicos, dissertações e teses.

De acordo com Gil (2008, p. 28) a pesquisa descritiva tem como objetivo primordial a “descrição das características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações variáveis”. Para Godoy (1995, p. 21) denomina-se pesquisa documental “o exame de materiais de natureza diversa, que ainda não receberam um tratamento analítico, ou que podem ser examinados, buscando-se novas e/ou interpretações complementares.”

A partir da pesquisa documental iniciamos a análise de conteúdo observando as três etapas fundamentais: (I) a pré-análise que teve por objetivo a organização, composta por atividades não estruturadas: escolha dos documentos que foram analisados, formulação de hipóteses e dos objetivos e elaboração de indicadores que fundamentaram a interpretação final; (II) a exploração do material consistiu na fase de análise, aplicação dos procedimentos estabelecidos e obtenção dos resultados; e (III) o tratamento dos resultados: codificação, categorização, interpretação e inferência. (BARDIN, 2011).

Para essa autora a análise de conteúdo pode ser definida como

Um conjunto de técnicas de análise de comunicações visando obter por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) dessas mensagens (BARDIN, 2011, p. 48).

A análise documental foi realizada no Edital de convocação para inscrição no processo de avaliação e seleção de obras didáticas a serem incluídas no catálogo do Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio – PNLEM/2007, no Guia de Livro Didático do PNLEM de Biologia de 2009 e Editais de Convocação para inscrição no processo de avaliação e seleção de obras didáticas para o Programa Nacional do Livro Didático-PNLD 2012 e PNLD-2015, como também no Manual do Professor presente em cada livro didático com instruções específicas sobre a obra e no tema de Citologia.

4.2 Etapas da pesquisa

Na primeira etapa realizamos um estudo bibliográfico com o objetivo de obter orientações, buscando, na literatura pertinente, informações que se apresentaram relevantes para o estudo do tema. Sustentamo-nos nas reflexões

originadas dessas leituras, construímos um planejamento no sentido de conhecer nosso objeto de estudo. Iniciamos pelo caminho da construção da fundamentação teórica do objeto de estudo.

A seguir buscamos conhecer e selecionar outros materiais, como Editais e Manuais do professor, que poderiam ser relevantes para a nossa pesquisa. Na segunda etapa, escolhemos o material que seria objeto de análise, os livros didáticos de Biologia aprovados no PNLD-2015 e delimitamos qual tema da Biologia seria analisado.

Na terceira etapa, a partir da leitura das obras, selecionamos os trechos dos livros que apresentaram comparações. Estabelecemos o caminho percorrido para definir os critérios para a seleção das comparações. Criamos, num primeiro momento, dois grupos de comparações: (1) as comparações explícitas potencialmente analógicas – são aquelas que existem uma identidade entre os elementos nos diferentes domínios e as relações entre eles são claramente percebidas. Foram, a princípio, consideradas “potencialmente analógicas”, pois somente, após a realização do mapeamento estrutural foi possível afirmar que apresentavam ou não, características que as aproximavam de analogias; e (2) as comparações implícitas aparentemente metafóricas – são aquelas que os atributos e as relações não são coincidentes nos dois domínios. Segundo Mozzer & Justi (2015, p. 132) “se as comparações aparentemente metafóricas seus aspectos relacionais, quando existentes, forem explícitos, neste caso, “as metáforas se convertem em analogias”.

Na última etapa, elaboramos o mapeamento estrutural das comparações selecionadas e as analisamos de acordo com o nosso referencial teórico.

4.3 – Pesquisas sobre analogias, metáforas e livros didáticos

Para identificarmos as pesquisas sobre o uso de analogias e metáforas na educação e em livros didáticos no Brasil, recorreremos ao banco de teses e Portal de Periódicos da CAPES/MEC¹.

¹ www.capes.gov.br

O critério para selecionar os trabalhos foi que os mesmos estivessem de alguma forma, relacionados com os temas: analogias, metáforas no ensino de ciências ou presente em livros didáticos. De posse dessas informações, realizamos a exploração do material com a leitura completa desses trabalhos. Por último, tratamos os resultados, realizamos inferências e interpretações desses textos selecionados.

4.4 – Os Editais e as orientações para a elaboração do livro didático

A pesquisa documental foi realizada no site do Ministério da Educação² buscando Editais de convocação para o processo de inscrição e avaliação de obras didáticas para o Programa Nacional do Livro Didático em livros didáticos de Biologia que foram publicados em 2007, 2009, 2012 e 2015. Em posse do material, realizamos a análise de conteúdo, iniciamos com a pré-análise realizando a leitura desses materiais na intenção de obter informações gerais ou mais específicas sobre o uso de comparações em livros didáticos. Em seguida, exploramos o material buscando nos textos palavras como “analogia” e “metáfora” que serviram como norteadoras de possível presença de comparações nos livros didáticos, assim como orientações de utilização das mesmas. Por fim, tratamos os resultados, realizamos inferências e interpretações.

4.5 – Manual do professor

Cada livro didático possui no final informações e orientações específicas sobre a obra. A análise do conteúdo foi semelhante ao procedimento de análise dos Editais e Guia Didático. Fizemos a leitura buscando informações gerais a respeito de comparações. Em seguida, exploramos o material buscando palavras como “analogia”, “metáfora” que serviram como indicadoras da presença de comparações, assim como instruções específicas de como elas poderiam ser exploradas pelo professor. Os capítulos analisados nos manuais foram selecionados de acordo com tema escolhido para a análise dos livros didáticos, ou seja, Citologia.

² www.fnnde.gov.br/programas/livro-didatico

4.6 – O livro didático

Os livros selecionados para análise de conteúdo foram as obras aprovadas pelo PNLD para o triênio 2015-2017, segundo o Edital de Convocação 01/2013 (BRASIL, 2013). Esses livros foram escolhidos por terem sido adotados nas escolas no período da realização dessa pesquisa. A partir de 16 obras inscritas, o processo de avaliação desse programa culminou em nove obras aprovadas. O quadro 3 a seguir apresenta as nove obras aprovadas, com sua respectiva codificação, título, autores, editoras, ano de publicação e edição.

Quadro 3 – Obras aprovadas para a disciplina de Biologia PNLD-2015-2017

Livro	Título	Autor(es)	Editora	Ano	Edição
LD1	Bio	Sônia Lopes e Sérgio Rosso	Saraiva	2013	2ª
LD2	Biologia	César da Silva Júnior, Sezar Sasson e Nelson Caldini Júnior	Saraiva	2013	11ª
LD3	Biologia	Vivian L. Mendonça	AJS	2013	2ª
LD4	Biologia Hoje	Sérgio Linhares e Fernando Gewandszajder	Ática	2014	2ª
LD5	Biologia Unidade e Diversidade	José Arnaldo Favaretto	Saraiva	2013	1ª
LD6	Biologia em Contexto	José Mariano Amabis e Gilberto Rodrigues Martho	Moderna	2013	1ª
LD7	Conexões com a Biologia	Vários autores. Organizadora: Editora Moderna	Moderna	2013	1ª
LD8	Novas Bases da Biologia	Nélio Bizzo	Ática	2014	2ª
LD9	Ser Protagonista	Vários autores. Organizadora Editora SM	SM	2013	2ª

Fonte: BRASIL. Ministério da Educação. *Guia de livro PNLD-2015, Ensino Médio, Biologia*, Secretaria de Educação Básica. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação, Brasília, 2014.

4.7 – A escolha do tema

O tema foi definido a partir da revisão bibliográfica que mostrou a presença de um grande número de analogias em coleções didáticas de Biologia (414) em relação a Física (71) e Química (64). (TERRAZZAN et al, 2003).

Em outro trabalho, PEDROSO et al (2007) identificaram em duas coleções didáticas de Biologia analisadas um maior número (37% e 42%) de analogias no

tópico conceitual *Citologia*, seguida da Zoologia (22% e 17%), Histologia/Embriologia (15% e 11%), Genética/Evolução (9% e 5%) e Ecologia (6% e 3%). Considerando os dados obtidos, decidimos pesquisar as comparações que apareceram em livros didáticos de Biologia sobre o tema Citologia. Além disso, de acordo com os objetivos de nossa pesquisa verificamos que uma análise exaustiva de todas as obras não seria viável e necessária.

Com o tema de pesquisa definido, iniciamos a terceira etapa de análise de conteúdo, com a leitura integral dos capítulos e seções dos livros sobre Citologia para a identificação de comparações explícitas, potencialmente analógicas e de comparações implícitas, aparentemente metafóricas. Buscamos nos textos dos livros, trechos que sugeriam o estabelecimento de comparações, tanto as implícitas quanto as explícitas. Para tanto, consideramos os seguintes termos ou expressões como indicadoras do estabelecimento de comparações: “*analogia*”, “*analogicamente*”, “*isso é como*”, “*semelhante a*”, “*similar a*”, “*assim como*”, “*isso é comparado a*”, “*pode ser comparado a*”, “*parece com*”, “*imagine que*”, “*aparentado*”, “*igualmente*”, “*da mesma maneira*”, “*do mesmo modo*”, entre outros termos equivalentes. Também encontramos palavras ou expressões entre aspas ou destacadas com negrito, itálico ou cores que, contextualmente, sugeriam o estabelecimento de comparações implícitas. A escolha dessas palavras e expressões foi decorrente de uma coletânea realizada após a leitura de vários artigos específicos na área de análise de analogias em livros didáticos (CACHAPUZ, 1989; DUIT, 1991; GIRALDI, 2005; GIRALDI & SOUZA, 2006).

Transcrevemos os trechos que foram selecionados de acordo com os critérios citados, em seguida realizamos uma leitura minuciosa dos trechos e identificamos o domínio base (DB) e domínio alvo (DA) de cada comparação. Depois agrupamos as comparações de acordo com a afinidade dos tópicos e de conteúdo compreendidos como domínio alvo. Apresentamos, no Apêndice A, a relação de todas as comparações encontradas nos livros didáticos sobre o tema Citologia, com a identificação dos domínios.

A partir dessa separação por tópicos, selecionamos para análise posterior as comparações, considerando quatro critérios. A seleção ocorreu: (a) nos tópicos que apresentassem um maior número de comparações; (b) nos tópicos que

aparentemente³ apresentassem diferentes tipos de comparações, mas orientadas por um mesmo tema ou domínio alvo; (c) trechos que apresentassem comparações explícitas potencialmente analógicas e (d) trechos que apresentassem comparações implícitas aparentemente metafóricas.

4.8 – Padrão de Representação do Mapeamento Estrutural das Comparações

O próximo passo de aprofundamento nos dados da pesquisa consistiu em, a partir de leitura exaustiva nos trechos selecionados, construir quadros com o alinhamento dos elementos, atributos e relações presentes nos domínios selecionados. A partir desse alinhamento verificamos se havia correspondência um a um e uma conectividade em paralelo entre os domínios. Seguimos o padrão de representação sugerido por Gentner (1983) e modificado por Ferry (2016).

Usamos setas bidirecionais para representar as correspondências entre elementos (objetos, estados ou processos), atributos ou relações que constituem cada domínio. As representações de correspondências estabelecidas entre elementos do DB e elementos do DA são acompanhadas pela letra E (maiúscula) e por números. As representações de correspondências entre atributos são acompanhadas pela letra A e números. Atributos e elementos estruturais irrelevantes para a comparação não foram incluídos no mapeamento. Relações entre elementos ou atributos são chamadas de relações de primeira ordem. Relações de segunda ordem são aquelas estabelecidas entre duas relações de primeira ordem ou entre uma relação de primeira ordem e um elemento ou atributo. O termo ordem superior foi usado para nomear uma relação que inclui pelo menos uma relação de segunda ordem.

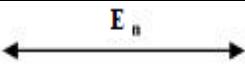
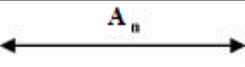
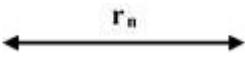
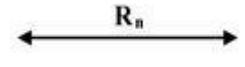
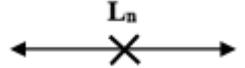
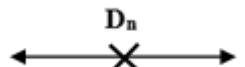
As representações das correspondências entre relações são acompanhadas pela letra r (minúscula) ou R (maiúscula), e por números. A letra minúscula representa uma relação de primeira ordem, enquanto a maiúscula representa uma relação de segunda ordem ou de ordem superior. Na codificação de uma relação

³ A certeza a respeito da diversidade de tipos de comparações somente poderia ser dada após uma análise mais criteriosa por meio do mapeamento estrutural de cada comparação. Entretanto, nossos estudos e o nosso conhecimento a respeito do assunto, nos permitiram fazer uma prévia avaliação das comparações encontradas nos livros didáticos.

são enumerados os atributos ou elementos a ela associados. Por exemplo, o código $r_1 (E_2, E_1)$ indica uma relação de primeira ordem entre o segundo elemento e o primeiro que foram mapeados tanto no DB, quanto no DA para, então, serem colocados em correspondência. De forma semelhante, o código $r_2 (A_2, A_1)$ indica uma relação de primeira ordem que, todavia, tem como foco dois atributos cuja correspondência foi mapeada nos dois domínios. Já o código $R_1 (r_2, r_1)$ indica uma relação de segunda ordem, ou seja, uma relação entre as relações r_2 e r_1 que foram mapeadas nos dois domínios. As limitações, podem ser de dois tipos e foram representadas pela letra (D_n) , no caso de diferenças alinháveis e pela letra (L_n) , quando se referiu a diferenças não-alinháveis (limitações). As diferenças alinháveis estão relacionadas ou conectadas entre os dois domínios. Já as diferenças não-alinháveis são diferenças que não estão conectadas aos pontos correspondentes, ou veja, elas não terão correspondência nos dois domínios, apenas em um (FERRY, 2016).

O quadro 4 apresenta os símbolos gráficos usados no nosso padrão de transcrição e as correspondências entre: Elementos (E_n), atributos (A_n), relações de primeira ordem (r_n) e relações de segunda ordem (R_n). Qualquer correspondência utilizada para indicar uma limitação: (D_n) diferença alinhável e (L_n) diferença limitação, foi identificada pela presença da letra X no meio da seta bidirecional.

Quadro 4 – Padrão de representação das correspondências no mapeamento estrutural de uma comparação.

DOMÍNIO BASE	CORRESPONDÊNCIAS	DOMÍNIO ALVO
Elemento análogo		Elemento alvo
Um dos elementos que compõem o DB	<i>Correspondências entre elementos (E)</i>	Um dos elementos que compõem o DA
Atributos do elemento		Atributos do elemento
Predicados de um elemento do DB baseados em uma única característica	<i>Correspondências entre atributos (A)</i>	Predicados de um elemento do DA baseados em uma única característica
Relações de 1ª ordem		Relações de 1ª ordem
Relações entre dois ou mais elementos do DB ou entre suas características	<i>Correspondências entre relações de menor complexidade (r)</i>	Relações entre dois ou mais elementos do DA ou entre suas características
Relações de ordem superior		Relações de ordem superior
Relações estabelecidas entre relações previamente postuladas entre elementos do DB	<i>Correspondências entre relações de maior complexidade (R)</i>	Relações estabelecidas entre relações previamente postuladas entre elementos do DA
Limitações		Limitações
Característica ou relação presente no DB que não se aplica ou que não pode ser transferida para o DA	<i>Correspondência de limitação (L)</i>	Característica ou relação presente no DA que não está representada no DB
Diferenças alinháveis		Diferenças alinháveis
Características ou relação do DB que são diferentes do DA	<i>Correspondência de diferença alinhável (D)</i>	Características ou relação presente no DA que são diferentes do DB

Fonte: Ferry & Paula (2015); Ferry (2016).

Após a elaboração dos quadros do mapeamento estrutural, fizemos a triangulação dos mesmos entre três professores das áreas de Química, Biologia e Física, de acordo com o domínio alvo para validação. Cada professor recebeu o mapeamento estrutural de acordo com a área de atuação. Três aspectos foram considerados nessa validação: (1) adequação dos elementos alinhados; (2) a

relevância dos atributos indicados; (3) a consistência e a correção conceitual das relações correspondentes. A partir dessa triangulação elaboramos os quadros de mapeamento estrutural que foram representados no tópico dos resultados e discussões.

4.9 – Procedimentos para análise das comparações

A partir do mapeamento estrutural analisamos, primeiramente, as comparações explícitas potencialmente analógicas. Os critérios foram: análise da (1) consistência estrutural; (2) do seu foco, (3) da sua sistematicidade e da (4) similaridade semântica das entidades correspondentes. Na consistência estrutural avaliamos se a comparação apresentava dois aspectos fundamentais: (1) se havia correspondência um a um entre elementos, entre atributos de cada domínio, de maneira que um único elemento/atributo não correspondesse a dois elementos/atributos do outro domínio; e (2) se os argumentos de uma relação do domínio DB mantinham conectividade em paralelo com as entidades da relação correspondente no DA.

A identificação do foco de cada comparação levou em consideração, além do mapeamento estrutural, o contexto da comparação construída, a importância normalmente dada aos atributos comparados ou as relações descritas no livro didático.

Na sistematicidade avaliamos a forma como as relações mapeadas estavam conectadas umas com as outras, e se elas eram governadas por relações de ordem superior (relações entre relações) e não predicados isolados constituídos apenas por atributos de elementos ou relações simples de primeira ordem.

A similaridade semântica das comparações foi analisada também a partir da nossa percepção dos significados contextuais de cada elemento, atributo e relação. A similaridade semântica indica a correspondência de significados semelhantes tanto das relações mapeadas quanto entre elementos e/ou atributos dos dois domínios comparados nos livros didáticos.

As comparações que apresentaram os critérios 1,2 e 3, foram classificadas como analógicas. Comparações que não apresentaram foco relacional e sistematicidade, todavia, possuíam consistência estrutural foram classificadas como similaridades de mera aparência.

Os casos de inexistência de correspondências entre elementos, atributos e relações se configuraram como anomalias. Nos casos em que foi possível mapear correspondências, analisamos a consistência estrutural da comparação, o seu foco, a sua sistematicidade e a similaridade semântica das entidades correspondentes. As comparações que se revelaram estruturalmente inconsistentes e/ou de baixa similaridade semântica nós interpretamos como sendo comparações anômalas.

As condições que caracterizam uma anomalia são: (1) não conseguir alinhar e, conseqüentemente, mapear nenhum elemento, atributo ou relação entre os dois domínios, conforme a nossa interpretação do trabalho de Gentner (1983). (2) Falta de consistência estrutural, seja por não haver o tipo de correspondência um a um ou pela falta de conectividade em paralelo dos argumentos das relações mapeadas. (3) Ausência de similaridade semântica entre os elementos, seus atributos e/ou entre suas relações em correspondência. Por exemplo, na comparação “A Amazônia é como o pulmão do mundo”, não conseguimos estabelecer nenhuma correspondência entre os elementos e os atributos dos dois domínios.

Posteriormente, as comparações implícitas aparentemente metafóricas também foram analisadas seguindo os mesmos critérios relacionados acima: consistência estrutural, foco relacional, sistematicidade e similaridade semântica.

As metáforas que se revelaram estruturalmente consistentes, com foco relacional, sistemáticas entre as entidades em correspondência, classificamos como metáforas relacionais. As comparações que apresentaram consistência estrutural, porém não possuíam foco relacional, mas foco em atributos e não apresentaram sistematicidade foram classificadas como metáforas baseadas em atributos.

A próxima etapa da análise foi realizada somente nas comparações identificadas como analogias ou metáforas relacionais, considerando o modo como os autores dos livros didáticos apresentaram e exploraram essas comparações

mapeadas, com destaque para o nível de enriquecimento, o isomorfismo dos enunciados e a adequação pragmática.

O nível de enriquecimento diz respeito a extensão das semelhanças apresentadas nos textos dos livros didáticos. Francisco Junior (2010) considerou em seu trabalho três níveis de enriquecimento para as analogias: (i) simples, quando as comparações possuem uma pequena semelhança; (ii) quando são compartilhados alguns atributos consideramos as comparações enriquecidas e (iii) quando se utiliza diferentes análogos ou análogos modificados para descrever o domínio alvo, são classificadas de comparações estendidas. Nessa pesquisa, utilizamos a categorização desenvolvida por Alvarenga (2017).

Logo, para a nossa análise do nível de enriquecimento, identificamos quais correspondências foram enunciadas pelos autores nos livros didáticos, considerando como referência as relações, os atributos e os elementos indicados no nosso mapeamento. Portanto, nossa análise para o nível de enriquecimento não se restringiu as três categorias mencionadas. Alvarenga (2017) em seu trabalho estabeleceu quatro níveis de enriquecimento: nível zero, quando os autores simplesmente mencionam os dois domínios na comparação sem enunciar qualquer correspondência identificada no mapeamento elaborado; nível um, quando os autores simplesmente mencionam apenas atributos em correspondência dos elementos constituintes dos domínios da comparação, mesmo para os casos em que o nosso mapeamento tenha previsto a presença de relações em correspondência, quando o foco da comparação está nos atributos; nível dois, quando os autores descreveram além dos atributos, ao menos uma relação de primeira ordem presente nos dois domínios e nível três, quando os autores mencionam alguma relação de ordem superior.

De acordo com Alvarenga (2017) as diferenças alinháveis e/ou as limitações (diferenças não-alinháveis) das comparações, feitas pelos autores dos livros didáticos e mapeadas, não foram incluídas entre os quatro níveis de enriquecimento. Assim, nós fizemos nossa análise à parte, quando mencionadas.

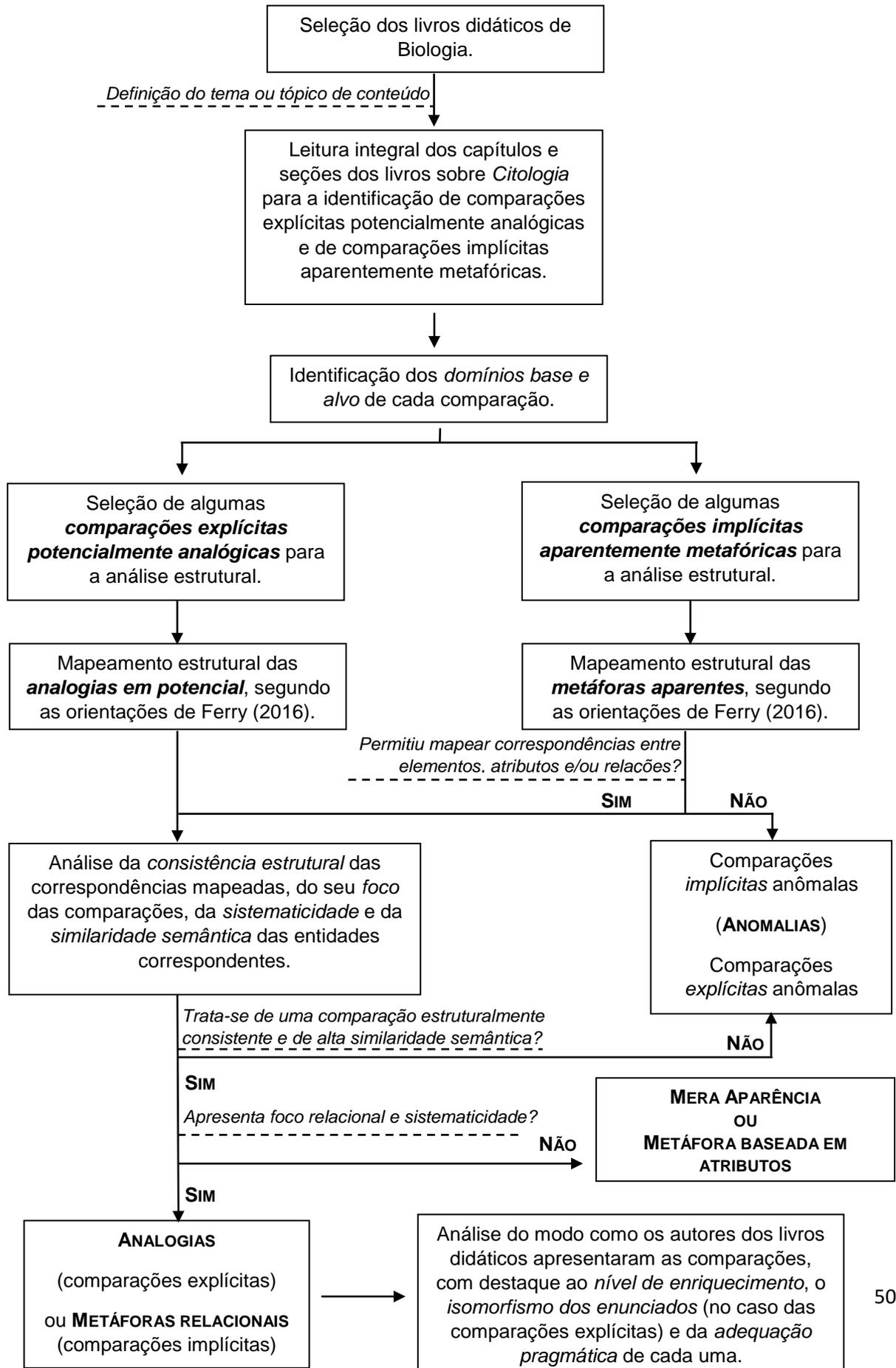
A análise do isomorfismo foi baseada principalmente no contexto em que as comparações foram construídas pelos autores. Buscamos a existência de um paralelismo entre os domínios DB e DA. Portanto, cada elemento do alvo deve

corresponder a somente um elemento do domínio base, e dois elementos do alvo não devem corresponder a um mesmo elemento da base (FERRY, 2016, p. 60).

Na adequação pragmática a análise se baseou também no contexto em que a comparação foi estabelecida pelos autores. A construção de uma analogia é guiada pelos objetivos de quem a elabora, ou seja, por aquilo que o sujeito pretende alcançar com esse tipo de comparação. Assim, as analogias sempre são utilizadas para servir a um propósito específico que orienta a seleção do domínio base (FERRY, 2016).

Resumindo, com base no mapeamento estrutural e no contexto, as comparações potencialmente analógicas e aparentemente metafóricas foram analisadas. Primeiramente, utilizamos quatro critérios: consistência estrutural, foco relacional, sistematicidade e similaridade semântica. A partir da identificação do tipo de comparação, realizamos a segunda análise, que constituiu no tipo de nível de enriquecimento abordado no texto, no isomorfismo e a na adequação pragmática, somente das comparações identificadas como analogias e metáforas relacionais. A figura 3 apresenta uma síntese da sequência dos procedimentos metodológicos adotados em nossa pesquisa.

Figura 3 – Síntese da sequência metodológica adotada para a primeira parte da análise de alguns tipos de comparações nos livros didáticos de Biologia.



5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Resultado da análise dos Editais e do Manual do Professor

A nossa análise dos Editais de convocação para inscrição no processo de avaliação de obras didáticas consistiu em avaliar a presença e/ou a orientação do uso de analogias ou metáforas que apareceram nos critérios para avaliação nas obras didáticas. Os Editais relacionaram dois critérios comuns para a avaliação de obras didáticas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (Física, Química e Biologia): critérios eliminatórios e critérios de qualificação. No Edital de convocação PNLEM-2007 encontramos nos critérios eliminatórios um item orientando que a obra não deveria privilegiar apenas a memorização de termos técnicos. Nesse tópico encontramos de maneira explícita a proposta que “as analogias, metáforas e ilustrações devem ser adequadamente utilizadas, garantindo-se a explicitação das semelhanças e diferenças em relação aos fenômenos estudados” (BRASIL, 2005).

No Catálogo do PNLEM-2009 e nos Editais de convocação do PNLD-2012 e PNLD-2015 não encontramos nenhuma orientação explícita sobre as analogias e metáforas dentro dos critérios relacionados para a avaliação das obras didáticas.

Em relação ao Manual do Professor das obras de Biologia analisadas, os autores do LD1 apresentaram orientação sobre o uso didático de uma comparação entre a membrana plasmática e a bolha de sabão. No Manual, os autores fizeram referência ao texto, destacando-o do restante do capítulo. Segundo os autores, a comparação é uma analogia e sugeriram que alguns conceitos poderiam ser explorados a partir da comparação, porém não encontramos nenhuma sistematização da comparação descrita pelos autores no manual do professor (LOPES & ROSSO, 2013).

A análise do Manual do Professor no LD4 os autores sugeriram o uso de comparações, metáforas e analogias como maneira de facilitar a aprendizagem e como forma de apresentar uma nova concepção de modo inteligível, porém não apresentaram nenhuma sugestão de atividade sistematizada com os temas propostos (LINHARES & GEWANDSZNAJDER, 2014).

No Manual do Professor do LD6 os autores relatam que adotaram na obra uma linguagem que conciliava precisão conceitual e clareza didática. Para isso, segundo os autores, lançaram mão de analogias, como uma maneira de tornar os conceitos e processos biológicos mais concretos e atraentes para os estudantes. Porém, não apresentaram nenhuma atividade sistematizada sobre analogias (AMABIS & MARTHO, 2013).

No LD8, o autor sugeriu no Manual do Professor como pesquisa uma dissertação de Mestrado que teve como foco a investigação do uso e o funcionamento de analogias em textos didáticos de Biologia com o foco em alguns conceitos/fenômenos da citologia. Nesse trabalho sugerido pelo autor, a autora da dissertação fez uma análise do discurso nos livros didáticos de Biologia sobre o uso de analogias no conteúdo de Citologia. O resultado apontou diferenças no modo de funcionamento das analogias ao longo dos textos analisados. O trabalho é uma fonte interessante de pesquisa para professores, porém no Manual do Professor o autor do livro didático não fez menção sobre o uso sistematizado de analogias e outras comparações (BIZZO, 2014).

Nos demais Manuais do Professor analisados (LD2, LD3, LD5, LD7 e LD9) não encontramos nenhuma menção sobre atividades e/ou sugestões sobre o uso de analogias e metáforas. No Quadro 5 relacionamos de maneira resumida, os manuais que apresentaram menções de sugestões ou orientações sobre o uso de analogias e/ou metáforas no livro didático.

Quadro 5 – Relação dos manuais do professor que apresentaram sugestões, ou orientações sobre o uso de analogias e/ou metáforas no livro didático.

Manual do Professor	Menção de uso de analogias e/ou metáforas no Manual do professor
LD1	Fizeram referência ao texto que trouxe uma comparação destacando-o no capítulo. Consideraram ser uma analogia e sugeriram que alguns conceitos poderiam ser explorados a partir da comparação estabelecida.
LD2	Nenhuma menção.
LD3	Nenhuma menção.
LD4	Sugeriu o uso de comparações, metáforas e analogias como maneira de facilitar a aprendizagem e uma forma de apresentar uma nova concepção de modo inteligível
LD5	Nenhuma menção.
LD6	Adotaram na obra uma linguagem que conciliava precisão conceitual e clareza didática, utilizando as analogias, exemplos do cotidiano.
LD7	Nenhuma menção.
LD8	Sugeriu uma dissertação que investigou <i>o uso e o funcionamento de analogias em textos didáticos de biologia com o foco em alguns conceitos/fenômenos da citologia.</i>
LD9	Nenhuma menção.

Fonte: Quadro elaborado pela autora.

5.2 Resultado da análise dos livros didáticos de Biologia

Os seguintes assuntos referentes à Citologia foram analisados no volume 1: a célula e sua composição, organelas e estruturas celulares, envoltórios celulares e os tipos de transporte por meio da membrana, núcleo e seus componentes, fotossíntese, quimiossíntese, respiração aeróbia, fermentação. Em algumas obras o assunto síntese de proteínas estava descrito no volume 2 e no volume 3.

Encontramos 40 comparações nos livros pesquisados referente ao conteúdo de Citologia. A Tabela 1 ilustra o total de comparações encontradas nas obras analisadas. É possível perceber que a quantidade de comparações em cada obra é relativamente baixa, com exceção dos livros LD2 e LD6 que apresentaram uma quantidade de comparações maior que as demais. Essas duas obras juntas são responsáveis por 47,5% (19 do total das comparações).

Tabela 1– Número e porcentagem de comparações de Citologia por livro didático analisado.

Livro didático	Nº de comparações	Porcentagem
LD 1	2	5,0
LD 2	12	30,0
LD 3	5	12,5
LD 4	3	7,5
LD 5	4	10,0
LD 6	7	17,5
LD 7	1	2,5
LD 8	2	5,0
LD 9	4	10,0
Total	40	100,0

Fonte: Tabela produzida pela autora.

Embora o LD2 tenha apresentado o maior número de comparações (12), o Manual do Professor não fez menção de orientações ou sugestões de atividades com o uso de analogias e/ou metáforas.

Em contrapartida, o segundo livro didático com maior número de comparações (7) o LD6, mostrou certa coerência dos autores com a descrição realizada no Manual do Professor. Eles salientaram que “adotaram na obra uma linguagem que conciliava precisão conceitual e clareza didática”, por isso utilizaram analogias, de “maneira a tornar os conceitos e processos biológicos mais concretos e atraentes para os estudantes” (AMABIS & MARTHO, 2013, p.14).

A Tabela 2 ilustra as comparações distribuídas em 9 tópicos de acordo com os temas relacionados ao conteúdo de Citologia. Encontramos um número maior de comparações no conteúdo que se refere à membrana plasmática (9) e a respiração celular (9), seguida pelo assunto citoplasma (composição) (5), célula (4), Núcleo (3) e citoplasma (estruturas), Fotossíntese e Parede celular (2) cada.

Tabela 2 - Quantidade de comparações por tópico relacionadas ao conteúdo de Citologia.

Tópicos	Livros									Total
	LD1	LD2	LD3	LD4	LD5	LD6	LD7	LD8	LD9	
Citoplasma (composição)		2		1	1			1		5
Citoplasma (estruturas)		1				1				2
Célula		1			1	1		1		4
Fotossíntese		1							1	2
Membrana plasmática	1	3		1		2			2	9
Núcleo		1				1	1			3
Parede celular			1		1					2
Respiração celular	1	3	1	1		2			1	9
Síntese de proteínas			3		1					4

Fonte: Tabela produzida pela autora.

Terrazzan et al (2003) encontraram 414 comparações em quatro coleções de Biologia. Acreditamos que alguns fatores poderiam justificar o número menor de comparações encontradas na nossa pesquisa: (i) a eliminação do tópico específico, nos critérios eliminatórios dos Editais, da proposta que “as analogias e metáforas devem ser adequadamente utilizadas”; (ii) a metodologia utilizada por Terrazzan et al (2003) foi diferente da aplicada no nosso trabalho.

Consideramos que o resultado da análise dos manuais revelou que a retirada nos Editais do tópico específico sobre o uso de analogias e metáforas nos critérios eliminatórios pode ter influenciado o uso ou não de comparações pelos autores dos livros didáticos.

5.3 – Mapeamento Estrutural das Comparações

Os quadros a seguir apresentam os mapeamentos estruturais que fizemos. Antecedendo cada quadro, apresentamos a transcrição do trecho do livro que observamos a comparação estabelecida. Selecionamos oito comparações: duas referentes a composição da membrana, duas relacionadas aos receptores da membrana, duas comparações sobre respiração celular, uma sobre síntese de proteínas e, outra referente a estrutura da célula.

1ª comparação

Comparação estabelecida entre a “molécula de sabão” e a molécula de fosfolipídio da membrana plasmática.

*[...] “Uma característica interessante da molécula de sabão é que ela se assemelha à molécula de fosfolipídio no que se refere à estrutura: ela também apresenta uma cabeça hidrofílica e uma cauda hidrofóbica. Quando em água, as moléculas de sabão formam aglomerados esféricos chamados **micelas**, pois todas as extremidades hidrofílicas ficam em contato com a água e as hidrofóbicas ficam voltadas para dentro. Caso existam gotículas de gordura na água, as moléculas de sabão as envolvem de modo que fiquem com as caudas hidrofóbicas em contato com a gordura e as cabeças hidrofílicas voltadas para a água. [...]. Vamos pensar agora no que acontece em uma bolha de sabão. Cada bolha está envolta por ar e também contém ar em seu interior. Como as moléculas presentes no ar são principalmente hidrofóbicas, as moléculas de sabão arranjam-se de modo a formar uma membrana com duas camadas, assim como acontece com as membranas celulares.*

A diferença é que no caso da membrana da bolha, em cada uma das duas camadas, as caudas hidrofóbicas das moléculas de sabão ficam voltadas para o ar. Entre uma camada e outra há uma delicada película de água, para onde as cabeças hidrofílicas se voltam”. Uma vez formada a bolha, a tendência é a perda da água por evaporação. Como a água está protegida entre duas camadas que apresentam superfícies hidrofóbicas, a evaporação é mais lenta, mas acaba ocorrendo e a bolha se rompe [...].

A natureza fluida da membrana da bolha é evidenciada pelos fluxos coloridos e iridescentes. Quando falamos que a membrana plasmática é fluida, estamos nos referindo a processo semelhante. A fluidez da membrana celular resulta do fato de as moléculas de fosfolipídios se deslocarem com mais facilidade lateralmente do que transversalmente. (Trecho LD1, p. 215-216) (grifos nossos)

O Quadro 6 apresenta o mapeamento estrutural da comparação entre a “molécula de sabão” e a molécula de fosfolipídio, de acordo com a descrição do trecho LD1.

Quadro 6 – Mapeamento estrutural da comparação entre a “molécula de sabão” e a molécula de fosfolipídio.

DOMÍNIO BASE	CORRESPONDÊNCIAS	DOMÍNIO ALVO
Moléculas do tensoativo	E_1 ←→	Moléculas do fosfolipídio
Estrutura das moléculas do tensoativo	$A_1 (E_1)$ ←→	Estrutura das moléculas dos fosfolipídeos
“Cabeça” (grupo polar) das moléculas do tensoativo	E_2 ←→	Grupo fosfato das moléculas dos fosfolipídeos
“Cauda” (grupo apolar) das moléculas do tensoativo.	E_3 ←→	Cadeia lipídica das moléculas do fosfolipídio.
Hidrofilia da cabeça da molécula do tensoativo	$A_2 (E_2)$ ←→	Hidrofilia do grupo fosfato
Hidrofobia da cauda da molécula do tensoativo	$A_3 (E_3)$ ←→	Hidrofobia da cadeia lipídica
Cada molécula do tensoativo possui uma única cauda.	$D_1: [E_3]$ ←→ X	Cada molécula do fosfolipídio possui duas cadeias lipídicas.
Película de uma bolha de sabão	E_4 ←→	Membrana celular
Fluidez da película da bolha de sabão	$A_4 (E_4)$ ←→	Fluidez da membrana celular
A película de uma bolha de sabão é formada por duas camadas (bicamada) de moléculas do tensoativo.	$r_1 (E_4, E_1)$ ←→	A membrana celular é constituída por duas camadas (bicamada) de moléculas do fosfolipídio.
A película de uma bolha de sabão possui água entre as duas camadas de moléculas do tensoativo.	L_1 ←→ X	A membrana celular não possui água entre as camadas de moléculas do fosfolipídio.
Na película da bolha de sabão as caudas das moléculas do tensoativo estão voltadas para o exterior da bicamada.	$D_2: [r_1 (E_4, E_1)]$ ←→ X	Na membrana celular as cadeias lipídicas das moléculas do fosfolipídio estão voltadas para o interior da bicamada.
A fluidez da película da bolha de sabão é resultado da água entre as moléculas do tensoativo.	$D_3: [A_4(E_4)]$ ←→ X	A fluidez da membrana plasmática é resultado do deslocamento das moléculas do fosfolipídio.

Fonte: Quadro elaborado pela autora.

Nessa primeira comparação, os autores do livro didático mostram claramente sua intenção em estabelecer uma comparação ao utilizar as expressões “se assemelha” (na 1ª linha) e “assim como” (10ª linha).

De acordo com o mapeamento estrutural que elaboramos, podemos afirmar que os autores do LD1 construíram uma comparação com consistência estrutural, pois percebemos a conectividade em paralelo e correspondências entre 4 elementos, 4 atributos e 1 relação de primeira ordem (r_1). A correspondência que nós codificamos como r_1 trata da constituição da membrana plasmática como DA, tendo a constituição da película de uma bolha de sabão como DB.

Consideramos importante ressaltar que, além das similaridades mapeadas, os autores fizeram referências, de forma explícita e implícita, a algumas diferenças entre os domínios comparados, que nós mapeamos como diferenças alinháveis D_1 , D_2 e D_3 . Em nosso mapeamento também identificamos uma limitação (diferença não-alinhável) relevante dessa comparação, isto é, uma característica do DB que não se aplica no DA: a existência de água entre as camadas que estruturam a película da bolha de sabão. Entendemos que as limitações e as diferenças alinháveis, também devem ser mapeadas e explicitadas para que não conduzir a mal-entendidos a respeito do domínio alvo (FERRY, 2016).

O texto permitiu mapear correspondências entre elementos, atributos e relação com significados semelhantes, revelando a presença de similaridade semântica. Consideramos que os autores destacaram mais aspectos relacionados aos atributos estruturais (estrutura da molécula de sabão/membrana plasmática) do que relações, que ficou evidente no nosso mapeamento quando identificamos 4 elementos, 4 atributos e somente uma relação (r_1), revelando ser uma comparação com baixo foco relacional. Consequentemente, não apresentou sistematicidade, pois não mapeamos nenhuma relação de ordem superior.

Resumindo, o caráter explícito dado pelos autores na construção dessa comparação, o baixo foco relacional e sistematicidade, apesar da alta consistência estrutural e similaridade semântica, nos permite afirmar que os autores construíram uma comparação mais próxima de uma similaridade de mera aparência, ou seja, uma comparação com predominância de correspondências entre atributos, apesar da relevância da relação de primeira ordem, do que uma analogia.

Vale ressaltar que essa comparação foi a única, das 40 que nós identificamos nos livros didáticos, que os autores deram destaque, colocando-a a parte, num boxe destacado do restante do capítulo. No Manual do professor, os autores fizeram referência ao texto, afirmando tratar-se de uma analogia. Segundo os autores o propósito dessa comparação era apresentar para os estudantes a fluidez da membrana, correspondência que nós identificamos na diferença alinhável (D₃). Além disso, os autores sugeriram outras propriedades que podem ser exploradas que foram além do nosso mapeamento: a noção de coesão entre as moléculas de um fluido, que as membranas podem se consolidar-se após uma ruptura moderada, isto é, elas se regeneram instantaneamente (LOPES & ROSSO, 2013).

Todavia, essa comparação não nos parece perder a sua validade enquanto recurso didático para a compreensão de parte da estrutura de uma membrana plasmática, tendo em vista a pertinência das correspondências estabelecidas.

2ª Comparação

Comparação estabelecida entre a molécula de fosfolípido da membrana plasmática.

*“[...] Os fosfolípidos apresentam uma estrutura típica: o fosfato, formando uma espécie de “cabeça” na molécula, está ligado a duas “caudas”, que correspondem a duas longas cadeias carbônicas. A “cabeça” de fosfato é altamente hidrofílica, enquanto as “caudas” são hidrofóbicas; isso faz com que o arranjo mais estável para essas moléculas, do ponto de vista químico, resulte na formação de uma **bicamada de fosfolípidos**, na qual as “cabeças” de fosfato estão em contato com a água (presente nos meios externo e interno da célula), enquanto o “miolo” da membrana corresponde a uma região hidrofóbica (formada pelas “caudas” dos fosfolípidos, voltadas para dentro)”. (Trecho LD2, p.215)*

O Quadro 7 representa o mapeamento estrutural da comparação que trata das características dos fosfolípidos apresentadas pelos autores do LD2.

Quadro 7 – Mapeamento estrutural da comparação que trata das características dos fosfolipídios apresentadas pelos autores do LD2.

DOMÍNIO BASE	CORRESPONDÊNCIAS	DOMÍNIO ALVO
Cabeça	E_1 ←————→	Grupo Fosfato
Cauda	E_2 ←————→	Grupo da cadeia lipídica
Conjunto cabeça-cauda	E_3 ←————→	Molécula do fosfolipídio
Forma circular da cabeça	$A_1 (E_1)$ ←————→	Forma circular do grupamento fosfato/Colina/Glicerol
Forma alongada da cauda	$A_2 (E_2)$ ←————→	Forma alongada das cadeias lipídicas
<i>Não apresentou atributo correspondente</i>	L_1 ←————X————→	Grupo fosfato é altamente hidrofílico
<i>Não apresentou atributo correspondente</i>	L_2 ←————X————→	Grupo da cadeia lipídica é hidrofóbica
<i>Não apresentou atributo correspondente</i>	L_3 ←————X————→	Os grupos fosfatos interagem com a água
<i>Não apresentou atributo correspondente</i>	L_4 ←————X————→	As cadeias lipídicas interagem entre si
<i>Não apresentou relação correspondente</i>	L_5 ←————X————→	A molécula do fosfolipídio apresenta um grupo fosfato ligado a duas cadeias lipídicas.
<i>Não apresentou relação correspondente</i>	L_6 ←————X————→	As moléculas do fosfolipídio se agrupam em duas camadas em função do caráter hidrofílico e hidrofóbico dos grupos fosfato e lipídico, respectivamente.

Fonte: Quadro elaborado pela autora.

Na comparação descrita no trecho do LD2, as palavras “cabeça” e “cauda” utilizadas pelos autores, nos sugerem tratar-se de uma comparação aparentemente metafórica, uma vez que esses termos não descrevem cientificamente os objetos de estudo da Ciência referente ao conhecimento das células. Esses termos descrevem metaforicamente seus objetos referentes. Dessa forma, o nosso mapeamento apresentou as correspondências que, implicitamente, poderiam ser feitas a partir

daquilo que os autores escreveram por meio de expressões de caráter metafórico.

Segundo o mapeamento estrutural que realizamos, consideramos que os autores estabeleceram correspondências entre três elementos e apenas dois atributos, utilizando-as de maneira limitada. A leitura do trecho referente à estrutura da membrana plasmática nos permitiu mapear mais quatro atributos (L₁, L₂, L₃ e L₄) e duas relações de primeira ordem (L₅ e L₆) feitas, no entanto, somente no domínio alvo da comparação, por isso essas correspondências foram consideradas limitações (L). Consideramos que, a princípio, os autores desse livro poderiam ter explorado com mais profundidade a comparação, tornando-a mais explícita e mais analógica. Apesar da quantidade limitada de correspondências, podemos dizer que há consistência estrutural, entre as entidades alinhadas e podemos perceber a existência de similaridade semântica dos enunciados. Os autores não estabeleceram nenhuma correspondência que destacasse relações entre os domínios, apenas entre atributos, revelando a inexistência de foco relacional e de sistematicidade.

Considerando o seu caráter metafórico, e a predominância de correspondências de elementos e atributos, podemos considerar que se trata de uma metafórica baseada em atributos. Contudo, o mapeamento dos outros atributos e, principalmente, das duas relações de primeira ordem indicadas no DA do quadro 7, sugere que, caso os autores tivessem explorado outras correspondências com o DB, potencialmente teriam construído uma metáfora relacional (baseada em relações) que poderia ser convertida em uma analogia (MOZZER & JUSTI, 2015).

3ª Comparação

Comparação que trata do processo de tradução do RNA.

A tradução é a etapa na qual as “letras” do RNAm vão determinar a produção de uma sequência de aminoácidos, resultando a formação de uma proteína. Podemos fazer a seguinte comparação: na tradução, o “idioma” dos ácidos nucleicos é transformado no “idioma” das proteínas, um outro grupo de compostos orgânicos” (Trecho LD3, v. 3, p. 226).

Nessa terceira comparação, a autora do livro didático expressa sua intenção em estabelecer uma comparação (segunda linha). Entretanto, numa análise mais criteriosa da comparação, o termo “idioma” empregado para se referir à sequência

das bases nitrogenadas do DNA, ou simplesmente, à sua estrutura, nos parece ser um termo de caráter metafórico, com potencial de, na verdade, se configurar como uma anomalia conforme nossa interpretação do trabalho de Gentner (1983) e Ferry (2016). Não foi possível identificar nenhuma correspondência entre elementos, atributos e relações entre os domínios, conseqüentemente não há consistência estrutural, consideramos que o termo “idioma” foi utilizado pela autora de maneira inadequada.

4ª Comparação

Comparação estabelecida entre o mecanismo “chave-fechadura” e os receptores de membrana.

“Existem muitos tipos de receptores de membrana. Cada um deles interage com ligantes diferentes, como um mecanismo chave-fechadura. Assim, uma molécula mensageira só poderá interagir com uma célula que possua, em sua membrana, os receptores correspondentes”. (Trecho LD9, p. 80) (grifo nosso)

O Quadro 8 apresenta o Mapeamento estrutural da comparação entre o mecanismo chave-fechadura e os receptores de membrana, descrito no trecho do LD9.

Quadro 8 – Mapeamento estrutural da comparação entre o mecanismo chave-fechadura e os receptores de membrana.

DOMÍNIO BASE	CORRESPONDÊNCIAS	DOMÍNIO ALVO
Chave	E_1	Molécula mensageira (ligante)
Fechadura	E_2	Molécula receptora
Cada fechadura permite o encaixe de uma chave específica	$r_1(E_2, E_1)$	Cada molécula receptora interage com uma molécula mensageira específica

Fonte: Quadro elaborado pela autora.

Entendemos que nessa comparação, os autores do livro didático mostraram explicitamente sua intenção em promover uma comparação ao utilizar a palavra “como” na segunda linha do trecho selecionado.

No mapeamento realizado, estabelecemos correspondências entre dois elementos e apenas uma relação de primeira ordem (r_1) “cada fechadura permite o encaixe de uma chave específica” no DB e “cada molécula receptora interage com

uma molécula específica” no DA. Na análise do texto percebermos que o foco dessa comparação foi relacional, pois os autores destacaram a interação entre a molécula mensageira e os receptores correspondentes descrita no DA, que também pode ser verificado no mapeamento. Podemos afirmar que a comparação apresentou foco relacional, entretanto, nenhuma sistematicidade foi observada, pois não identificamos relação de ordem superior. Não identificamos no texto nenhum atributo para os elementos (chave/fechadura) no DB e (molécula mensageira/molécula receptora) no DA.

Podemos dizer que a comparação apresentou consistência estrutural, pois os elementos e a relação no DB mapeadas tiveram correspondência com os elementos e com a relação do DA. A comparação não apresentou similaridade semântica, pois não foi possível reconhecer correspondências com significados semelhantes no DB, apenas no DA.

Resumindo, a intenção explícita dos autores em realizar uma comparação, a presença de consistência estrutural e foco relacional, apesar da ausência de similaridade semântica, nos permite afirmar que estamos diante de uma analogia menos elaborada, devido ao pequeno número de correspondências alinhadas. Embora não tenha apresentado sistematicidade. A partir desse resultado, realizamos a segunda análise para os casos que se enquadraram em analogia.

Consideramos que o nível de enriquecimento dessa analogia é zero, pois os autores apenas citaram os dois domínios sem estabelecer nenhuma correspondência entre elementos, atributos ou relações entre ambos, confirmando nossa análise em relação a ausência de similaridade semântica.

Quanto o isomorfismo, não identificamos no trecho analisado confronto entre frases ou proposições, ou partes das frases sobre ambos os domínios. Em nenhuma parte do texto, os autores relacionaram propriedades (atributos ou relações) do DB (mecanismo chave-fechadura) que poderiam corresponder em paralelo com o domínio alvo. Portanto, consideramos não haver isomorfismo, tal fato é coerente com a nossa categorização dos níveis de enriquecimento dado pelos autores dessa analogia: nível zero.

A análise da adequação pragmática requer fundamentalmente avaliar o contexto no qual a analogia foi construída e o seu propósito. Consideramos que os autores tiveram como intenção mostrar a interação das moléculas mensageiras (ligantes) com os receptores de membrana. Embora o DB seja um objeto do cotidiano, portanto de fácil reconhecimento, consideramos que a adequação pragmática ficou comprometida, pois os autores não exploraram possíveis atributos ou relações que permitissem estabelecer correspondências entre o mecanismo chave-fechadura e a interação molécula mensageira com os receptores de membrana, deixando essas inferências a cargo do leitor.

5ª Comparação

Comparação estabelecida entre o mecanismo “chave-fechadura” e os receptores de membrana.

“Cada célula representada tem um tipo de receptor. Por causa disso, ela responde somente a um tipo de mensageiro específico, que se encaixa em seu receptor, em um mecanismo de chave-fechadura. Em outras palavras, determinada “mensagem” somente alcança uma célula se esta tiver o tipo de receptor adequado” [...]

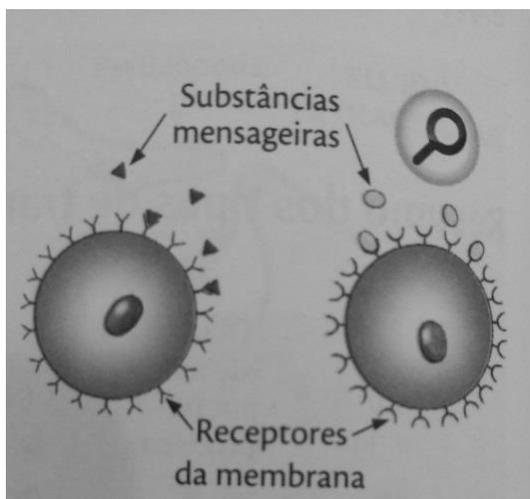
O esquema abaixo⁴ ilustra um modelo de como as respostas celulares são desencadeadas pela substância mensageira. A substância se encaixa no receptor de membrana da célula-alvo e modifica a forma dessa molécula (A). A modificação do receptor desencadeia, no interior da célula, uma série de reações químicas (B) que levam, finalmente, à elaboração de uma resposta (C). (Trecho LD2, p. 228)

Além do texto, os autores utilizaram a figura 4 para representar a ligação das substâncias mensageiras e os receptores de membrana plasmática.

O Quadro 9 mostra o mapeamento estrutural da comparação entre a “chave-fechadura” e os receptores de membrana, elaborado a partir do texto do LD2 e da figura 4.

⁴ O esquema não foi representado, consideramos que sua ausência não alterou a análise da comparação, uma vez que o esquema apenas ilustra a explicação.

Figura 4 – Representação da ligação entre as substâncias mensageiras e os receptores de membrana plasmática.



Fonte: César, S. J.; Sezar, S.; Caldini, N. J. Biologia, São Paulo, Saraiva, 2013.

Quadro 9 - Mapeamento estrutural da comparação entre a “chave-fechadura” e os receptores de membrana.

DOMÍNIO BASE	CORRESPONDÊNCIAS	DOMÍNIO ALVO
Chave	E_1	Mensageiro específico
Fechadura	E_2	Molécula receptora
A chave apresenta formato específico	$A_1(E_1)$	O mensageiro específico apresenta formato específico.
A chave apresenta forma específico	$A_2(E_2)$	A molécula receptora apresenta formato específico
Ação de movimento	$A_3(E_1, E_2)$	Ação de resposta
O formato da chave permite o encaixe na fechadura.	$r_1(A_1, A_2)$	O formato do mensageiro específico ou a afinidade química permite o encaixe na molécula receptora.
O encaixe da chave na fechadura promove uma ação de movimento.	$R_1(r_1, A_3)$	O encaixe do mensageiro específico na molécula receptora promove uma ação de resposta.

Fonte: Quadro elaborado pela autora.

Na comparação trecho do livro LD2, o termo “chave-fechadura” nos parece ter também um caráter aparentemente metafórico, uma vez que o termo não descreve cientificamente um objeto de estudo da Biologia.

Nosso mapeamento estrutural mostrou correspondências entre dois

elementos (chave/fechadura) e (mensageiro específico/molécula receptora), dois atributos e duas relações, sendo uma de primeira ordem (r_1) e outra de ordem superior (R_1). É importante ressaltar que a correspondência que codificamos como R_1 que trata do encaixe do mensageiro específico na molécula receptora promovendo uma ação no DA, tendo o encaixe da chave na fechadura promovendo uma ação no DB revelou uma relação mais complexa, envolvendo a relação r_1 e um atributo A_3 .

Consideramos que os atributos (A_1 e A_2) referente ao formato dos elementos (E_1 e E_2) do DA, não apareceram explicitamente no texto, mas as expressões “tipo de mensageiro específico” e “receptor adequado” nos permitiu considerar que se tratava de atributos dos elementos A_1 e A_2 , respectivamente, do domínio alvo e, portanto, foram mapeados. Outro indicativo importante foi a presença da figura 4, presente no livro, que mostrou como ocorre o processo de ligação entre o mensageiro específico e o receptor.

Percebemos a presença de consistência estrutural, pois conseguimos estabelecer conectividade em paralelo entre os constituintes dos domínios e correspondências um-a-um entre os elementos, os atributos e as relações do DB e o DA. Consideramos que a similaridade semântica ficou comprometida, pois os autores não fizeram descrições a respeito do DB, apenas do DA.

Acreditamos que a presença de relações no texto e a intenção dos autores nos permitiram dizer que essa comparação possui foco relacional e sistematicidade por apresentar relação de ordem superior (R_1). Considerando seu caráter metafórico, essa comparação se enquadrou na concepção de metáfora relacional de Gentner e Markman (1997), por estar baseada essencialmente em relações. Segundo Mozzer & Justi (2015), comparações aparentemente metafóricas com aspectos relacionais, podem ser converter em analogias.

Considerando a possibilidade de uma metáfora relacional se converter em uma analogia, prosseguimos na análise do nível de enriquecimento, isomorfismo e adequação pragmática.

Podemos dizer que a comparação apresentou nível de enriquecimento zero, apesar de descrever atributos, relações do domínio alvo, os autores não estabeleceram nenhuma correlação com o domínio base, deixaram a cargo do leitor

estabelecer tais correspondências, reforçando nosso entendimento a respeito da ausência de similaridade semântica.

Quanto o isomorfismo, consideramos não haver, pois os autores não fizeram nenhuma descrição no texto de propriedades que poderiam ser aplicadas aos elementos, isto é, atributos ou relações do DB, apenas utilizaram a expressão “chave-fechadura” para estabelecer uma comparação com o DA.

Considerando que o propósito contextual dos autores foi demonstrar como determinadas células liberam certas substâncias para responder a alguma necessidade do organismo. Quando os autores utilizam a frase “*A substância se encaixa no receptor de membrana da célula-alvo*” é possível associar ao encaixe da chave na fechadura. Ressaltamos que mesmo considerando que a comparação possui nível zero de enriquecimento e ausência de isomorfismo, diferentemente da 5ª comparação, consideramos que o texto apresentou uma adequação pragmática. O mecanismo “chave-fechadura” atendeu a intenção dos autores em demonstrar como certas substâncias aderem a certos receptores de membrana de uma célula e não a outros receptores. Essa interação promove uma resposta, no caso do DA há liberação de alguma substância, enquanto que no DB, ocorre uma ação de movimento. Entretanto, essa comparação deve ser melhor trabalhada por professores e estudantes, principalmente, no caso do ensino de ciências em sala de aula. Como a comparação não foi estabelecida explicitamente e o domínio base pouco explorado, consideramos importante esclarecer quais as semelhanças e diferenças podem ser construídas entre os domínios.

6ª Comparação

Comparação estabelecida entre os “combustíveis” e os alimentos.

“As células necessitam de energia para sua sobrevivência. Uma das maneiras utilizadas para a obtenção dessa energia é a degradação de moléculas “combustíveis”, como açúcares e lipídios, por meio do processo de respiração celular”. (Trecho LD2, pág. 247) (grifo nosso)

“No caso do automóvel, a “queima” de gasolina, ou seja, a reação de suas moléculas com o oxigênio, disponibiliza uma parte da energia química, que é transformada em movimento, calor e até em energia elétrica e luminosa, como dissemos.

*As células também necessitam de energia para realizar os processos do metabolismo. Para isso, utilizam a **energia química** contida, nas moléculas de nutrientes, como os açúcares, e a*

transforma, em calor, em movimento, em energia elétrica, ou ainda transferem essa energia química para outras moléculas que elas produzem. Assim, a energia química existente nos “combustíveis” celulares é utilizada para manter a atividade celular.

Os alimentos, então, podem ser considerados verdadeiros “combustíveis” para as células dos organismos. É o caso dos carboidratos (açúcares, massas e pães), dos lipídios (óleo e gorduras) e das proteínas.

Considere que um litro de gasolina contém cerca de 8.200 kcal, energia suficiente para fazer o motor de um carro funcionar por algum tempo. [...]”. (Trecho LD2, pág. 260)

O Quadro 10 representa o mapeamento estrutural da comparação estabelecida entre a gasolina e os alimentos conforme descrito no trecho LD2.

Quadro 10 - Mapeamento estrutural da comparação entre a gasolina e os alimentos.

DOMÍNIO BASE	CORRESPONDÊNCIAS	DOMÍNIO ALVO
Combustível (Gasolina)	E_1 ↔	Alimentos (carboidratos, lipídios, proteínas)
Motor (carro)	E_2 ↔	Célula
Degradação dos da gasolina	$A_1(E_1)$ ↔	Degradação dos alimentos
Combustão (queima)	$A_2(E_1)$ ↔	Respiração celular
Energia química	$A_3(E_1)$ ↔	Energia química
A degradação da gasolina libera energia química	$r_1(A_1, A_3)$ ↔	A degradação dos alimentos libera energia química
A degradação da gasolina ocorre por meio do processo de combustão	$r_2(A_1, A_2)$ ↔	A degradação dos alimentos ocorre por meio do processo de respiração celular
O motor necessita de energia para funcionar	$r_3(E_2, A_3)$ ↔	A célula necessita de energia para sobreviver.
A degradação da gasolina libera energia para o motor funcionar.	$R_1(A_1, r_3)$ ↔	A degradação dos alimentos libera energia para a célula viver.

Fonte: Quadro elaborado pela autora.

Na comparação descrita no trecho do LD2, os autores mostraram claramente sua intenção em estabelecer uma comparação entre moléculas combustíveis, ou seja, entre a capacidade de liberar energia da gasolina e a capacidade de liberar energia dos alimentos.

No mapeamento estrutural que elaboramos, constatamos correspondências entre dois elementos, três atributos e quatro relações, sendo três de primeira ordem

(r_1) e uma de ordem superior (R_1) envolvendo um atributo e uma relação (A_1 e r_3), no DB a degradação da gasolina libera energia para o motor funcionar e no DA a degradação dos alimentos libera energia para a célula viver. O mapeamento revelou que a comparação possui consistência estrutural.

O foco da comparação não foi restrito a elementos ou atributos dos elementos pertencentes a cada domínio, mas predominou principalmente entre as relações dos elementos do DB (“combustíveis”/carro) e do DA (alimentos/célula), portanto, podemos afirmar que o foco da comparação foi relacional. Identificamos também a presença de relação de segunda ordem, confirmando a presença de sistematicidade. O texto permitiu mapear correspondências entre elementos, atributos e relações com significados semelhantes, revelando a presença de similaridade semântica.

Considerando a presença dos aspectos: consistência estrutural, foco relacional, sistematicidade e similaridade semântica, podemos afirmar que essa comparação é uma analogia.

Em relação ao nível de enriquecimento, podemos dizer que a analogia apresentou nível três, pois foi possível estabelecer correspondência entre a relação de primeira ordem (r_3) e o atributo (A_3) — energia química, quando consideramos “a degradação da gasolina libera energia para o motor funcionar” no DB e no DA “a degradação dos alimentos libera energia para a célula viver”, configurando uma relação de segunda ordem.

Quanto ao isomorfismo, apesar de identificamos nitidamente no texto a correspondência entre relações, os termos dessas correspondências não foram construídos com frases que permitissem verificar o confronto de preposições, portanto não conseguimos analisar o isomorfismo da comparação.

Considerando que o propósito dos autores foi descrever sobre energia e suas transformações, acreditamos que o domínio base utilizado (gasolina/carro) atingiu o propósito, pois ambas as substâncias (gasolina / alimentos) são capazes de liberar energia e contribuir para o funcionamento (carro / célula). No texto percebemos o estabelecimento de relações entre os dois domínios. Podemos dizer, portanto, que a comparação está pragmaticamente adequada.

7ª comparação

Comparação estabelecida entre a liberação de energia do gás de cozinha e a liberação de energia da molécula de glicose

“A importância das reações acopladas nas células e da função do ATP pode ser mais bem compreendida se compararmos a liberação de energia na célula a um tipo de liberação de energia muito comum no dia a dia: a combustão do gás de cozinha. Nessa reação, toda a energia do gás é liberada de uma só vez, sob a forma de calor. Se a energia da glicose fosse liberada do mesmo modo, o calor seria tão intenso que destruiria as proteínas e interromperia todas as reações metabólicas, matando a célula. Mas não é assim que ocorre, pois a energia armazenada nas ligações químicas da molécula de glicose é liberada de maneira gradativa, em uma cadeia de reações que sintetizam ATP. (Trecho LD9, pág. 111) (grifo nosso)

O Quadro 11 representa o mapeamento estrutural da comparação estabelecida entre o gás de cozinha e a molécula de glicose, de acordo com trecho LD9.

Quadro 11 - Mapeamento estrutural da comparação entre o gás de cozinha e a molécula de glicose.

DOMÍNIO BASE	CORRESPONDÊNCIAS	DOMÍNIO ALVO
Gás de cozinha	E_1 ↔	Molécula de glicose
Fogão	E_2 ↔	Célula
Energia (calor)	$A_1(E_1)$ ↔	Energia (calor)
Combustão	$A_2(E_1)$ ↔	Respiração celular
A combustão do gás de cozinha libera energia	$r_1(A_2, A_1, E_1)$ ↔	A respiração celular da molécula de glicose libera energia
A energia do gás de cozinha é liberada rapidamente.	$D_1: [r_2(A_1, E_1)]$ ↔ X	A energia armazenada na molécula de glicose é liberada gradativamente

Fonte: Quadro elaborado pela autora.

Nessa comparação os autores demonstraram explicitamente a intenção de fazer uma comparação, percebido claramente na segunda linha quando utilizaram a expressão “se compararmos”.

De acordo com o mapeamento estrutural que elaboramos, podemos afirmar que os autores do LD9 construíram uma comparação com consistência estrutural,

pois percebemos a conectividade em paralelo e correspondências entre dois elementos, dois atributos, uma relação de primeira ordem (r_1) e uma diferença alinhável (D_1). A correspondência que nós codificamos como D_1 trata da diferença alinhável da relação (r_1) entre a combustão do gás de cozinha que libera energia rapidamente e o a respiração celular que libera energia gradativamente. Consideramos importante ressaltar que os autores construíram essa comparação com destaque para essa diferença.

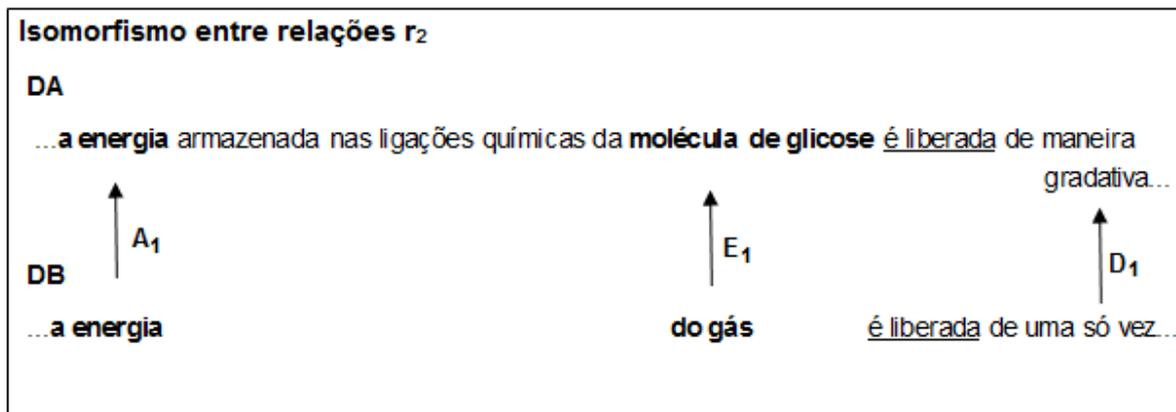
Podemos dizer que a comparação também apresentou similaridade semântica, pois o texto permitiu mapear correspondências entre elementos, atributos e relação com significados semelhantes nos dois domínios. Notamos a presença de foco relacional quando os dos autores destacaram no texto a relação mapeada por nós em (r_1) entre a combustão que libera de energia no DB e a respiração celular libera energia no DA. Apesar do foco relacional a comparação não apresentou sistematicidade, pois não observamos relação de ordem superior.

Podemos afirmar que a comparação não foi comprometida devido a ausência de sistematicidade, pois apresentou consistência estrutural, similaridade semântica e foco relacional, portanto, consideramos a comparação potencialmente analógica.

A análise do texto nos revelou que o nível de enriquecimento foi dois, pois os autores destacaram a relação entre “a liberação de energia na célula” no DA e a “liberação de energia muito comum no dia a dia: a combustão do gás de cozinha”, no DB, confirmando nossa categorização no nível indicado e a presença de similaridade semântica.

Quanto o isomorfismo, encontramos frases estruturadas que permitiram perceber isomorfismo no texto, principalmente quando os autores descreveram a diferença da liberação de energia no gás de cozinha no DB e a liberação de energia da molécula de glicose no DA. A figura 5 mostra o isomorfismo entre frases das relações mapeadas no DB e no DA e descrita como uma diferença alinhável (D_1).

Figura 5 – Isomorfismo entre frases que descrevem a correspondência D₁.



Fonte: Figura elaborada pela autora.

Embora o mapeamento tenha permitido mapear relações entre o DB (gás de cozinha) e o DA (molécula de glicose) o principal foco do texto foi dado para a diferença entre a liberação de energia entre os dois domínios, conforme mapeamos em D₁. A intenção em descrever a comparação com destaque para essa diferença, segundo os autores, foi mostrar a importância das reações acopladas nas células e da função do ATP, características que não aparecem no processo de liberação do gás de cozinha, por isso a energia é liberada rapidamente. De acordo com esse propósito contextual os autores fizeram uma descrição detalhada do processo de formação do ATP, portanto consideramos que a comparação está pragmaticamente adequada.

8ª Comparação

Comparação estabelecida entre um prédio em construção e a célula.

Trecho do LD8

“É comum pensar que as organelas da célula estão soltas, navegando no citoplasma. No entanto, uma célula se parece com um prédio em construção, cheio de escoras e cabos sustentando estruturas e movimentando organelas sempre ligadas a uma estrutura interna”. (Trecho LD8, p. 110) (grifo nosso)

O Quadro 12 mostra o mapeamento estrutural da comparação entre o prédio em construção e a célula, conforme descrição do trecho LD8.

Quadro 12 - Mapeamento estrutural da comparação entre o prédio em construção e a célula.

DOMÍNIO BASE	CORRESPONDÊNCIAS	DOMÍNIO ALVO
Prédio em construção	E_1 ←→	Célula
Escoras e cabos	E_2 ←→	Citoesqueleto
Estrutura interna	E_3 ←→	Citoplasma
As escoras e cabos sustentam a estrutura interna	$r_1 (E_2, E_3)$ ←→	O citoesqueleto sustenta o citoplasma.
<i>Essa relação não se aplica ao domínio base</i>	L_1 ←→ X	O citoesqueleto movimenta organelas

Fonte: Quadro elaborado pela autora.

Nessa comparação o autor mostra claramente sua intenção em fazer uma comparação quando utilizou a expressão “se parece” na primeira linha do trecho LD8.

O texto permitiu mapear correspondências entre 3 elementos, 1 relação (r_1) e uma limitação (L_1) a respeito da movimentação das organelas realizado pelo citoesqueleto no domínio alvo que não encontramos correspondência no domínio base.

Podemos dizer que foco da comparação foi a relação mapeada em (r_1) entre “as escoras e cabos sustentam a estrutura interna” no DB e “o citoesqueleto sustenta o citoplasma” no DA. Portanto, consideramos a comparação com foco relacional, embora não possua sistematicidade, devido a ausência de relação de ordem superior.

Embora seja uma comparação relativamente simples, consideramos a presença de consistência estrutural, pois observamos conectividade em paralelo com as entidades correspondentes nos dois domínios. Consideramos importante ressaltar que a correspondência E_2 , apesar de apresentar dois elementos no DB (escoras e cabos) não ficou comprometida com a presença de apenas um elemento (citoesqueleto) no DA, pois o citoesqueleto é formado por tipos diferentes de componentes (microtúbulos, filamentos intermediários e microfilamentos), que julgamos desnecessário diferenciá-los, pois o foco da comparação foi a relação r_1 e

não os elementos. Não constatamos a presença de similaridade semântica entre as correspondências do DB e do DA.

Resumindo, a comparação apresentou foco relacional, consistência estrutural, embora não tenha apresentado sistematicidade e similaridade semântica. Entretanto, essas características configuraram a comparação como uma analogia.

Em relação ao nível de enriquecimento, podemos dizer que é zero, pois na análise contextual verificamos que o autor apenas mencionou os dois domínios (prédio em construção / célula). Embora o autor tenha estabelecido uma relação no DB que codificamos em r_1 , não encontramos correspondência no DA. Essa mesma observação foi aplicada para a análise do isomorfismo. Não identificamos no texto nenhuma frase em correspondência nos dois domínios. Portanto, podemos dizer que a analogia não apresentou isomorfismo e confirmou nossa interpretação a respeito da ausência de similaridade semântica.

Quanto a adequação pragmática, podemos dizer que encontramos dificuldade em estabelecer correspondência entre um prédio em construção e uma célula. Embora a intenção do autor fosse apenas familiarizar os leitores em relação ao citoesqueleto e apresentou na página seguinte fotos dos mesmos, acreditamos que grande parte dos estudantes (público-alvo) não conhece a estrutura interna de um prédio em construção, no caso o domínio base. Portanto, consideramos que a adequação pragmática ficou comprometida.

A respeito da nossa análise, das oito comparações mapeadas, duas foram comparações baseadas em atributos e, portanto, identificadas como similaridade de mera aparência (1ª comparação) e metáfora baseada em atributos (2ª comparação). Nessas comparações, o DA foi o mesmo — molécula de fosfolípido. O DA diferenciou nas duas comparações (molécula da bolha de sabão) e (“cauda” e “cabeça”). Nelas os autores descreveram apenas aspectos estruturais. Segundo Gentner (1983) e Mozzer & Justi (2015) as comparações de mera aparência são limitadas, todavia, elas podem ser usadas, uma vez que, frequentemente, são utilizadas com estudantes iniciantes.

Quatro comparações foram caracterizadas como potencialmente analógicas (4ª, 6ª, 7ª e 8ª). A 5ª comparação, por seu caráter implícito, foi classificada como

Metáfora relacional. A análise do nível de enriquecimento mostrou que três dessas comparações (4^a, 5^a e 8^a) apresentaram o nível igual a zero, ou seja, os autores apenas citaram o domínio base e o domínio alvo sem explorar qualquer correspondência entre atributos e/ou relações. Consideramos essas analogias com potencial de mediação didática limitada de acordo com Alvarenga (2017), que considerou que as potencialidades são reduzidas quando os autores de livros didáticos simplesmente citam seus domínios, deixando a cargo dos professores e estudantes o estabelecimento das correspondências entre relações. De acordo com Nagem et al (2003) analogias que não são usadas de maneira adequada, poderão provocar o desvio do real sentido do conteúdo ensinado, levando a um erro de entendimento e de compreensão.

Consideramos que apenas a 6^a e 7^a comparação são devidamente enriquecidas e com potencial de mediação didática. A 6^a comparação apresentou nível de enriquecimento igual a três, portanto os autores estabeleceram correspondência entre relações nos dois domínios, sendo essas de segunda ordem, ou seja, relações mais estruturadas e que envolveram relações de primeira ordem. A 7^a comparação apesar de apresentar o nível de enriquecimento igual a dois, pois os autores exploraram apenas relações de primeira, se destaca pelo foco da comparação ser a diferença alinhável entre a “*a energia do gás de cozinha é liberada rapidamente*” no DB e “*a energia armazenada na molécula de glicose é liberada gradativamente*” no DA. Neste último caso a comparação apresentou semelhanças e diferenças, tornando-a melhor estruturada (MOZZER & JUSTI, 2015; FERRY, 2016).

Os autores deram ênfase principalmente nos aspectos estruturais ou funcionais dos domínios comparados, ou seja, aspectos relacionados aos atributos dos elementos envolvidos na comparação. Das oito comparações analisadas apenas duas comparações (6^a e 7^a) potencialmente analógicas apresentaram correspondências entre relações, favorecendo a aprendizagem de conceitos.

O resultado mostrou a diversidade de comparações presentes nos livros didáticos, revelando a necessidade de compreender e diferenciar as comparações para que seu uso seja planejado e sistematizado, podendo assim diminuir ou impedir a formação ou a perpetuação de concepções equivocadas. Conforme Mozzer & Justi

(2015) mais significativa do que discutir a relevância ou não do uso de analogias no ensino de Ciências, é considerar as condições a partir das quais elas podem se tornar úteis, o primeiro passo, para isso é saber o que são e o que não são analogias.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A teoria do Mapeamento Estrutural proposta por Gentner (1983) e a teoria das Múltiplas Restrições de Holyoak & Thagard (1989) nos permitiu construir nosso referencial teórico, aplicar nossa metodologia e nos deu condições de responder a questão principal desse trabalho de pesquisa: *quais as características de comparações explícitas potencialmente analógicas presentes em livros didáticos de Biologia da Educação Básica para o ensino de conceitos, fenômenos ou teorias? E das expressões de caráter metafórico?*

Consideramos importante retomar as questões norteadoras dessa pesquisa com o propósito de respondê-las e fazer nossas considerações finais a respeito dos resultados de análise.

A primeira questão norteadora que buscamos responder foi: *como as comparações aparecem no Manual do professor nos livros didáticos?* Para responder essa questão fizemos uma análise documental nos Editais de convocação para o processo de inscrição e avaliação de obras didáticas para o Programa Nacional do Livro Didático em livros didáticos de Biologia que foram publicados em 2007, 2009, 2012 e 2015. Fizemos a leitura buscando informações gerais a respeito de comparações. Em seguida, exploramos o material buscando palavras como “analogia”, “metáfora” que serviram como indicadoras da presença de comparações, assim como instruções específicas de como elas poderiam ser exploradas pelo professor.

Na nossa segunda questão de pesquisa, procuramos responder a seguinte questão: *como diferenciar as formas pelas quais os autores de livros didáticos estabelecem as comparações?* A partir da leitura integral dos capítulos e seções sobre Citologia, identificamos e transcrevemos as comparações potencialmente analógicas e as comparações implícitas, aparentemente metafóricas. Primeiramente identificamos os domínios das comparações. Em seguida selecionamos oito comparações para a realização do mapeamento estrutural alinhando as correspondências entre elementos, atributos e relações, identificamos também as diferenças alinháveis e as limitações quando presentes entre o DB e o DA. A partir do mapeamento conseguimos identificar as comparações de mera aparência,

metáfora baseada em atributos, metáfora relacional, anomalias e comparações potencialmente analógicas.

Na terceira questão norteadora perguntamos *quais seriam os aspectos estruturais dessas comparações?* A partir do mapeamento estrutural, verificamos que nem todas as comparações foram consideradas potencialmente analógicas. Todavia todas apresentaram consistência estrutural, identificada pela correspondência um a um entre os elementos constituintes do domínio base e domínio alvo comparados e conectividade em paralelo dos argumentos das relações colocadas em correspondência, com exceção da comparação identificada como anomalia. Conseguimos também identificar o foco das comparações em (1) atributos, nos casos de comparações de mera aparência e da “metáfora baseada em atributos” e em (2) relações, nos casos das analogias e das metáforas relacionais. Outro aspecto estrutural analisado foi a presença ou não de sistematicidade e similaridade semântica das entidades colocadas em correspondência.

Aos analisarmos como os autores de livros didáticos exploraram as comparações e estabeleceram as correspondências entre os domínios, foi possível verificar outros aspectos das comparações consideradas potencialmente analógicas, como o isomorfismo dos enunciados de ambos os domínios comparados e a adequação pragmática.

Na última questão, respondemos: *com quais níveis de enriquecimento as analogias aparecem nos textos didáticos de ensino de Biologia para explicar conceitos, fenômenos ou teorias?* Para responder essa questão também consideramos o mapeamento estrutural realizado, ou seja, tivemos como referência os códigos e os sinais gráficos das correspondências mapeadas na 4ª, 5ª, 6ª, 7ª e 8ª comparação. Após a identificação das correspondências estabelecidas pelos autores, categorizamos os níveis de enriquecimento de zero a três. Percebemos que a maioria das analogias apresentou nível de enriquecimento igual a zero, ou seja, os autores apenas citaram os domínios, sem estabelecer qualquer correspondência entre as entidades constituintes dos domínios comparados, foi o caso da 4ª, 5ª e 8ª comparação.

Contribuições

Acreditamos que este trabalho oferece uma metodologia sistematizada para a análise de comparações em livros didáticos. A partir do nosso referencial pudemos compreender como as comparações são exploradas pelos autores de livros didáticos, além de conseguirmos diferenciar as tais comparações.

Depois de responder as questões norteadoras, pudemos então responder: quais as características de comparações explícitas potencialmente analógicas presentes em livros didáticos de Biologia da Educação Básica para o ensino de conceitos, fenômenos ou teorias e das expressões de caráter metafórico, conforme propusemos início desse trabalho.

Acreditamos que essa pesquisa permite uma reflexão sobre a importância do uso de comparações tanto por autores de livros didáticos de Ciências, quanto por professores e responsáveis pelo curso de formação de professores desta área de conhecimento. Assim como, o uso sistematizado e reflexivo das comparações, evitando a perpetuação de concepções alternativas ou equivocadas.

Limitações

Reconhecemos uma limitação relacionada às categorias criadas por Alvarenga (2017) para a análise do nível de enriquecimento estabelecidas pelos autores nos textos dos livros didáticos. A categorização criada, levou em consideração os aspectos relativos as semelhanças entre os domínios, ou seja, categorias que contemplaram as relações em correspondência. Não apresentou categorias que contemplassem as diferenças (diferenças alinháveis ou limitações) também importantes para a análise de uma comparação.

Nos limitamos ao estudo de comparações sobre citologia, contudo consideramos importante que outros temas da Biologia sejam analisados à luz do nosso referencial teórico e metodológico com o intuito de ampliar nosso conhecimento sobre a forma como as comparações são construídas e exploradas nos livros didáticos de Ciências.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, G. R. *Análise Estrutural de Analogias em Livros Didáticos de Química*. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte [Dissertação de Mestrado], 2017.

AMABIS, J. M. & MARTHO, G. R. *Biologia em Contexto*, v. 1, 1. ed. São Paulo: Moderna, 2013.

AUSBEL, D. P. *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Porto Paralelo, 2003.

BARDIN, L. *Análise de Conteúdo*. 1. ed. São Paulo: Edições 70, 2011.

BIZZO, N. *Novas Bases da Biologia*, v.1, 2. ed. São Paulo: Ática, 2014.

BRASIL. Decreto-Lei 1006, 30 de dezembro de 1938. *Estabelece as condições de produção, importação e utilização do livro didático*. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/declei/1930-1939/decreto-lei-1006-30-dezembro-1938-350741-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso: 30 mai. 2017.

_____. Decreto Lei 8.460, 26 de dezembro de 1945. *Consolida a legislação sobre as condições de produção, importação e utilização do livro didático*. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/declei/1940-1949/decreto-lei-8460-26-dezembro-1945-416379-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso: 30 abr. 2017.

_____. Decreto Lei 91.542, 19 de agosto de 1985. *Institui o Programa Nacional do Livro Didático, dispõe sobre sua execução e dá outras providências*. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decree/1980-1987/decreto-91542-19-agosto-1985-441959-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso: 30 abr. 2017

_____. FUNDO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO. RESOLUÇÃO CD FNDE nº 38, 15 de outubro de 2003. *Dispõe sobre a execução do Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio*. Disponível em: https://www.fnde.gov.br/fndelegis/action/UrlPublicasAction.php?acao=abrirAtoPublico&sgl_tipo=RES&num_ato=00000038&seq_ato=000&vlr_ano=2003&sgl_orgao=FNDE/MED. Acesso: 1 abr. 2017.

BRASIL. Ministério da Educação. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Brasília, 2005. Disponível em ftp://ftp.fnde.gov.br/web/editais_licitacoes/edital_pnld_2007.pdf. Acesso em 02 de abril de 2017

_____. Ministério da Educação. *Catálogo Nacional do Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio: PNLEM/2009*. Secretaria da Educação Básica. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Brasília, 2008.

_____. Ministério da Educação. Edital de Convocação 01/2013. Secretaria de Educação Básica. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Brasília, 2013.

Disponível em:

www.fnnde.gov.br/arquivos/category/165-editais?download...edital...01-2013-cgpli.

Acesso: 30 abr. 2016.

_____. Ministério da Educação. *Guia de livro PNLD-2015, Ensino Médio, Biologia*, Secretaria de Educação Básica Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação, Brasília, 2014.

_____. Ministério da Educação. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. *Livro Didático Histórico*. Brasília, 2017. Disponível em: <http://www.fnnde.gov.br/programas/livro-didatico/livro-didatico-historico>. Acesso em 01 abr. 2017.

BORGES, A.T. Um estudo de modelos mentais. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.2, n.3, p. 207-226, 1997.

BROWN, D.; CLEMENT, J. Overcoming misconceptions via analogical reasoning: Factors influencing understanding in a teaching experiment. *Instructional Science*. 18, 237-261, 1989.

CACHAPUZ, A. Linguagem metafórica e o ensino das ciências. In: *Revista Portuguesa de Educação*, 2 (3), 117-129, 1989.

CÉSAR, S.J.; SEZAR, S.; CALDINI, J. *Biologia*, v. 1, 11. Ed. São Paulo: Saraiva, 2013

CLEMENT, J.J. Using bridging analogies and anchoring intuitions to deal with students' preconceptions in physic. *Journal of Research in Science Teaching*. v. 30, n. 10, p. 1241-1258, 1993.

CURTIS, R. V.; REIGELUTH, C. M. The Use of Analogies in Written Text. *Instructional Science* 13. p. 99-117, 1984.

DE ANDRADE, B. L.; ZYLBERSZTAJN, A.; FERRARI, N. As analogias e metáforas no ensino de ciências à luz da epistemologia de Gaston Bachelard. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 2, n. 2, p. 231-245, 2008.

DUARTE, M.C. Analogias na Educação em Ciências: contribuições e desafios. *Investigações em Ensino de Ciências*. v. 10(1), p.7-29, 2005.

DUIT, R. On the Role of Analogies and Metaphors in Learning Science. In: *Science Education*, v. 79, n.6, p.649-672, 1991.

EDITORA MODERNA (Org.) *Conexão com a Biologia*. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2013.

EDITORA SM (Org.) *Ser Protagonista*. São Paulo, 2. ed. São Paulo: SM, 2013.

FAVARETTO, J. A. *Biologia Unidade e Diversidade*, v.1. ed. São Paulo: Saraiva, 2013.

FERRAZ, D. F.; TERRAZZAN, E. A. O uso de analogias como recurso didático por professores de biologia no ensino médio. *Revista da ABRAPEC*, 1(3), 124-135, 2001.

FERRY, A.; 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*. Águas de Lindóia, SP, 24 a 27 de novembro de 2015.

FERRY, A. S. *Análise Estrutural e Multimodal de Analogias em uma sala de aula de química*. Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte [Tese de Doutorado], 2016.

FRANCISO JÚNIOR, W. E. Analogias e Situações Problematizadoras em Aulas de Ciências. São Carlos: Pedro & João Editores, 2010.

GARCIA, O. M. Comunicação em prosa moderna: aprendendo a escrever, aprendendo a pensar. 14. ed. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, p.522,1988.

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

GENTNER D.; MARKMAN, A. B. Structural Mapping in Analogy and Similarity. *American Psychologist*. v.52, n.1, pp.45-56, 1997.

GIL, A. C. Métodos e Técnicas de Pesquisa Social. São Paulo, Atlas, 6ª Ed., 2008.

GIRALDI, P.M. Linguagem em textos didáticos de Citologia: investigando o uso de analogias. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis [Dissertação de Mestrado], 2005.

GIRALDI, P. M.; SOUZA, S. C. Linguagem de analogias em textos didáticos de Biologia: Questões de Linguagem. *Ciência & Ensino*, v. 1, n.1, p.9-17, 2006.

GLYNN, S. Explaining Science Concepts: A teaching-with-analogies (TWA) Model. In Glynn S. M., Yeany, R. H & Britton, b. k. (Eds). *The Psychology of Learning Science*, 219-240, 1991.

GODOY, A. S. Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. *Revista de Administração de empresas*, v. 35, n. 3, p. 20-29, 1995.

GOULART, J. A. B. Analogias e Metáforas no Ensino de Física: Um exemplo em torno da Temática de Campos. Universidade de Brasília, Brasília [Dissertação de Mestrado] 2008.

GONZÁLEZ, B. M. G. El modelo analógico como recurso didáctico em ciencias experimentales. *Revista Iberoamericana de Educacion*. 37(2). Disponível em <http://rieoei.org/1080.htm>. Acesso em 01 de jun de 2017, 2005.

HARRISSON, A. G.; TREAGUST, D.F. Teaching With analogies: a case study in grade 10 optics. *Journal of Research in Science Teaching*. 30 (10), p. 1291-1307. (Special Issue: The role of analogy in science and science teaching), 1993.

HOFFMANN, M. B.; SCHEID, N. M. J. Analogias como ferramenta didática no ensino de biologia. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 9, n. 1, p. 1-17, 2007.

HOLYOAK, K. J.; THARGARD, P. Analogical Mapping by Constraint Satisfaction. *Cognitive Science*, v. 13, p. 295-355, 1989.

LINHARES, S.; GEWANDSZNAJDER, F. *Biologia Hoje*, v.1, Ed. Ática, 2014.

LOPES, A. R. C. Livros didáticos: Obstáculos ao aprendizado da ciência química I – Obstáculos animistas e realistas. *Química Nova*, v. 15, n.3, p.254-281, 1992.

LOPES, S.; ROSSO, S. *Bio*.v.1, 2.ed. São Paulo: Saraiva, 2013.

MARKMAN, A. B.; GENTNER, D. Commonalities and differences in similarity comparisons. *Memory & Cognition*, v. 24, n. 2, p. 235-249, 1996.

MENDONÇA, V. L. *Biologia*, v.1, 2. Ed. São Paulo: AJS, 2013.

MOZZER, N. B.; JUSTI, R. Science Teachers' Analogical Reasoning. *Research in Science Education*, v.43, n. 4, p. 1689-1713, 2013.

MOZZER, N. B.; JUSTI, R. "Nem tudo que reluz é ouro": Uma discussão sobre analogias e outras similaridades recursos utilizados no ensino de Ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 15, n. 1, p. 123-147, 2015.

NAGEM, L. R. CAVALHÃES D.O.; DIAS, J. A. Y. T. Uma Proposta de Metodologia de Ensino com Analogias. *Revista Portuguesa de Educação*. 2 (14), p. 197-213, 2001.

NAGEM, R. L.; FIGUEROA, A. M. S.; SILVA, C. M. G.; & CARVALHO, E. D. Analogias e metáforas no cotidiano do professor. *Reunião Anual da ANPED*, 26, 5-8, 2003.

NÚÑEZ, I. B., RAMALHO, B. L., SILVA, I. D., CAMPOS, A. P. N. A seleção dos livros didáticos: um saber necessário ao professor. O caso do ensino de Ciências. *Revista Iberoamericana de Educación*, v. 25, n. 4, p. 03, 2003.

OLIVA, J. M.; ARAGÓN, M. M. BONAT, M. MATEO, J. Um estudio sobre el papel de las analogias em la construcción del modelo cinético-molecular de la matéria. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 19, n.3, p. 453-470, 2001.

PEDROSO, C. V.; AMORIM, M. A. L.; TERRAZZAN, E. A. Uso de analogias em livros didáticos de Biologia: um estudo comparativo. *VI Encontro Nacional de Pesquisadores em Educação em Ciência. Anais...* Paraná: Florianópolis, 2007. Disponível em: <http://axpfep1.if.usp.br/~profis/arquivos/vienpec/CR2/p1029.pdf>. Acesso em 25 nov. 2015.

SANTOS, S. C. S.; TERÁN, A. F.; SILVA-FORSBERG, M. C. Analogias em Livros Didáticos de Biologia no Ensino de Zoologia. *Investigações em Ensino de Ciências*. v. 15, n. 3, p. 591-603, 2011.

SILVEIRA, D. T.; CÓRDOVA, F. P. Unidade 2 – A pesquisa científica. *Métodos de pesquisa*, v. 1, 2009.

TERRAZZAN, E. A. *et al.* Apresentações analógicas em coleções didáticas de Biologia, Física e Química para o Ensino Médio: uma análise comparativa. *Anais do IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2003.

APÊNDICE A

LISTA DAS COMPARAÇÕES ENCONTRADAS NOS LIVROS DIDÁTICOS

TÓPICO 1 - CÉLULA

NR.	DOMÍNIO BASE	DOMÍNIO ALVO	COLEÇÃO	TEXTO
1	Favo de Mel	Célula (tipo)	LD 2	"a cortiça era constituída por pequenos poros ou células, <u>comparáveis</u> aos pequenos compartimentos que compõem os favos das colmeias das abelhas". (p. 201)
2	Azulejo	Tipo de célula	LD 5	"No corpo humano, por exemplo, células alongadas e capazes de se encurtar quando estimuladas compõem os tecidos musculares; células achatadas <u>como</u> azulejos, que recobrem certas partes do corpo, constituem os tecidos epiteliais". (p. 40)
3	Tijolo	Célula (tipo)	LD 6	"[...] não é notável que seres tão distintos como uma ameba e uma pessoa sejam constituídos pelo mesmo "tijolo" básico, a célula"? (p. 177)
4	Prédio em construção	Célula	LD 8	"No entanto, uma célula <u>se parece</u> com um prédio em construção , cheio de escoras e cabos sustentando estruturas e movimentando organelas sempre ligadas a uma estrutura interna". (p. 110)

TÓPICO 2 – CITOPLASMA (COMPOSIÇÃO)

Nr.	DOMÍNIO BASE	DOMÍNIO ALVO	COLEÇÃO	TEXTO
1	Gelatina	Citoplasma (citosol)	LD 2	"o citoplasma <u>aparece como</u> um material gelatinoso, o citosol (também chamado hialoplasma), no qual se reconhecem poucas estruturas [...]. O microscópio eletrônico mostrou, no entanto, que essa "gelatina", o citosol, não é homogênea". (p. 235)
2	Contas de um colar	Actina (citoesquel eto)	LD 2	"Cada cadeia é composta por moléculas de actina enfileiradas, <u>como as</u> contas de um colar. A actina é uma proteína contrátil, relacionada, portanto, aos movimentos celulares". (p. 238)
4	Cordas	Citoesquel eto (filamentos intermediários)	LD 4	"Os filamentos intermediários <u>são como</u> cordas feitas com vários fios de proteínas, aumentando a resistência da célula e tensões (estão presentes nos desmossomos), além de ajudarem na sustentação do núcleo e de outras organelas". (p. 98)
5	Gelatina	Citoplasma (citosol)	LD 5	"O citoplasma é preenchido pelo citosol (ou hialoplasma), um colóide <u>semelhante</u> à gelatina." (p. 100)
6	Canudo de refrigerante	Globulina (microtúbul os)	LD 8	"A globulina, proteína que forma os microtúbulos, empilha-se em forma espiral, formando uma estrutura parecida com um canudo de refrigerante"

				com o interior vazio. Isso dá grande resistência mecânica ao conjunto”. (p. 111)
--	--	--	--	--

TÓPICO 3 – CITOPLASMA (ESTRUTURAS)

Nr.	DOMÍNIO BASE	DOMÍNIO ALVO	COLEÇÃO	TEXTO
1	Usina ou casa de força	Mitocôndria	LD 2	“[...] as mitocôndrias <u>são equivalentes</u> às usinas, ou casas de força, que abastecem uma cidade de energia”. (p. 247) “[...] as mitocôndrias funcionam <u>como</u> verdadeiras “usinas de força”, pois é no seu interior que acontece a maior parte do processo da respiração celular”. (p. 264)
2	Chicote	Cílios	LD 6	“Seus movimentos <u>assemelham-se</u> aos de um chicote, com frequência de 10 a 40 batimentos por segundo!” (p. 208)

TÓPICO 4 - FOTOSÍNTESE

NR.	DOMÍNIO BASE	DOMÍNIO ALVO	COLEÇÃO	TEXTO
1	Antenas	Produtores	LD 2	“[...] os produtores captam a energia do Sol – <u>como</u> se fossem “antenas” viradas para o espaço – e a utilizam para produzir alimento”. (p. 259)
2	Sistema hipotético	Fotofosforilação cíclica	LD 9	<p>”Analogia entre a fotofosforilação cíclica e um sistema hipotético. A luz excita um elétron da clorofila. A energia perdida pelo elétron, ao retornar ao seu nível energético inicial, é utilizada para produzir ATP”. (p. 132)</p>

TÓPICO 5 – MEMBRANA PLASMÁTICA

Nr.	DOMÍNIO BASE	DOMÍNIO ALVO	COLEÇÃO	TEXTO
1	Molécula de sabão	Molécula de fosfolipídio	LD 1	<p>“Uma característica interessante da molécula de sabão é que ela <u>se assemelha</u> à molécula de fosfolipídio no que se refere à estrutura: ela também apresenta uma cabeça hidrofílica e uma cauda hidrofóbica”. (p. 215)</p> <p>“[...], as moléculas de sabão arranjam-se de modo a formar uma membrana com duas camadas, assim como acontece com as membranas celulares. A diferença é que no caso da membrana da bolha, em cada uma das duas camadas, as caudas hidrofóbicas das moléculas de sabão ficam voltadas para o ar. Entre uma camada e outra há uma delicada película de água, para onde as cabeças hidrofílicas se voltam”. (p. 215 e 216)</p>
2	Cabeça e cauda	Fosfolipídios	LD 2	<p>“os fosfolipídios apresentam uma estrutura típica: o fosfato, formando uma espécie de “cabeça” na molécula, está ligado a duas “caudas”, que correspondem a duas longas cadeias carbônicas. A “cabeça” de fosfato é altamente hidrofílica, enquanto as “caudas” são hidrofóbicas; isso faz com que o arranjo mais estável para essas moléculas, do ponto de vista químico, resulte na formação de uma bicamada de fosfolipídios, na qual as “cabeças” de fosfato estão em contato com a água (presente nos meios externo e interno da célula), enquanto o “miolo” da membrana corresponde a uma região hidrofóbica (formada pelas “caudas” dos fosfolipídios, voltadas para dentro)”. (p. 215)</p>
3	mosaico	Proteínas da membrana	LD 2	<p>As proteínas da membrana desempenham funções muito variadas [...]. O fato é que elas estão distribuídas entre os lipídios, lembrando as peças de um “mosaico”, onde também ocorrem elementos dispersos em meio a uma estrutura maior”. (p. 215)</p>
4	Chave-fechadura	Receptores de superfície	LD 2	<p>“Permitem que uma ou mais substâncias específicas liguem-se a eles, em um reconhecimento do tipo “chave-fechadura”. Dessa forma, sinais específicos são transmitidos à célula, desencadeando uma</p>

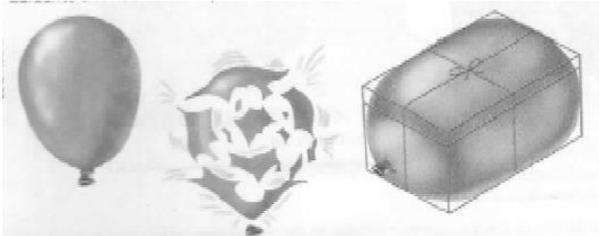
				<p>resposta adequada”. (p. 217)</p> <p>As proteínas da membrana desempenham funções muito variadas [...]. O fato é que elas estão distribuídas entre os lipídios, lembrando as peças de um “mosaico”, onde também ocorrem elementos dispersos em meio a uma estrutura maior”. (p. 215)</p> <p>“Cada célula representada tem um tipo de receptor. Por causa disso, ela responde somente a um tipo de mensageiro específico, que se encaixa em seu receptor, em um mecanismo de chave-fechadura. Em outras palavras, determinada “mensagem” somente alcança uma célula se esta tiver o tipo de receptor adequado” [...] O esquema abaixo ilustra um modelo de como as respostas celulares são desencadeadas pela substância mensageira. A substância se encaixa no receptor de membrana da célula-alvo e modifica a forma dessa molécula (A). A modificação do receptor desencadeia, no interior da célula, uma série de reações químicas (B) que levam, finalmente, à elaboração de uma resposta (C). (p. 228)</p>
5	Cabeça e cauda	Fosfolipídios	LD 6	<p>“As moléculas de fosfolipídios podem ser descritas como tendo uma “cabeça” eletricamente carregada, representada pelo grupo fosfato, e duas “caudas” apolares, representadas pelo glicerídio”. (p. 191)</p> <p>[...], estão com as cabeças, eletricamente carregadas, voltadas para as faces externas da membrana, em contato com a água sempre presente nas soluções internas e externas à célula. Com isso, “escondem” suas caudas sem carga elétrica da água circundante, voltando-as para o interior da bicamada molecular da membrana”. (p. 191)</p>
6	Palito de fósforo	Fosfolipídios	LD 6	<p>“Imagine a bímbrana, formada por duas camadas de fosfolipídios, <u>comparáveis</u> a palitos de fósforo, organizados lado a lado”. (p. 191)</p>
7	Impressão digital	Carboidratos da membrana	LD 9	<p>“A composição, a quantidade e a disposição dessas moléculas variam com a célula e <u>representam</u> uma espécie de “impressão digital” celular”. (p. 80)</p>
8	Chave-fechadura	Receptores de membrana	LD 9	<p>“Existem muitos tipos de receptores de membrana. Cada um deles interage com ligantes diferentes, <u>como</u> um mecanismo chave-fechadura. Assim, uma molécula mensageira só poderá interagir com uma célula que possua, em sua membrana, os receptores correspondentes”. (p. 80)</p>
9	Dedos finíssimos	Microvilosidades	LD 4	<p>“Em algumas células, como as que revestem o intestino, aparecem dobras da membrana que se projetam (<u>como</u> dedos finíssimos) para fora</p>

				da célula”. (p. 93)
--	--	--	--	---------------------

TÓPICO 6 – NÚCLEO CELULAR (COMPOSIÇÃO, ESTRUTURA E FUNÇÃO)

Nr.	DOMÍNIO BASE	DOMÍNIO ALVO	COLEÇÃO	TEXTO
1	Centro administrativo	Função do núcleo	LD 2	<p>“O núcleo <u>é comparável</u> ao “centro administrativo” da célula”. (p. 273)</p> <p>“O núcleo celular, como pudemos perceber pela leitura inicial, é o “armazém” de todas as informações sobre a função e a estrutura da célula e, eventualmente, de todo o organismo (no caso de organismos unicelulares, como os protozoários)”. (p. 273)</p>
2	Novelo de barbante	Cromossomos	LD 6	<p>“Em seu interior, os cromossomos seriam <u>comparáveis</u> a muitos metros de finos barbantes, longos e emaranhados como um novelo”. (p. 246)</p>
3	Portões	Proteínas da membrana nuclear (poros)	LD 7	<p>“Tais proteínas selecionam ativamente o que entra e o que sai do núcleo, atuando como portões, pelos quais as proteínas do citoplasma penetram no núcleo e o material genético sai em direção ao citosol”. (p. 128)</p>

TÓPICO 7 – PAREDE CELULAR

NR.	DOMÍNIO BASE	DOMÍNIO ALVO	COLEÇÃO	TEXTO
1	Aço	Parede celular (constituição)	LD 3	<p>“A resistência da celulose <u>pode ser considerada</u> equivalente à do aço, quando comparamos pedaços do mesmo comprimento e mesma massa”. (p. 171)</p>
2	Caixa de papelão	Parede celular	LD 5	<p>“Permanecer em um ambiente diluído representa risco para a célula, pois a água penetra em seu interior e pode arrebentá-la. A parede celular impede que isso aconteça; por isso, <u>ela pode ser comparada</u> a uma caixa de papelão com um furo, por onde se introduz uma bexiga de borracha. Fora da caixa, pode-se encher a bexiga até estourá-la, o que não acontece dentro da caixa”. (p. 94)</p> 

TÓPICO 8 – RESPIRAÇÃO CELULAR

Nr.	DOMÍNIO BASE	DOMÍNIO ALVO	COLEÇÃO	TEXTO
1	Combustão	Quebra da glicose	LD 1	<p>“[...] vamos <u>comparar</u> a combustão não biológica (que não ocorre nas células) com quebra biológica da glicose (que ocorre na respiração celular)”. (p. 261)</p> <p>Na combustão não biológica, a energia é liberada rapidamente, sob a forma de calor. Este é tão intenso que, se ocorresse na célula, poderia matá-la. Na quebra biológica, a energia armazenada nas ligações químicas é liberada de modo gradativo e utilizada na síntese de ATP. Nesse caso também há liberação de calor, mas em menor quantidade”. (p. 261)</p>
2	Alimentos	Combustíveis	LD 2	<p>Os alimentos, então, <u>podem ser considerados</u> verdadeiros “combustíveis” para as células dos organismos. É o caso dos carboidratos (açúcares, massas e pães), dos lipídios (óleo e gorduras) e das proteínas”. (p. 260)</p>
3	“combustíveis” (gasolina)	Açúcares e lipídios	LD 2	<p>“As células necessitam de energia para sua sobrevivência. Uma das maneiras utilizadas para a obtenção dessa energia é a degradação de moléculas “combustíveis”, como açúcares e lipídios, por meio do processo de respiração celular”. (p. 247)</p> <p>No caso do automóvel, a “queima” de gasolina, ou seja, a reação de suas moléculas com o oxigênio, disponibiliza uma parte da energia química, que é transformada em movimento, calor e até em energia elétrica e luminosa, como dissemos.</p> <p>As células também necessitam de energia para realizar os processos do metabolismo. Para isso, utilizam a energia química contida, nas moléculas de nutrientes, como os açúcares, e a transforma, em calor, em movimento, em energia elétrica, ou ainda transferem essa energia química para outras moléculas que elas produzem. Assim, a energia química existente nos “combustíveis” celulares é utilizada para manter a atividade celular.</p> <p>“Os alimentos, então, <u>podem ser considerados</u> verdadeiros “combustíveis” para as células dos organismos. É o caso dos carboidratos (açúcares, massas e pães), dos lipídios (óleo e gorduras) e das</p>

				<p>proteínas.</p> <p>Considere que um litro de gasolina contém cerca de 8.200 kcal, energia suficiente para fazer o motor de um carro funcionar por algum tempo. [...]”. (p. 260)</p>
4	Bactérias	Mitocôndria	LD 2	<p>“... essas bactérias possuem em suas células todo o equipamento necessário (enzima e outras substâncias) para realizar a respiração celular. Em outras palavras, essas bactérias funcionam <u>como</u> mitocôndrias”. (p. 264)</p>
5	Moeda energética	ATP	LD 3	<p>“Grande parte da energia liberada na oxidação de moléculas orgânicas nas células fica armazenada nas moléculas de ATP, que atuam <u>como</u> verdadeiras “moedas energéticas”, a serem gastas em processos celulares”. (p. 212)</p>
6	Combustão	Respiração	LD 4	<p>“Na combustão, a reação é violenta, com liberação de grande quantidade de energia em um intervalo de tempo pequeno. Na respiração, a quebra das cadeias de carbono é feita de forma gradativa, e a energia é liberada em pequenas parcelas; caso contrário, o calor produzido destruiria a célula”. (p. 113)</p>
7	Moeda energética	ATP	LD 6	<p>“Muitos cientistas costumam <u>comparar</u> o ATP a uma “moeda energética”, que circula dentro da célula e custeia os gastos metabólicos”. (p. 222)</p>
8	Nanogerador molecular	Sintase do ATP	LD 6	<p>“A constituição da sintase do ATP é comparável a um nanogerador molecular: ela possui um rotor interno que gira, movido pela passagem dos íons H⁺. ” (p. 226)</p> <p>“[...] a sintase do ATP <u>é comparável</u> a um nanogerador molecular que se movimenta pela passagem dos íons H⁺, produzindo moléculas de ATP a partir de ADP e Pi”. (p. 235)</p>
9	Combustão	Liberação de energia da glicose	LD 9	<p>“A importância das reações acopladas nas células e da função do ATP pode ser mais bem compreendida se <u>compararmos</u> a liberação de energia na célula a um tipo de liberação de energia muito comum no dia a dia: a combustão do gás de cozinha. Nessa reação, toda a energia do gás é liberada de uma só vez, sob a forma de calor. Se a energia da glicose fosse liberada do mesmo modo, o calor seria tão intenso que destruiria as proteínas e interromperia todas as reações metabólicas, matando a célula. Mas não é assim que ocorre, pois a energia armazenada nas ligações químicas da molécula de glicose é liberada de maneira</p>

				gradativa, em uma cadeia de reações que sintetizam ATP.(p. 111)
--	--	--	--	---

TÓPICO 9 – SÍNTESE DE PROTEÍNAS

NR.	DOMÍNIO BASE	DOMÍNIO ALVO	COLEÇÃO	TEXTO
1	Letras	Bases nitrogenadas	LD 3	“No processo de transcrição, as “letras” de uma sequência de DNA, que correspondem aos nucleotídeos de A, T, C e G, dão origem a uma sequência de RNA, que possui outras “letras”. Mas, ainda utilizando esta <u>analogia</u> podemos dizer que o “idioma” continua o mesmo, pois DNA e RNA pertencem ao mesmo grupo de substâncias químicas, os ácidos nucleicos”. (v. 3, p. 226)
2	Idioma	Tradução	LD 3	A tradução é a etapa na qual as “letras” do RNAm vão determinar a produção de uma sequência de aminoácidos, resultando a formação de uma proteína. Podemos fazer a seguinte <u>comparação</u> : na tradução, o “idioma” dos ácidos nucleicos é transformado no “idioma” das proteínas, um outro grupo de compostos orgânicos”. (v. 3, p. 226)
3	Senha	Código genético universal	LD 3	“Existe uma espécie de “senha”, <u>conhecida por código genético universal</u> . Cada sequência de três nucleotídeos, a partir do início do filamento de RNAm é chamada de códon ”. (v. 3, p. 227)
4	Folha de trevo	RNA transportador (RNAt)	LD 5	“Constituído por uma cadeia de nucleotídeos dobrada sobre si mesma, <u>com aspecto de folha de trevo</u> ; transporta aminoácidos até os ribossomos”. (g 116)