

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS – COMISSÃO DE GRADUAÇÃO
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ANÁLISE DO POTENCIAL DIDÁTICO DE ANALOGIAS
EM LIVROS TEXTO DE BIOLOGIA

ARTHUR DA ROCHA MACHADO

PORTO ALEGRE

2021

ARTHUR DA ROCHA MACHADO

ANÁLISE DO POTENCIAL DIDÁTICO DE ANALOGIAS
EM LIVROS TEXTO DE BIOLOGIA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Comissão de Graduação do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial e obrigatório para obtenção do grau de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientadora: Prof. Dra. Heloisa Junqueira

PORTO ALEGRE

2021

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS

EPIGRAFE

RESUMO

1 INTRODUÇÃO.....	7
1.1 O que é uma analogia?.....	8
1.2 Objetivos	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 Analogias e o desenvolvimento do pensamento abstrato	13
2.2 Livros Didáticos no Brasil: PNLD e PNLEM	14
2.3 Erros conceituais nos Livros Didáticos	17
2.4 Potencial didático de analogias	18
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	19
3.1 Etapas da pesquisa e instrumentos de coleta de dados	19
3.2 Critérios de seleção dos Livros Didáticos	20
3.3 Categorização dos dados	21
4 DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	24
4.1 Erros conceituais: descompasso entre os saberes científico e escolar.....	25
4.2 Conhecimento cotidiano: uma aproximação aos saberes do leitor.....	28
4.3 Correspondência adequada entre os termos da analogia.....	33
4.4 Contextualização (ou não) dos saberes.....	39
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	42
REFERÊNCIAS.....	44
APÊNDICE	47
ANEXO	

AGRADECIMENTOS

À orientadora Heloisa Junqueira, pelos ensinamentos, outrora presenciais, regados a um bom cafezinho, e atualmente de forma remota, mas jamais deixando a desejar em qualquer aspecto. Tão valioso quanto as risadas, e até gargalhadas nossas em reuniões, foram os diálogos bem-humorados, instigantes e acolhedores, certamente inesquecíveis em minha memória.

Às professoras da banca, Eunice e Maria Cecília, não só pela disposição para avaliar este trabalho, mas também pelos ensinamentos inspiradores nas disciplinas da licenciatura, sem dúvidas, fizeram parte da minha formação como biólogo e professor.

Aos meus pais, pelo apoio e suporte, principalmente nos momentos em que tive maior dificuldade, constantemente me incentivando a seguir em frente nessa longa caminhada acadêmica. Sempre compreensivos, sem nunca deixar de depositar confiança, inclusive quando optei pela carreira de professor.

Ao meu irmão que, apesar de geograficamente distante, sempre esteve próximo, me agitando com o velho tapa nas costas e abrindo meu horizonte à novas possibilidades profissionais.

À minha tia-avó, professora de Língua Portuguesa e Redação, pelas dicas e sugestões de escrita, certamente valorosas para o corpo deste trabalho, e também pelo suporte na aquisição dos livros didáticos, imprescindíveis na realização da pesquisa.

À minha avó, fiel companheira, pelos quitutes deliciosos e essenciais, combustível de todas minhas células, além do apoio moral e da companhia que permearam este semestre.

Aos meus queridos amigos, tanto colegas de orientação, como os demais, pelos diálogos enriquecedores realizados antes e durante a elaboração desta pesquisa. Perguntas como: “quando fica pronto teu trabalho?” “Ainda não terminou teu TCC?”, apesar de um tanto enfadonhas, também foram importantes para me manter firme e persistente.

E para finalizar meus agradecimentos, aos cães da vizinhança, por me tirarem compulsivamente da cama, ao horário da alvorada.

Um verdadeiro mestre é um eterno aprendiz.

Master Yi, o espadachim Wuju

RESUMO

Os Livros Escolares são materiais didáticos constituintes da Educação Básica brasileira há bastante tempo, com papel estruturador e estruturante nas atividades desenvolvidas dentro e fora de sala de aula, entre professores e alunos. Em Biologia, descrições e explicações dos fenômenos da natureza, bem como as problemáticas relacionadas, são apresentadas por meio do Livro Escolar, na grande maioria das escolas públicas. Por se tratar de uma ciência, os conceitos envolvidos são complexos, abstratos e, muitas vezes, distantes da realidade dos leitores, nesse caso, os alunos. Por conseguinte, uma figura de linguagem é comumente utilizada a fim de auxiliar a compreensão e proporcionar o aprendizado de conceitos científicos: são as analogias. Essa pesquisa objetivou identificar as analogias nos livros escolares de Biologia de primeiro e segundo ano de Ensino Médio e analisar, a partir de critérios, o potencial didático desse recurso linguístico-pedagógico. Para isso, foram amostrados três exemplares de livros de Biologia, nos quais foram quantificadas 29 analogias, presentes preponderantemente em conteúdos abstratos, tais como citologia, bioquímica, biologia molecular e histologia. Embora não haja potencial didático na totalidade das analogias identificadas, os resultados apontam para a possibilidade de serem empregadas para fins pedagógicos, como recursos a somar no processo de aprendizagem.

Palavras-chave: Analogias. Livros Escolares. Biologia. Didática.

1 INTRODUÇÃO

Esta pesquisa investiga o uso de analogias em livros didáticos de Biologia e seu potencial didático, considerando as diversas formas de analogias empregadas, bem como sua importância e valor para auxiliar na compreensão de conceitos abstratos. O emprego de analogias em livros escolares tem por objetivo auxiliar na compreensão e aprendizado de conhecimentos complexos, como o funcionamento do corpo humano, o metabolismo celular, o ciclo de vida de algas, além de outros conceitos ensinados. Sendo assim, tal recurso didático se vale da comparação entre o que se sabe e o que se pretende ser aprendido.

Refletindo sobre minha trajetória escolar, não pude deixar de observar o nível de dificuldade dos conteúdos ensinados nas diversas disciplinas que compõem o currículo dos alunos. A elevada exigência está, não só nas Ciências e Biologia, como também no restante das disciplinas – somado a isso, a jovem idade de muitos alunos e o pequeno esforço pedagógicos de alguns professores reforçam o desafio do aprendizado. Tais percepções acerca dos espaços escolares nos quais frequentei, se tornaram ainda mais evidentes quando realizei o Estágio de docência em Ciências, no segundo semestre de 2019, com uma turma de 8º Ano, do Ensino Fundamental. Os conteúdos propostos pelo livro didático eram de considerável complexidade e abordavam, por exemplo, o estudo dos neurônios e das sinapses, assuntos que exigem do aluno a capacidade de compreender o abstrato, isto é, o desconhecido, o intocável, o invisível a olho nu.

A experiência como professor estagiário de Ciências me instigou a realizar pesquisa sobre e na educação, resultando no projeto de pesquisa intitulado: “possíveis relações entre a presença de humor no ensino de Ciências e a ocorrência de significativas aprendizagens”. Parte considerável dos momentos alegres e inesquecíveis que vivenciei na escola, seja como aluno, seja como professor, apresentavam situações bem-humoradas, tornando o ambiente leve, divertido e “fértil” para a ocorrência de aprendizagens. Além disso, o humor parecia facilitar a aproximação entre pessoas, ajudando a formar vínculos afetivos entre alunos e professores.

Todavia, a realização dessa pesquisa tornou-se inviável¹ devido ao contexto pandêmico atual, por contágio do vírus SARS-cov-2, instituindo o distanciamento social, o

¹ Inviável, pois os procedimentos metodológicos envolviam a observação dos espaços escolares, leitura de materiais e trabalhos produzidos pelos alunos e a realização de entrevistas semiestruturadas com os professores da escola selecionada. Diante desse desafio, também se cogitou observar as aulas de maneira virtual/remota,

modelo de Ensino Remoto Emergencial (ERE) na Universidade e escolas da Educação Básica, implicando em fechamento destas instituições. Cogitou-se reelaborar o objeto de pesquisa, ainda mantendo o foco no humor, mas a necessidade de evitar exposição ao vírus resultou na alteração do objeto. Assim, sem abandonar por completo essa intenção, optou-se por pesquisar as analogias em livros escolares de Biologia, e seu potencial didático, buscando o viés humorístico vinculado às analogias.

Por fim, nesta pesquisa, também se considerou a significância de identificar possíveis erros conceituais presentes nos livros-texto de Biologia, bem como, conteúdos que se revelam desatualizados, se comparados aos conhecimentos científicos legitimados socialmente. Uma hipótese que sustenta esta não atualidade nos assuntos refere-se a um provável descompasso entre a produção científica, sua legitimação social e a sua incorporação nos LD. Objetivando identificar e analisar o potencial didático de analogias constantes da amostra dos livros didáticos selecionados, essas abordagens foram investigadas a fim de estabelecer relações com o objeto focal desta pesquisa.

1.1 O que é uma analogia

Segundo o Aurélio, dicionário de Português, uma analogia é uma relação de semelhança entre objetos ou ações diferentes, isto é, uma correspondência. É possível afirmar que uma analogia funciona de maneira similar a uma comparação, visto que dois termos são postos em uma relação de equivalência. Ainda, algumas definições são também trazidas pelo dicionário:

Em que há ou pode haver uma análise comparativa; comparação.
 [Jurídico] Operação lógica através da qual um caso que, não sendo previsto pela lei, recebe a mesma norma jurídica de ações que lhe são parecidas.
 [Linguística] Ação processual de mudança linguística que altera uma forma, fazendo com que ela se enquadre num modelo já existente.
 [Filosofia] Analogias da experiência. Refere-se aos princípios que, para Kant, direcionam a ligação entre os fenômenos. (Aurélio, 2017)

Conforme Muth citando Glynn (1989, p. 193) “uma analogia é uma semelhança em alguns aspectos entre conceitos de outro modo diferentes. Um análogo é um conceito do qual se estabelece uma relação de analogia com outro termo”. Além disso, o autor afirma que existem diferenças entre metáfora e analogia, embora ambos os conceitos sejam confundidos amiúde. Metáfora, do grego *meta* (além) e *phorein* (transportar) é uma figura de linguagem

mantendo a metodologia inicial. No entanto, em função da dificuldade de acesso de alunos e professores, as escolas da rede pública não contavam com a presença de todos, o que também dificultaria a realização da pesquisa.

capaz de transportar o sentido literal de uma palavra ou frase, e atribuir sentido figurado. A metáfora é o uso de uma linguagem figurada que compara implicitamente e acentua aspectos ou qualidades que não coincidem com os dois domínios (DUARTE, 2005 apud FREITAS, 2011). As metáforas geralmente são apresentadas em obras literárias, textos religiosos e outras obras, como pode-se observar no poema “Autopsicografia” de Fernando Pessoa (1932):

Autopsicografia - Fernando Pessoa

*O poeta é um fingidor.
Finge tão completamente
Que chega a fingir que é dor
A dor que deveras sente.*

*E os que lêem o que escreve,
Na dor lida sentem bem,
Não as duas que ele teve,
Mas só a que eles não têm.*

*E assim nas calhas de roda
Gira, a entreter a razão,
Esse comboio de corda
Que se chama coração.*

Analogia é um recurso linguístico-pedagógico constituinte de livros didáticos, sobretudo em textos das ciências da natureza, como Biologia, Física e Química. (GLYNN et al, 1994).

As analogias são parte da filosofia moderna dos séculos XVIII e XIX, uma vez que possibilitam o estabelecimento de uma relação de equivalência e permitem realizar inferências a partir de objetos ou fenômenos. Immanuel Kant², filósofo prussiano, considerado o maior da modernidade e importante referência na Epistemologia, se utilizava de analogias para estabelecer comparações entre intuições de objetos do mesmo gênero. Kant nem sempre lidava com as analogias matemáticas (também referidas como analogias quantitativas) e, por isso, buscava na experiência o que não se podia conhecer a priori. A respeito disso, Bonaccini (2008) explica que:

O conceito de “analogia” é aplicado geralmente no sentido de uma comparação entre intuições (ou percepções) de duas ou mais coisas, de tal

² Immanuel Kant (1724 - 1804) foi um filósofo prussiano, amplamente considerado como o principal filósofo da era moderna. Kant operou na epistemologia, uma síntese entre o racionalismo continental (de René Descartes, Baruch Espinoza e Gottfried Wilhelm Leibniz, onde impera a forma de raciocínio dedutivo), e a tradição empírica inglesa (de David Hume, John Locke, ou George Berkeley, que valoriza a indução).

modo que a inferência por analogia só pode ser feita entre coisas do mesmo gênero. (Bonaccini, 2008, p. 212).

Nas Ciências Biológicas, analogia é um termo amplamente empregado em contraste à homologia. No estudo da origem e evolução das espécies, por exemplo, uma analogia se refere às características semelhantes entre grupos de organismos cuja origem evolutiva é, muitas vezes, diferente (em outras palavras, aqueles que não possuem ancestralidade comum). Um exemplo é a asa de insetos e de aves: ambos são animais pertencentes a grupos distintos, no entanto apresentam grande semelhança no órgão cuja função é alçar o voo.

As analogias são bastante exploradas na Publicidade e Propaganda, já que o objetivo é estabelecer uma relação de equivalência entre o produto oferecido e as necessidades do consumidor. Essa situação é apresentada na propaganda da Skol, marca de cervejas, na qual são mostrados dois cenários: o primeiro são ratos recebendo choques e sendo recompensados com queijos e, no segundo, um grupo de homens na cozinha sendo premiados com cervejas após levarem choque. O anúncio cria uma relação analógica entre a dor e o prazer hedônico, apresentando uma equivalência entre as duas situações. Em outras palavras, o queijo é tão prazeroso para os ratos quanto a cerveja é para os homens, “compensando” a dor sofrida pelos choques.

Considerando a história da ciência, as analogias estiveram diretamente relacionadas às pesquisas e seus achados em diversas áreas do conhecimento, como astronomia, física moderna e até na mecânica quântica. Johannes Kepler (1571 – 1630), um importante astrônomo e matemático alemão, desenvolveu e defendeu suas leis da mecânica celeste com analogias. Kepler comparou o movimento de planetas no sistema solar ao funcionamento de um relógio no qual seria possível realizar previsões por meio da matemática e geometria. Com isso, revolucionou a física e astronomia do século XVII pondo em xeque a explicação de uma divindade que manipula os astros. Do mesmo modo, John Dalton (1766 - 1844) introduziu, por meio de analogia, o conceito de uma partícula neutra, invisível, indivisível e indestrutível, componente fundamental de toda matéria existente: o átomo. Dalton relacionou o átomo a uma bola de bilhar, por ser um corpo de formato esférico, denso e maciço, facilitando assim a compreensão deste novo objeto, o que condicionou o aparecimento da atomística, o estudo da natureza e propriedades do átomo. Outros pesquisadores deram continuidade aos estudos de Dalton, refutando certas ideias e elaborando novas teorias a respeito do átomo também por meio de analogias. Foi o que Joseph John Thomson (1856 – 1940) utilizou quando estabeleceu uma relação entre o átomo e um pudim de passas.

Thomson apresentou uma nova visão a respeito da partícula atômica, comparando as cargas negativas encontradas na superfície do átomo às passas distribuídas sobre um pudim.

Todavia, Glynn et al. (1994, p. 226) fazem uma importante consideração a respeito dos modelos atômicos, propondo analogias que se aproximam melhor da realidade dos alunos. Em outras palavras, os autores consideram que poucos estudantes vão relacionar um modelo atômico a um pudim de passas, pois tanto o modelo quanto o pudim são objetos de pouca ou nenhuma familiaridade com as vivências deles. Segundo os autores: “Talvez uma analogia poderia ser usada para explicar o que é um pudim de passas comparando com um sorvete de flocos, um conceito com o qual mais estudantes estariam familiarizados” (GLYNN et al, 1994, p. 226). De qualquer forma, a proposição de modelos atômicos por analogias não se constitui como um recurso pedagógico, e sim uma forma de apresentar e propor novas concepções a respeito da partícula atômica.

Glynn et. al (1994) apresentam uma explicação do porquê as analogias são elementos linguísticos com potencial de atuar na construção do conhecimento científico, além de serem uma possibilidade passível de incorporação nos processos didáticos de professores e professoras atuantes na Educação Básica. Segundo os autores, as analogias atuam como uma ligação entre um novo conceito e um conceito já conhecido, familiar. Conceitos novos costumam apresentar maior grau de dificuldade para quem os estuda especialmente aqueles pertinentes a textos científicos – através de um conceito com o qual há maior familiaridade, se torna possível a ocorrência de aprendizagem. Para Glynn (1994):

Se conceitos familiares e novos conceitos estão relacionados corretamente, então o estudante compreenderá o texto de modo significativo. Do contrário, a compreensão será prejudicada e o estudante não entenderá conceitos textuais críticos (GLYNN, 1994, p. 221).

Glynn et. al (1994) propõem um modelo para a elaboração de analogias e consideram que as correlações estabelecidas pelos professores e, também, pelos livros didáticos podem ajudar ou dificultar a compreensão de um novo conceito. Em suma, a qualidade da analogia é influenciada pela similaridade e quantidade de elementos em comum entre o conhecido e o desconhecido – quanto mais semelhantes, melhor. Além disso, é necessário que haja familiaridade com o objeto conhecido (análogo) para que seja possível comparar ao desconhecido (alvo). Um bom exemplo, conforme é sugerido no livro, é comparar a Lua e suas propriedades a um espelho: ambos são capazes de refletir a luz, o que explicaria o brilho da Lua durante a noite. Em aulas e livros de Biologia, muito utiliza-se uma analogia na descrição do funcionamento do olho, em que o órgão da visão humana se assemelha a uma

câmera fotográfica, uma vez que ambos contêm lentes, aberturas (pupila), foco e operam a partir da entrada de luz que forma uma imagem invertida.

1.2 Objetivos

Partindo do pressuposto histórico-didático acerca do elevado grau de abstração inerente aos conteúdos escolares das Ciências Biológicas, em especial àqueles impossíveis de serem vistos a olho nu ou manipulados pelos humanos - bioquímica, biologia molecular, citologia, fisiologia, implicando nos processos de aprendizagem dos estudantes, objetivou-se identificar e comparar as analogias presentes em livros texto de Biologia, bem como analisar o seu potencial didático. Neste sentido, investigou-se as analogias presentes em diferentes livros didáticos de Biologia do Ensino Médio, comparando-se o número de relações analógicas tanto entre os diferentes exemplares, quanto entre os conteúdos impressos em cada livro e entre os livros. Para fins de comparação, citologia e bioquímica foram os assuntos considerados abstratos, da mesma forma que zoologia de Vertebrados foi considerado um assunto concreto. Assim, definiram-se os objetivos específicos orientadores na realização da pesquisa:

- Identificar e quantificar as analogias presentes nos livros didáticos de Biologia selecionados.
- Comparar diferentes conteúdos quanto ao emprego de analogias, a fim de estabelecer relações entre a presença/ausência de analogias pertinentes e os elementos linguísticos que definem o grau de abstração do assunto;
- Comparar o exemplar mais antigo (2005) ao mais atual (2015), buscando semelhanças e diferenças quanto aos erros conceituais e atualidade dos conteúdos;
- Analisar, a partir de critérios, o potencial didático das analogias identificadas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

As analogias podem ser consideradas elementos textuais de grande valor às explicações destinadas a objetos, processos ou fenômenos de pouca ou nenhuma concretude material. Nesse sentido, Zambon e Terrazzan (2007) afirmam que:

Analogias são consideradas recursos didáticos potencialmente úteis, pois auxiliam estudantes a compreender/entender conceitos/fenômenos/assuntos desconhecidos mediante relações de semelhança/diferença estabelecidas com outros já conhecidos. (ZAMBON, TERRAZZAN, 2007, p.1).

Demais estudos realizados, com e sobre analogias em livros didáticos, utilizando-se de diferentes exemplares dos mais variados anos, autores, disciplinas e momentos da história, concluíram ser de fato mais comum a ocorrência de analogias em assuntos nos quais há maior dificuldade esperada ou vivenciada pelos estudantes (BERNARDINO, RODRIGUES, BELLINI, 2013; ZAMBON e TERRAZZAN, 2007; JUSTI e MONTEIRO, 2000). Por outro lado, inserir analogias nos livros didáticos com o propósito de facilitar a compreensão e o aprendizado de assuntos complexos pode, eventualmente, ser contraproducente, ou seja, resultar em concepções cientificamente equivocadas acerca do objeto alvo da relação analógica. A respeito disso:

[...] os alunos poderão criar concepções cientificamente equivocadas e transferir atributos para o conceito alvo que não são válidos, e o prejuízo na aprendizagem será muito mais acentuado se os professores, ao utilizarem as analogias, não se preocuparem em esclarecer para os seus alunos quais são os atributos do conceito domínio que poderão servir para uma melhor compreensão do conceito alvo (MÓL, 1999 *apud* BERNARDINO, RODRIGUES, BELLINI, 2013).

Embora a abordagem do ensino por analogia não seja especificamente o objetivo desta pesquisa, e sim as analogias presentes em livros didáticos de Biologia, ainda assim é possível inferir que tal recurso didático pode facilitar a aproximação entre o objeto, ainda desconhecido, e o sujeito a conhecer e aprender. Nesse sentido, Bernardino, Rodrigues e Bellini (2013) afirmam que:

As analogias no âmbito da educação, em particular nas ciências da natureza, podem ser consideradas um recurso com grande potencial didático no processo ensino-aprendizagem, já que têm a função de auxiliar o aluno na compreensão de conceitos e fenômenos desconhecidos, por meio de comparações de atributos de similaridade com outros já conhecidos. (BERNARDINO, RODRIGUES, BELLINI, 2013, p. 135).

2.1 Analogias e o desenvolvimento do pensamento abstrato

No cerne de uma relação analógica, está, frequentemente, um conceito a ser conhecido/aprendido, que contém abstrações significativas e pode representar um desafio ao aprendizado dos estudantes. Em Biologia, os professores geralmente lidam com assuntos complexos e que exigem pensamento abstrato, isto é, a capacidade de compreender um objeto que não é material/concreto, mas que está limitado ao plano das ideias. O pensamento abstrato é a capacidade do ser humano de refletir acerca de conceitos, princípios e objetos que não estão presentes no espaço e no tempo atual, lidando com ideias e conceitos gerais (*Psychology Dictionary*, 2020). Lembrar o passado, pensar no presente e planejar o futuro são algumas

das atribuições desse tipo de pensamento. Além disso, a criatividade também é processada com pensamentos abstratos: imaginar um desenho, inventar uma história ou criar uma música são alguns exemplos. Da mesma forma, aprender um assunto sem tocar ou observar, como ocorre com boa parte dos conteúdos de Biologia, sobretudo em citologia, bioquímica, fisiologia e genética, exige o pensar de maneira abstrata. A Matemática, disciplina considerada difícil por muitos estudantes, também depende do desenvolvimento do pensamento abstrato, já que trabalha com conceitos pertinentes ao plano das ideias, “o plano cartesiano”.

A Matemática também nos fornece exemplos interessantes. Enquanto um aluno das séries iniciais precisa de referenciais concretos (frutas, figuras, brinquedos etc.) e dados numéricos para resolver problemas, um jovem já consegue lidar com desafios mais sofisticados, como as equações e suas incógnitas. Para uma criança pequena, é praticamente inconcebível que X seja um número desconhecido qualquer - afinal, é uma letra e não um número. (MOÇO, 2010).

Jean Piaget (1896-1980), biólogo, psicólogo, pedagogo e epistemólogo suíço, nos fez saber que o pensamento abstrato está intimamente relacionado ao raciocínio lógico, bem como à capacidade de resolver problemas. Ainda que a epistemologia genética de Piaget não trate especificamente da aprendizagem infantil, configurando-se como uma teoria do conhecimento³, com o estabelecimento de estágios do/no desenvolvimento infantil considera-se o chamado período operatório formal, o momento em que a criança inicia o desenvolvimento do seu pensamento abstrato com mais potência. Esse estágio ocorre por volta dos 12 anos de idade, e a aquisição de formas mais complexas de pensar se deve, segundo Rosso (1993), a maturação do sistema nervoso, a experiência do meio físico, a ação do meio social e a equilíbrio. Nesse sentido, o emprego de analogias nos livros didáticos tem por objetivo possibilitar a compreensão de conceitos complexos, os quais exigem o pensar abstrato acerca de assuntos com os quais os estudantes têm pouca ou nenhuma familiaridade. Ainda assim, os trabalhos desenvolvidos a respeito das analogias e de suas relações com o

³ A Epistemologia Genética de Jean Piaget é uma teoria do conhecimento, uma área das ciências humanas desenvolvida pelo estudioso suíço, centrado no entendimento científico da perpetuação do conhecimento (possibilidades e limitações), como ele se dá e como se desenvolve, utilizando o *método clínico*. É uma síntese das teorias do apriorismo e do empirismo, que buscou explicar como o sujeito passa de um conhecimento simples para um mais complexo. Expressa que o conhecimento não é inerente ao próprio indivíduo, como postula o apriorismo, nem que o conhecimento provenha totalmente das observações do meio que o cerca, como postula o empirismo.

(PIAGET, J. Psicologia e epistemologia: Por uma teoria do conhecimento. Rio de Janeiro: Forense, 1973; https://pt.wikipedia.org/wiki/Epistemologia_gen%C3%A9tica)

aprendizado⁴ e as pesquisas cujos objetivos são identificar e analisar as analogias em livros didáticos⁵ são recentes, quando comparadas a longa e secular trajetória do livro didático.

2.2 Livros Didáticos no Brasil: PNLD e PNLEM

No mundo ocidental, por exemplo, o livro é partícipe da cultura escolar há pelo menos 17 séculos, com importância tanto para educação quanto para a história, por ser um objeto histórico da cultura escrita (CHARTIER, 1994, p. 95). Em virtude das revoluções técnico-científicas, seu modo de produção foi (e ainda segue) se alterando, deixando de ser manuscrito para tornar-se impresso (a partir da inovação de Gutemberg no século XV) e, finalmente, de impresso para digital. No entanto, foi somente na modernidade, durante a urbanização das sociedades no ocidente, que o livro didático assumiu a forma como é conhecido atualmente: impresso e disponível em bibliotecas e livrarias (CHARTIER, 1994, p. 99).

Os livros didáticos são objetos tradicionais que compõem o material dos alunos há bastante tempo e são comumente utilizados em sala de aula. Estão presentes durante a formação dos estudantes como auxiliares no processo de aprendizagem, através de textos, figuras, tabelas, gráficos, esquemas e histórias em quadrinhos. Em função disso, foi instituído o Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) proposto pelo Ministério da Educação, cujos objetivos são:

[...] avaliar e disponibilizar obras didáticas, pedagógicas e literárias, entre outros materiais de apoio à prática educativa, de forma sistemática, regular e gratuita, às escolas públicas de educação básica das redes federal, estaduais, municipais e distrital e também às instituições de educação infantil comunitárias, confessionais ou filantrópicas sem fins lucrativos e conveniadas com o Poder Público. (MEC, 2019)

O PNLD está vinculado à educação básica e já distribuiu milhões de livros didáticos desde o seu início. Só no ano de 2020 (e final de 2019), o programa já entregou mais de 170 milhões de exemplares, segundo o levantamento realizado pelo ministério da educação. Além disso, comparando-se o desempenho do programa entre os anos de 2019 e 2020, foi registrado um aumento de 36,85% na entrega de livros didáticos, isto é, uma ampliação no número de estudantes e famílias sendo atendidos.

⁴ (WHITE, CAROPRESO, 1989; GLYNN 1991; GOSWAMI, 1993; GLYNN 2004)

⁵ (CURTIS e REIGELUTH, 1984; JUSTI e MONTEIRO, 2000. HARRISON e TREAGUST, 2006)

Torna-se evidente que o livro didático é um componente inseparável da educação básica brasileira cuja presença atravessa décadas, remontando o período do governo provisório de Vargas. Com quase um século de idade, o livro didático no Brasil se faz presente a partir de 1929, com a criação do Instituto Nacional do Livro (INL) e, a partir de 1934, com a reestruturação desse instituto (FREITAS; RODRIGUES, 2008, p. 301-302). Posteriormente, em 1938, o livro didático sofre alterações em sua forma e conteúdo – é censurado durante o Estado Novo de Vargas – um governo ditatorial. Nesse momento, é feito um rígido controle governamental sobre o que será ensinado para os jovens, com imposição, por meio de um decreto-lei, de uma comissão: a Comissão Nacional do Livro (CNLD), a qual tinha função de realizar censura politico-ideológica. Tais eventos de censura voltam a se repetir no ano de 1966, com a criação da Comissão do Livro Técnico e Didático (COLTED) em parceria com o governo norte-americano, durante a ditadura cívico-militar, iniciada em 1964.

Foi somente a partir da década de 80 do século XX, que os livros adquiriram características semelhantes aos atuais, em função de um movimento de renovação nos seus conteúdos, quando então os professores passaram a participar da elaboração dos livros. Apenas em 1985, foi criado o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), o qual é o responsável pela coordenação e edição dos LD, até os dias de hoje. Como sua política de execução vincula-se ao FNDE, a partir desse período vem sendo garantida uma produção em massa e contínua de inúmeros exemplares de livros didáticos, distribuídos às escolas públicas brasileiras, sem qualquer custo para os alunos da educação básica (FREITAS; RODRIGUES, 2008).

Assim como o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), há também o Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio (PNLEM), cujos objetivos são semelhantes aos do PNLD, dentre eles, universalizar o acesso de Livros Didáticos aos estudantes do Ensino Médio, por meio da ampla distribuição para todo o Brasil. Em 2006, a distribuição de LD de Matemática e de Língua Portuguesa já havia se universalizado, de modo que 24 dos 26 estados da federação (exceto Paraná e Minas Gerais, que dispõem de programas próprios) contavam com seus exemplares para entregar às escolas (EL-HANI, ROQUE, ROCHA; 2011). O PNLEM apresentou e segue apresentando importantes contribuições para o Ensino Médio brasileiro não só pela distribuição de LD, mas também pela organização, discussão, atualização e elaboração de novos exemplares, que precisam estar em acordo aos critérios estabelecidos pelo programa, sendo os livros submetidos a avaliações por professores de áreas específicas. Assim, conforme El-Hani, Roque e Rocha (2011):

O Programa pode contribuir, ainda, para o estabelecimento de um padrão geral de qualidade das obras didáticas publicadas em nosso país, sem necessariamente homogeneizá-las, como a diversidade das qualidades exibidas pelas obras aprovadas indica (EL-HANI, ROQUE, ROCHA, 2011, p. 232)

Nesse sentido, são de notável valor as pesquisas realizadas com e sobre os Livros Didáticos, que apontam para o papel central ocupado e desempenhado por estes, reunindo de forma ampla parte do conhecimento produzido socialmente por pesquisadores, além de ser concebido como estruturante e estruturador nas atividades de sala de aula (BIZZO, GARCIA, 2010).

Para que uma analogia cumpra seu papel, isto é, auxiliar na compreensão de conceitos abstratos e criar aproximação entre sujeito e objeto, é importante que o assunto introduzido na relação analógica esteja correto e em conformidade com o conhecimento científico. Mesmo assim, é possível identificar erros conceituais não só nos livros didáticos, mas também em analogias. Nesse caso, além do erro, pode haver também inadequação de correspondência entre os termos comparados.

2.3 Livros Didáticos e erros conceituais

Considera-se erro conceitual a descrição e explicação de objetos ou fenômenos que está em discordância do conhecimento científico, isto é, em descompasso. Nesse caso, pode haver desatualização conceitual, quando o conteúdo do livro de determinada época não está de acordo com o conhecimento desse mesmo período; ou simplesmente um equívoco ao desenvolver explicações para objetos ou fenômenos. Um estudo de Sandrin, Puerto e Nardi (2005) buscou mapear e analisar erros conceituais no estudo das serpentes e acidentes ofídicos, em livros de Ciências e Biologia. Esse trabalho identificou tanto informações desatualizadas⁶, quanto aquelas em discordância aos conhecimentos científicos, como crenças de senso comum⁷, preconceitos relacionados às serpentes e abordagens utilitaristas/antropocêntricas⁸, que podem resultar no aumento de acidentes ofídicos, ao invés de preveni-los (SANDRIN, PUORTO, NARDI, 2005).

É imprescindível que os Livros Didáticos contenham informações e conhecimentos concordantes ao tempo e contexto atual, não só para os alunos, mas também para os

⁶ Entre as descrições desatualizadas sobre serpentes, os autores do estudo identificaram a afirmação de que as serpentes são animais de “sangue frio”.

⁷ A relação entre o número de anéis do chocalho de cascavéis e a idade destas serpentes, um erro conceitual frequente. A relação entre o formato da cabeça e a presença ou não de peçonha: uma crença de senso comum.

⁸ A distinção das serpentes entre peçonhentas (nocivas ao homem) e não-peçonhentas (pouco nocivas ao homem)

professores, os quais se valem dos saberes dos livros escolares como a principal (e, às vezes, a única) fonte de consulta e de atualização. Sobre isso, Batista, Cunha e Cândido (2010) estabelecem que:

[...] é necessário que os livros didáticos também acompanhem essas mudanças e atualizem seus textos, utilizando referências atualizadas em relação ao ano de publicação do livro. De forma a apoiar a formação continuada dos professores, na maioria das vezes impossibilitados pela demanda de trabalho, de atualizar-se em sua área específica é um dos motivos pelo qual o livro didático deve trazer informações atualizadas (BATISTA, CUNHA, CÂNDIDO, 2010, p. 151).

A importância do livro didático como um recurso norteador e estruturante do planejamento pedagógico feito pelo professor é corroborado por Ostermann e Moreira (1993): “Os professores, embora muitas vezes não adotem livro de texto, ou não se prendam exclusivamente a um deles, geralmente, se orientam pelos livros didáticos e transmitem aos alunos a visão de ciência” (OSTERMANN, MOREIRA, 1993, p. 109).

Batista, Cunha e Cândido, em um estudo realizado em 2010 sobre a Virologia nos livros didáticos de Biologia, identificaram erros conceituais, como a inexistência de uma relação entre os vírus e os demais organismos vivos, erros na descrição e legenda de figuras e esquemas, além da ausência de contextualização dos conhecimentos apresentados. Nesse sentido, os vírus, nos livros didáticos investigados nesse trabalho, são abordados apenas como agentes patogênicos responsáveis por causar doenças aos seres humanos, sem considerar, por exemplo, seus aspectos evolutivos e sua importância ecológica no controle de populações (BATISTA, CUNHA, CÂNDIDO, 2010).

De modo similar, Succi, Wickbold e Succi (2005) mapearam erros conceituais no estudo das vacinas, também em livros didáticos, nesse caso, de Ciências. Nessa pesquisa, verificou-se que mais da metade dos exemplares amostrados, publicados entre 1991 e 2001, apresentavam algum erro ou informação desatualizada, incluindo a definição de vacina⁹, erro no calendário de vacinação, desatualização/omissão de conteúdo e ilustração inadequada. Além disso, na unanimidade dos livros não há qualquer indício da importância da vacinação na idade adulta, apenas em crianças (SUCCI, WICKBOLD, SUCCI, 2005).

Por fim, Pires (2011), em um estudo sobre Bioquímica nos livros didáticos de Biologia, buscou elementos constituintes dos livros responsáveis por gerar afastamento entre a ciência e a realidade dos alunos. Nesse trabalho, foram identificados erros conceituais diversos, como a definição de radicais livres (que foram confundidos com espécies reativas) e a noção de que todo radical livre é necessariamente nocivo às células do corpo, ainda que

⁹ Entre os erros de definição, destaca-se o conceito de que vacina é um remédio.

alguns apresentem importância fisiológica (ação bactericida). Assim, torna-se evidente que erros conceituais são, não raro, observados em livros didáticos de Ciências e Biologia, representando um desafio para o aprendizado e possibilitando a existência de um descompasso entre os saberes científicos e os saberes escolares.

2.4 Potencial didático de analogias

Facilitar o aprendizado e permitir que o aluno aprenda a partir da leitura são objetivos que interessam aos autores e editoras dos livros didáticos, aos professores e aos próprios alunos. Considerando que o livro didático é, muitas vezes, o único recurso pedagógico utilizado pelo professor (VERCEZE E SILVINO, 2008), é importante que as correlações estabelecidas entre os assuntos (por meio de analogias, ou não) estejam atualizadas e em compasso com os saberes científicos. Adicionalmente, também se pretende que a leitura seja instigante, capaz de despertar a curiosidade e o interesse do aluno por ciência e, considerando as contribuições do humor na aprendizagem e no exercício do pensamento crítico, este pode ser um recurso valioso pertinente às analogias. Assim sendo, e reunindo estes e os demais critérios desta pesquisa, se estabelece o potencial didático das analogias. Os critérios escolhidos para compor o potencial didático das analogias são: presença de humor, concordância/fidelidade entre os conhecimentos científicos e aqueles presentes no livro didático, correspondência adequada entre os termos da analogia e correlação entre os saberes científicos e os saberes cotidianos. Por fim, o potencial didático, mencionado anteriormente, é a possibilidade que a analogia apresenta de auxiliar na compreensão e no aprendizado, aproximando o sujeito cognoscente (nesse caso, o aluno) ao objeto ou conceito que se pretende conhecer.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a realização desta pesquisa e considerando a quantidade de exemplares de livros didáticos amostrados, optou-se pela abordagem qualitativa, referente ao modo como os dados foram coletados, organizados, categorizados e analisados. Em pesquisa qualitativa, uma das técnicas de tratamento dos dados é a chamada Análise de Conteúdo, desenvolvida por Laurence Bardin em 1977 e atualizada em 2011.

3.1 Etapas da pesquisa e instrumentos de coleta de dados

Este trabalho foi dividido em seis etapas: 1) leitura de trabalhos produzidos dentro e fora do Brasil que se relacionam a esta pesquisa, 2) obtenção, a partir de critérios, dos objetos empíricos para a coleta de dados: os Livros Didáticos, referentes à disciplina de Biologia do primeiro e segundo ano, Ensino Médio, 3) pré-análise, com breve leitura e organização do material empírico, leitura e análise do sumário para selecionar o conteúdo a ser coletado, 4) coleta de dados a partir da leitura e registro no diário de campo, instrumento metodológico no qual se fez anotações tanto de dados específicos quanto de observações acerca dos objetos empíricos da pesquisa. Os trechos identificados contendo analogias foram grifados e transcritos para o diário de campo para a posterior 5) categorização dos dados e 6) análise dos resultados e discussão. Partindo-se das analogias identificadas em cada livro didático, foram comparados diferentes conteúdos de Biologia quanto à presença ou ausência de analogias, bem como quanto à quantidade amostrada. Relacionou-se, pois, o emprego de analogias ao caráter mais ou menos abstrato dos respectivos assuntos. Assim, Bioquímica e Citologia foram considerados, para os fins desta pesquisa, conteúdos abstratos, da mesma forma que Zoologia de Vertebrados foi considerada menos abstrata, ou seja, possivelmente mais próxima da realidade material/concreta dos leitores.

3.2 Critérios de seleção dos Livros Didáticos

Inicialmente se objetivou a aquisição de Livros Didáticos de Biologia através de empréstimo na biblioteca do Colégio Estadual de Ensino Médio Odila Gay da Fonseca, situada no bairro Ipanema, Zona Sul de Porto Alegre. Entretanto, em função do quadro sanitário de contaminação biológica por COVID-19, sobretudo pela alarmante situação da capital gaúcha, o colégio permaneceu fechado, mantendo suas atividades via ensino remoto emergencial. Nesse sentido, os livros foram cortesia de uma das professoras que leciona no Colégio Odila e os critérios de seleção dos livros didáticos foram: disponibilidade, data de publicação e etapa da formação escolar a qual o livro foi destinado (nesse caso, a ênfase foi selecionar exemplares do primeiro e segundo ano do Ensino Médio). A busca por data de publicação tinha por objetivo escolher Livros Didáticos de diferentes anos, no caso dessa pesquisa, exemplares com uma década de diferença. Assim, foram selecionados três exemplares de Livros Didáticos de Biologia do Ensino Médio: Biologia, volume 1, de César e Sezar, publicado no ano de 2005; Biologia Ensino Médio, primeiro série, de Tereza Costa Osorio, publicado no ano de 2015; e Biologia, volume 2, de César, Sezar e Caldini, publicado

no ano de 2016. Na tabela abaixo estão dispostos os livros didáticos amostrados, bem como seus autores, anos de publicação e o nome pelo qual serão designados nesta pesquisa:

Quadro 1: Livros didáticos amostrados

DENOMINAÇÃO	LIVROS DIDÁTICOS	AUTORES	ANO EDIÇÃO
LD1	Biologia, volume 1, 1 ^a série	J. S. CÉSAR, S. SEZAR, N. César e Sezar	2005
LD2	Biologia Ensino Médio, 1 ^o ano	OSORIO, T. C.	2015
LD3	Biologia, volume 2	J. S. CÉSAR, S. SEZAR, N. CALDINI	2016

Além disso, a escolha de Livros referentes ao primeiro ano/primeira ¹⁰série do Ensino Médio se deu em função dos assuntos abordados pelos exemplares dessa etapa que, embora introdutórios à Biologia, comumente apresentam certa complexidade, já que tratam de conceitos e definições pouco ou nada concretos, isto é, abstratos (impossíveis de tocar ou observar a olho nu). Esses assuntos, pois, relacionam-se ao objeto dessa pesquisa, já que a hipótese estabelecida era de que as analogias seriam identificadas nesses conteúdos, preponderantemente.

3.3 Categorização dos dados

A organização e categorização dos dados coletados foi realizada através da técnica de análise de conteúdo (BARDIN, 2011; FRANCO, 2008). A análise de conteúdo, conforme Câmara (2013):

Nessa análise, o pesquisador busca compreender as características, estruturas ou modelos que estão por trás dos fragmentos de mensagens tornados em consideração. O esforço do analista é, então, duplo: entender o sentido da comunicação, como se fosse o receptor normal, e, principalmente, desviar o olhar, buscando outra significação, outra mensagem, passível de se enxergar por meio ou ao lado da primeira. (CÂMARA, 2013, p.182)

A coleta de dados se deu a partir da leitura de unidades e capítulos previamente selecionados dos Livros Didáticos, os quais foram denominados: LD1, LD2 e LD3. No processo de obtenção dos dados, foram contabilizados o número de aparições de analogias e

¹⁰ A distinção entre primeiro ano e primeira série do Ensino Médio ocorre em função da diferença na data de publicação de cada exemplar. O LD1, publicado em 2005, corresponde ao primeiro ano do EM, mas o LD2 e LD3, publicados em 2015 e 2016 já correspondem a primeira e segunda série do EM. Da mesma forma que as séries do EF se tornaram anos (oitava série virou oitavo ano, por exemplo) os anos do EM se tornaram séries (primeiro ano virou primeira série).

seus contextos de inserção nos LD, isto é, dos trechos destacados centrou-se nos conteúdos e seus termos correlatos. Na seleção dos trechos a serem analisados, foram considerados não só os do texto principal, mas também os complementares, que continham analogias, identificadas pelas seguintes palavras-chave: *como, se parece com e analogias*. Além disso, buscou-se, conforme sugere Glynn et al. (1994), por outras palavras-chave, como: *é o mesmo que, é como se fosse, da mesma forma que, não é diferente de*.

Os capítulos e unidades amostrados no LD1 estão organizados no Quadro 2.

Quadro 2: Unidades e capítulos amostrados do LD1 (César e Sezar, 2005)

Unidade	Capítulo
As características da vida	Características dos seres vivos Níveis de organização: diferentes enfoques em Biologia
A química da célula	A água e os sais minerais Açúcares e gorduras: a energia armazenada As substâncias da vida 1: as proteínas As substâncias da vida 2: os ácidos nucleicos
A vida no nível da célula	A descoberta das células: os tipos de células As membranas celulares: entrada e saída de substâncias O citoplasma: onde as reações acontecem A relação entre o retículo e o sistema golgiense O núcleo celular Divisão celular
O metabolismo celular	As enzimas e o metabolismo Os seres vivos e a energia 1: fermentação e respiração Os seres vivos e a energia 2: fotossíntese O metabolismo de controle: o DNA, o RNA e a síntese de proteínas
Vírus: entre moléculas e células	Os vírus
Origem da vida	A evolução das moléculas e o surgimento da vida
Histologia animal	Os tecidos Os tecidos conjuntivos Os tecidos conjuntivos de sustentação O sangue: um tecido conjuntivo líquido O tecido muscular O tecido nervoso

Da mesma forma, os capítulos e unidades amostrados no LD2 também foram organizados em um quadro. (Quadro 3)

Quadro 3: Unidades e capítulos amostrados do LD2 (Osório (2015))

Unidade	Capítulo
Introdução à Biologia	O que é Biologia?
	As bases químicas da vida
	A origem da vida
Citologia	Introdução à citologia
	Os limites da célula
	O citoplasma
	Metabolismo energético
	Fotossíntese e quimiossíntese
	O núcleo celular
	Divisão celular
Síntese de proteínas de ação gênica	
Histologia	Multicelularidade e o tecido epitelial
	Tecido conjuntivo
	Tecido muscular
	Tecido nervoso

Por fim, os capítulos e unidades amostrados do LD3, referente aos conteúdos do segundo ano do Ensino Médio, foram organizados em um quadro:

Quadro 4: Unidades e capítulos amostrados do LD3 (César, Sezar e Caldini (2016))

Unidade	Capítulos
O Reino Animalia	Ciclóstomos e peixes
	Anfíbios
	Répteis e Aves
	Os Mamíferos

No LD3, os dados previamente selecionados para serem coletados correspondiam apenas à Zoologia de Vertebrados. Considerou-se, para os fins desta pesquisa, que esse conteúdo apresentaria menor quantidade de analogias, por ser menos abstrato e possivelmente

mais próximo da realidade material dos alunos. Assim, a amostragem desse exemplar foi realizada a fim de estabelecer comparações quanto à quantidade de analogias entre o livro de segunda série e os livros de primeiro ano/primeira série.

4 DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

O LD1, publicado em 2005 e válido, segundo o PNLEM, de 2005 a 2007, apresenta uma organização do conteúdo por unidades. Cada unidade é composta de capítulos, que reúnem e organizam os assuntos em sequência, partindo de conhecimentos introdutórios e exemplos, seguido do texto principal, leituras complementares e finalizando com exercícios e atividades. Esse padrão de estrutura e organização do conteúdo é observado em cada e todas as unidades do livro, que dispõe de oito unidades, referências bibliográficas e glossário, registrados em 400 páginas. A coleta de dados resultou na identificação de 19 analogias, que foram organizadas seguindo a ordem dos capítulos e unidades, conforme o quadro abaixo:

Quadro 5: número de analogias identificadas por capítulo e unidade no LD1.

Unidade	Capítulo	Número de analogias identificadas	Total
Citologia	Características dos seres vivos	1	7
	Níveis de organização da vida	1	
	Membranas e projeções celulares	2	
	Organelas	3	
Bioquímica	Substâncias da vida	3	7
	Metabolismo celular	1	
	Energia na célula	3	
Biologia Molecular	Substâncias da vida	2	4
	Controle celular: a dinâmica dos ácidos nucleicos	2	
Histologia	O sangue e a coagulação	1	1

O LD2, também referente à primeira série do Ensino Médio, foi publicado em 2015, com uso vigente até 2017, segundo o PNLD. Esse exemplar, embora disponha de menos páginas, apresenta organização de conteúdo de modo semelhante ao LD1: os assuntos são reunidos em capítulos, que agrupados compõem unidades. Nos capítulos foi identificada uma sequência parecida, apesar de não idêntica, ao primeiro livro: breve introdução e

contextualização dos principais tópicos seguida do texto principal e finalizando com exercícios. Nesse caso, a diferença está na proposta de atividades práticas ao final de cada capítulo, como a construção de maquetes, experimentos em laboratório e sugestões de observação da natureza.

Ao todo, o conteúdo de Biologia do LD2 é organizado em quatro unidades, que totalizam 320 páginas. Ainda que com menor número de páginas e unidades, o texto principal apresenta maior extensão, letras menores, e poucas imagens em relação ao exemplar amostrado anteriormente, resultando em uma leitura densa, que exige interpretação e, muitas vezes, releituras. Além disso, no LD2 foram amostradas analogias em quantidade inferior ao LD1, após quantificação, totalizaram 10. No LD3, de César, Sezar e Caldini (2016) nenhuma analogia foi identificada. Através de leituras e releituras das analogias identificadas nos livros amostrados, foram criadas quatro categorias de análise:

- 1) Erros conceituais: descompasso entre os saberes científico e escolar;
- 2) Conhecimento cotidiano: uma aproximação aos saberes do leitor;
- 3) Correspondência adequada entre os termos da analogia.
- 4) Contextualização (ou não) dos saberes

4.1 Erros conceituais: descompasso entre os saberes científico e escolar

A abordagem referente aos erros conceituais em analogias de livros escolares de Biologia se constitui um dos critérios desta pesquisa. Erros conceituais, conforme mencionado anteriormente, são conhecimentos encontrados nos livros que estão em descompasso aos saberes científicos, seja por desatualização, seja por equívoco/desconhecimento dos autores dos livros analisados.

A fim de estabelecer o potencial didático das analogias identificadas, considera-se que o conteúdo deve estar de acordo com os saberes atuais e, por isso, analogias contendo erros conceituais não apresentam o potencial de contribuir ou auxiliar no aprendizado do aluno, já que podem aproximar o sujeito de concepções equivocadas.

No LD1 há um equívoco ao descrever a ação do vírus na célula hospedeira. No livro é colocado que:

O vírus utiliza todas as “ferramentas” da célula parasitada, assim como suas matérias-primas, para fabricar cópias idênticas de si próprio (LD1).

Os primeiros capítulos do livro tratam de conceitos e definições introdutórios à Biologia e, nesse caso, o tópico se refere aos seres vivos e também aos vírus. Os autores optaram pelo termo “ferramentas” no lugar de maquinário molecular ou maquinaria enzimática, mesmo estes sendo termos mais próximos do que se encontra na literatura científica, pois ferramentas são objetos de maior familiaridade com a vida dos leitores. Por outro lado, analisando a sintaxe da frase, o sujeito do verbo “fabricar” é “O vírus”, ou seja, é o elemento que pratica a ação de fabricar. Nesse sentido, se percebe um erro conceitual no qual os vírus são concebidos como organismos autorreplicantes, capazes de gerar, de forma autônoma e por meio de “ferramentas”, novas cópias de si mesmo. A reprodução viral, seja por ciclo lítico, seja por ciclo lisogênico, é realizada pela e na célula hospedeira, restando ao vírus apenas o ato de inserir seu genoma no citoplasma. Sendo assim, o vírus não pratica a ação (a replicação de moléculas virais), esse trabalho é desempenhado pela célula hospedeira.

Outro erro conceitual é observado no capítulo de “projeções celulares”, no qual são apresentados os cílios e os flagelos e seus padrões de movimento.

Além disso, seu padrão de movimento é diferente: enquanto o flagelo tem um movimento ondulatório, como se fosse uma cobra se locomovendo, o cílio apresenta um movimento do tipo vaivém (LD1).

O erro, embora bastante sutil e difícil de identificar, está na comparação do movimento do flagelo ao de uma “cobra”. O movimento flagelar, embora possa variar entre espécies, possui trajetória helicoidal, isto é, em hélice¹¹. Além disso, os autores cometem o equívoco de comparar a uma cobra, ao invés de uma serpente, um erro que também foi identificado na pesquisa de Sandrin, Puerto e Nardi (2005), feita sobre o conteúdo de serpentes e acidentes ofídicos em livros didáticos. Serpente é o termo que designa o grupo dos ofídios como um todo, ao contrário de cobra, que se refere à família Colubridae, uma parcela específica das serpentes. E, por fim, nem todas as “cobras” (nesse caso serpentes) se comportam da mesma forma, nem apresentam padrão de movimentação igual. O rastejo serpentino (em forma de “S”) é um dos modos de deslocamento das serpentes, e não o único, conforme se observa na imagem abaixo:

¹¹ A trajetória helicoidal é mostrada no vídeo: <https://www.youtube.com/watch?v=MNR48hUd-Hw>

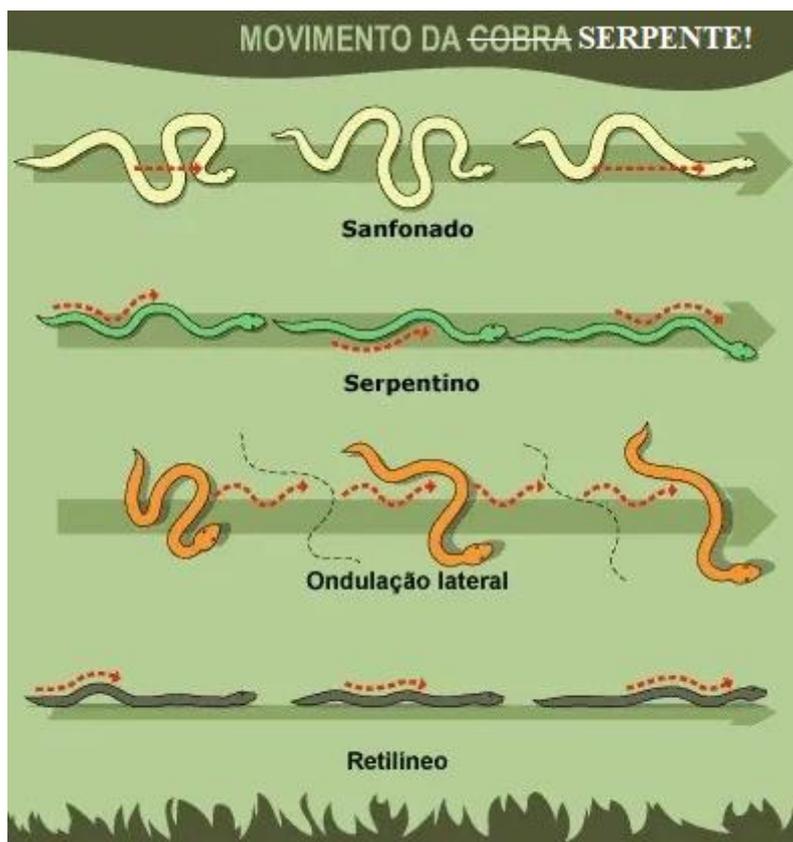


Figura 1. Padrões de movimentação de serpentes (fonte: Howstuffworks, 2004, adaptado por Teresa Nunes, 2017).

Por outro lado, não se pode afirmar que erros conceituais constituem a regra, já que a maior parte das analogias mapeadas e analisadas nesta pesquisa estão de acordo com os saberes científicos atuais. O trecho abaixo é um exemplo disso e foi transcrito do capítulo de metabolismo celular.

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 de cozinha é liberada de uma só vez, sob a forma de calor e luz. Se a energia da glicose fosse liberada do mesmo modo, o calor seria tão intenso que destruiria a célula (LD2).

Essa analogia comparou a combustão do gás de cozinha a uma hipotética liberação da energia da glicose por queima. Assim, foi mostrado que a energia disponível na molécula da glicose não é imediatamente liberada, mas é convertida a outras moléculas menores, capazes de armazenar essa energia. Apesar de serem constatados erros conceituais, das 29 analogias

identificadas, menos de 10% apresentaram tais equívocos; em outras palavras, estão em conformidade às concepções científicas atuais e podem ser de grande contribuição ao aprendizado do aluno.

4.2 Conhecimento cotidiano: uma aproximação aos saberes do leitor

Relacionar o conhecimento científico, muitas vezes complexo e abstrato, a objetos ou situações cotidianas do leitor é uma das atribuições das analogias. Nesse sentido, as analogias estão inscritas entre os conhecimentos científico, escolar e cotidiano, interligando e os relacionando.

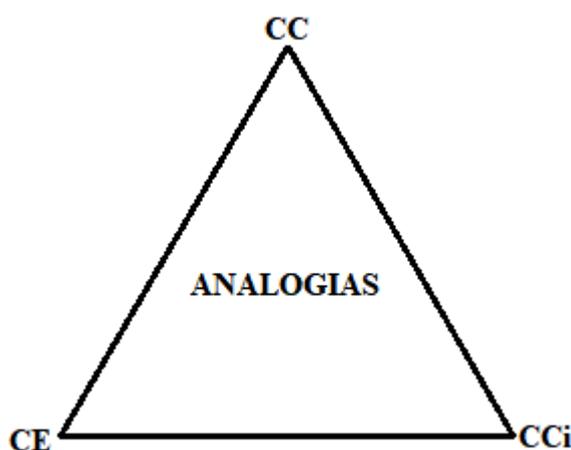


Figura 2. Relações entre os conhecimentos científico (CCi), escolar (CE), cotidiano (CC) e as analogias.

No entanto, é importante que a comparação seja realizada a partir de objetos familiares ao aluno e que constituem suas vivências diárias, as quais variam de acordo com o local, a cultura, o período histórico e com o próprio indivíduo. Por exemplo, em uma das analogias identificadas, é estabelecida uma comparação entre o complexo de Golgi e um alimento que provavelmente se distancia das vivências e hábitos alimentares da maioria dos leitores.

Cada uma dessas unidades é constituída por cinco ou mais sacos achatados, feitos de membrana dupla lipoproteica e dispostos de forma regular, lembrando uma pilha de Pães Sírios (LD1).

Essa analogia foi elaborada a fim de relacionar o formato da organela a um prato da culinária árabe, os pães sírios. É pouco provável, no entanto, que os alunos estejam familiarizados com tal objeto, afinal, esse prato não está inserido nas práticas culturais dos

brasileiros. Gerar aproximação entre o conceito e a realidade do aluno é possível quando os conhecimentos cotidianos e de senso-comum se relacionam ao conteúdo apresentado. Similar a essa analogia, também é identificada outra comparação que se distancia do conhecimento cotidiano e do senso comum:

Um liquidificador, uma enceradeira, um automóvel e uma célula são semelhantes entre si no sentido de que todos necessitam de energia para funcionar. O liquidificador e a enceradeira transformam a energia elétrica em energia de movimento; o automóvel transforma a energia química da gasolina em movimento e calor; por fim, a célula transforma a energia química do açúcar nos tipos de energia necessários à vida: movimento, calor, energia química, energia elétrica etc. (LD1).

Quando um carro “queima” gasolina, parte da energia química do combustível é transformada em movimento, que permite ao carro andar. Quando uma célula “queima” o açúcar que recebe, parte da energia química da molécula transforma-se em energia de vários tipos, que permite sua sobrevivência (LD1).

Essas analogias são parte de um trecho que trata sobre energia da célula, no qual introduz a unidade de metabolismo celular. A comparação se dá entre os processos de transformação de energia em objetos diversos e na célula. Considerando que essas analogias foram identificadas nos exemplares de primeiro ano e primeira série, etapa na qual os alunos ainda não estudaram os processos de conversão de energia ensinados em Física¹², é pouco provável que haja aproximação aos conhecimentos cotidianos/saberes de senso-comum deles. Nesse caso, o propósito de uma analogia, que é auxiliar na compreensão de conceitos abstratos, pode não se efetivar.

O mesmo ocorre nos capítulos voltados ao estudo do DNA e da hereditariedade, um dos assuntos com maior número de analogias amostradas. Para apresentar a estrutura do DNA, os autores propõem comparações diversas, algumas relacionadas a objetos e conhecimentos cotidianos, provavelmente familiares aos leitores; outras pouco relacionadas, mais distantes e menos familiares. Em uma das analogias, o DNA é comparado a uma escada de corda, um objeto que, apesar de comumente visto em filmes e séries, não costuma ser parte

¹² Hodiernamente, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) já considera e contempla o estudo dos processos de transformação de energia. No entanto, considerando a data de publicação do LD1, ano de 2005, ainda não havia abordagem sobre esse assunto no primeiro ano do EM.

do dia-a-dia, isto é, os leitores podem não visualizar esse objeto, necessitando de uma imagem para auxiliar.

A molécula de DNA assemelha-se, então, a uma escada de corda: nela, fosfatos e pentoses representam os corrimãos, enquanto os degraus da escada são representados pelos pares de base.

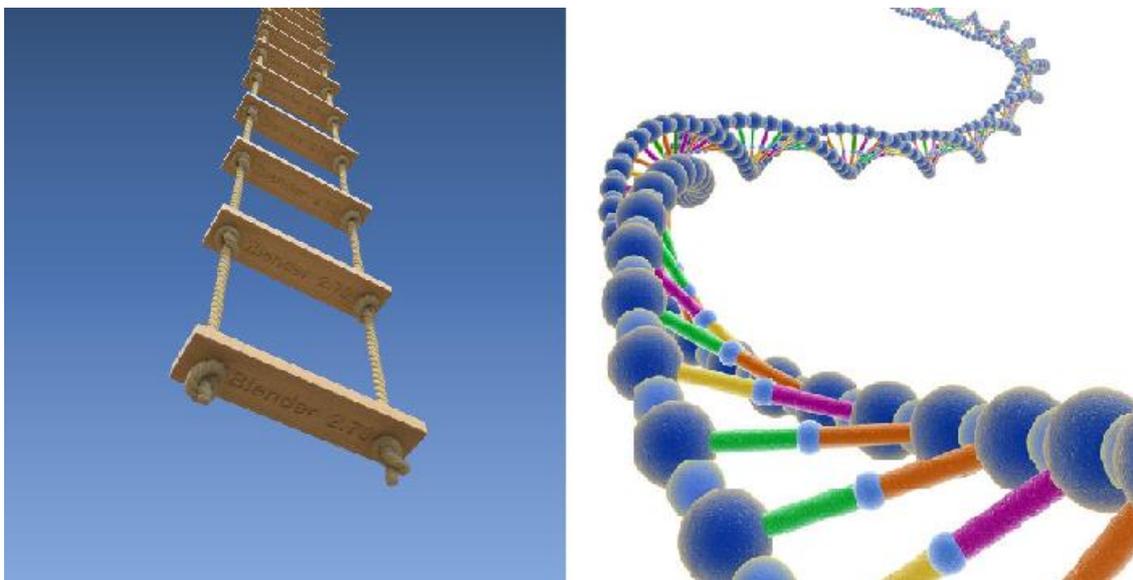


Figura 3. Comparativa: à esquerda, exemplo de uma escada de corda, à direita, representação da molécula de DNA. A imagem não foi retirada do livro analisado, foi obtida a partir do buscador Google. Fonte: <https://preview.free3d.com/img/2017/12/2272922086785681289/ky15tqc2-900.jpg> e https://www.grupoescolar.com/thumbnail-image/365_240_A4EE2.jpg.

Por outro lado, muitas das analogias identificadas apresentam relações aos conhecimentos cotidianos e podem aproximar o leitor, e seus saberes de senso comum, ao conteúdo de Biologia, conforme se observa no trecho:

Na realidade, a cadeia de aminoácidos fica torcida, formando uma hélice, como o fio de telefone (LD1).

Para a compreensão dessa analogia é importante considerar as tecnologias disponíveis à época que o livro foi publicado: ano de 2005. Naquele período, os alunos provavelmente estavam familiarizados com fios em espiral de telefones fixos, fios semelhantes à estrutura secundária de uma proteína. Assim, foram apresentadas, com o auxílio de uma imagem, algumas comparações entre a estrutura proteica e o nível de enrolamento de fios de telefone.

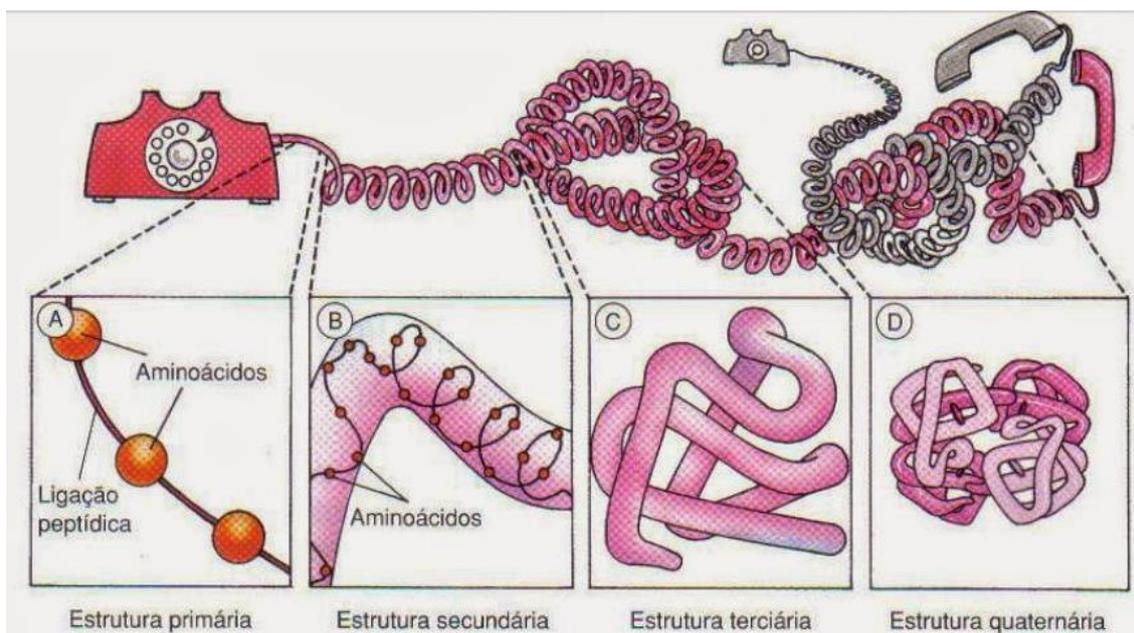


Figura 4. Imagem comparativa presente no livro didático (LD1).

A analogia, quando acompanhada por uma imagem, pode facilitar a visualização do objeto proposto pelos autores, tal qual ocorre no trecho a seguir:

O cloroplasto é preenchido por um material amorfo: o estroma, no qual estão mergulhadas lamelas, também membranosas. Existem ainda pilhas de lamelas menores, discoides, chamadas grana, lembrando pilhas de moedas (LD1).

Essa analogia é apresentada no capítulo sobre cloroplastos, no qual compara os dobramentos da membrana tilacoide a uma pilha de moedas. A fotossíntese, apesar de fascinante e imprescindível para compreender a dinâmica do organismo individual e dos organismos conjuntos em uma rede de relações e interações, entre vivos e entre vivos e não-vivos, pode representar um desafio ao aprendizado do aluno. Em meio à descrição morfológica, dotada de vocábulos técnicos, utiliza-se o termo moeda¹³, uma forma de aproximar os conceitos científicos e abstratos às noções já conhecidas e familiares ao aluno (moedas são objetos comuns nas vivências da maioria dos indivíduos, em processo de escolarização ou não). Juntamente à analogia, é inserida uma representação de cloroplasto, para facilitar a visualização das “moedas”.

¹³ Por outro lado, é válido considerar que moedas empilhadas se constituem objetos individuais, delimitados fisicamente, ao contrário da membrana tilacoide de cloroplastos, onde há uma interconexão e continuidade na estrutura.

Ao final da unidade de Histologia, o estudo dos tecidos vivos, é estabelecida uma analogia na descrição dos coágulos na coagulação sanguínea.

O coágulo é essa densa placa gelatinosa que funciona como um tampão, uma rolha, no local do ferimento (LD1).

Apesar de resumir e simplificar de forma considerável o complexo processo de coagulação do sangue, mediado por plaquetas, fibrina, fibrinogênio, dentre outros constituintes, os autores propuseram uma comparação entre o coágulo e objetos comuns e familiares para a maioria dos leitores. Semelhante a essa, se identifica em Histologia, a comparação entre o formato da célula de revestimento e um material de construção, também de revestimento:

Um vertebrado, por exemplo, é formado por mais de duzentos tipos celulares: células musculares alongadas, em forma de fuso; células de revestimento, achatadas como lajotas. Células glandulares, volumosas, com formato cúbico ou arredondado; [...] (LD2).

Epitélio pavimentoso ou escamoso. Apresenta células achatadas, como escamas (LD2).

Quando as células de revestimento de morfologia pavimentosa são apresentadas nos livros didáticos, é comum serem comparadas a pisos, lajotas, ladrilhos, azulejos ou escamas, devido a sua estrutura achatada. Seguindo essa tendência de comparar células e tecidos a objetos concretos e comuns no cotidiano, os autores relacionam a matriz óssea a esponjas, por aparentarem estrutura parecida. Em contrapartida, o termo “trabéculas”, foi inserido sem explicação prévia nem contextualização, o que poderia dificultar a explicação e prejudicar o potencial didático da analogia.

O tecido ósseo esponjoso recebe esse nome porque sua estrutura lembra a de uma esponja: a matriz óssea dispõe-se em forma de trabéculas, formando redes e gerando cavidades amplas, denominadas espaços medulares (LD2).

Enfim, em uma seção de leitura complementar sobre Biologia e Física no cotidiano, que trata da luz e da visão humana, é proposto um exercício prático aos alunos de encher uma garrafa com água e observar o comportamento da luz, comparando com a trajetória da luz no

ar. Nesse caso, o conhecimento de refração da luz foi contextualizado para, em seguida, introduzir a explicação sobre esse fenômeno, por meio de uma analogia.

O vidro da garrafa funciona como uma lente: sua curvatura modifica a forma como vemos os objetos. Dependendo da sua forma, as lentes têm a capacidade de diminuir ou aumentar a imagem dos objetos observados (LD2).

Nesse trecho são apresentados os fenômenos físicos e suas relações com a visão humana, desde a entrada de luz pela pupila, até a formação de imagens invertidas na e pela retina. A analogia está na comparação entre o vidro de uma garrafa (o análogo) e as lentes (objeto alvo). Assim, o leitor pode inferir que os objetos posicionados atrás do vidro de uma garrafa podem se distorcer pelo mesmo motivo que qualquer imagem pode formar-se distorcida em função da natureza física de uma lente.

Por fim, as comparações entre os conceitos científicos e os saberes de senso comum, por meio de analogias, podem possibilitar ao leitor estabelecer correlações entre os conhecimentos científicos, escolares e cotidianos, resultando em um provável aprendizado a partir de um recurso linguístico dotado de potencial didático.

4.3 Correspondência adequada entre os termos da analogia

Na analogia, dois ou mais termos são colocados em uma relação comparativa, por compartilharem características em comum ou por funcionarem de forma similar. Para que haja congruência e a analogia possa facilitar a compreensão do assunto, é necessário que os termos comparados apresentem, de fato, atributos em comum, não apenas parecidos, mas adequadamente correspondentes. Mesmo assim, foram identificadas inadequações entre os termos da analogia: entre análogo e alvo, a exemplo do trecho abaixo, transcrito do primeiro exemplar:

Uma biblioteca se organiza em vários níveis: ela pode ter alguns andares, cada andar várias salas, cada sala muitas estantes, cada estante várias prateleiras, cada prateleira vários livros. Assim, cada um dos níveis mais amplos contém os níveis menores, e assim por diante. Da mesma forma, o corpo humano também se organiza em níveis diferentes, que contêm uns

aos outros. Alguns desses níveis estão citados na pergunta anterior¹⁴: células, tecidos, moléculas, sistemas, órgão (LD1).

Esse trecho foi identificado na primeira unidade, na qual são apresentados os níveis de organização da vida, partindo de átomos e moléculas até chegar a órgãos e sistemas. Para isso, os níveis de organização são comparados à estrutura e função de uma biblioteca, que também se constitui de níveis de organização, sendo, pois, um local físico no qual estão contidos materiais concretos. No entanto, a biblioteca e os demais objetos inseridos na comparação não correspondem adequadamente à complexidade do corpo humano. Uma biblioteca é um local estático que contém livros armazenados, empilhados, enfileirados, incapazes de se comunicar. Se um, ou mesmo vários livros, forem retirados, a biblioteca permanecerá estática, sem alteração nos demais objetos. Diferentemente do livro, a célula de organismos multicelulares mantém-se unidas e em constante comunicação, capazes de se comportar como um todo, ainda que sejam unidades funcionais delimitadas. Do mesmo modo, porém em unidades finais do LD1, outra analogia que relaciona genes e moléculas da hereditariedade a objetos concretos e comuns, com inadequação na correspondência entre eles.

Fazendo uma analogia, os códons seriam as “palavras” de uma língua, com o mesmo significado em qualquer ser vivo; os genes corresponderiam às frases, sequências de palavras e, por fim, um cromossomo seria equivalente a um livro, com muitas frases. Todos os seres vivos usam o mesmo “dicionário”, representado pela tabela do código genético. No entanto, em cada espécie, as palavras são arrumadas de um modo especial, formando frases com significados diferentes e, evidentemente, livros diferentes. O código é o mesmo para todos os seres vivos; a mensagem final é que difere (LD1).

Nota-se que, nesse trecho transcrito há uma metáfora inserida conjuntamente à analogia, de modo que, para compreendê-la, é necessário compreender também a analogia. Assim, não se trata de um fragmento sucinto e simples de ser entendido, pois exige a capacidade de interpretar e inferir do leitor. A comparação se dá entre cromossomos, locais de armazenamento das informações genéticas dos seres vivos, e livros, objetos onde se faz registros. A inadequação é identificada na aparente igualdade estabelecida entre livros e cromossomos, apesar de ambos armazenarem informação, os livros são dotados de

¹⁴ A pergunta anterior solicitava aos leitores que interpretassem um texto sobre métodos de diagnóstico em Medicina e identificassem trechos que fizessem menção aos níveis de organização: células, tecidos, órgãos, etc.

considerável simplicidade, em contraste aos cromossomos, estruturas complexas, variáveis entre indivíduos e organismos, autorreplicáveis e ainda não compreendidos em sua totalidade. Cromossomos e genes armazenam incomparavelmente mais informação que livros e frases. Os autores novamente abordam o conteúdo de genômica, comparando a objetos de uso diário para armazenar informação.

Se fizermos uma analogia, os projetos genoma, nessa fase inicial, corresponderiam a descobrir a sequência de todas as letras que constituem um grande dicionário, escrito em uma linguagem desconhecida. Outra tarefa será descobrir que conjuntos de letras correspondem a frases completas e o significado de cada uma dessas frases (LD1).

Por apresentar muitas semelhanças com a analogia anterior, essa também contém inadequação na correspondência entre os termos da comparação, pois o genoma humano foi comparado a um dicionário, do mesmo modo que, na analogia anterior, os cromossomos foram comparados a livros.

Também se identificou inadequação na correspondência entre os termos no capítulo sobre DNA, um dos assuntos que, talvez pelo caráter mais abstrato e menos material/concreto, distante da realidade do leitor, apresentou analogias em maior número.

A molécula de DNA se parece com uma escada em caracol: usa-se o termo técnico “dupla-hélice”. Os degraus dessa escada são formados por unidades de quatro tipos: as bases nitrogenadas (LD1).

Essa analogia explorou os detalhes de ambos os objetos e comparou o abstrato (DNA) ao concreto (escada em caracol). Concebendo os degraus de uma escada como análogos às bases nitrogenadas do ácido nucleico, os autores buscaram instigar o leitor, por meio do pensamento abstrato, a imaginar a conformação tridimensional do DNA. No entanto, é importante considerar que uma escada em caracol difere de um ácido nucleico em sua estrutura, pois a escada é disposta e organizada em torno de um eixo, do qual são acoplados os degraus. Nesse sentido, a estrutura da escada é mais próxima do RNA do que do próprio DNA, conforme é mostrado na imagem comparativa abaixo:

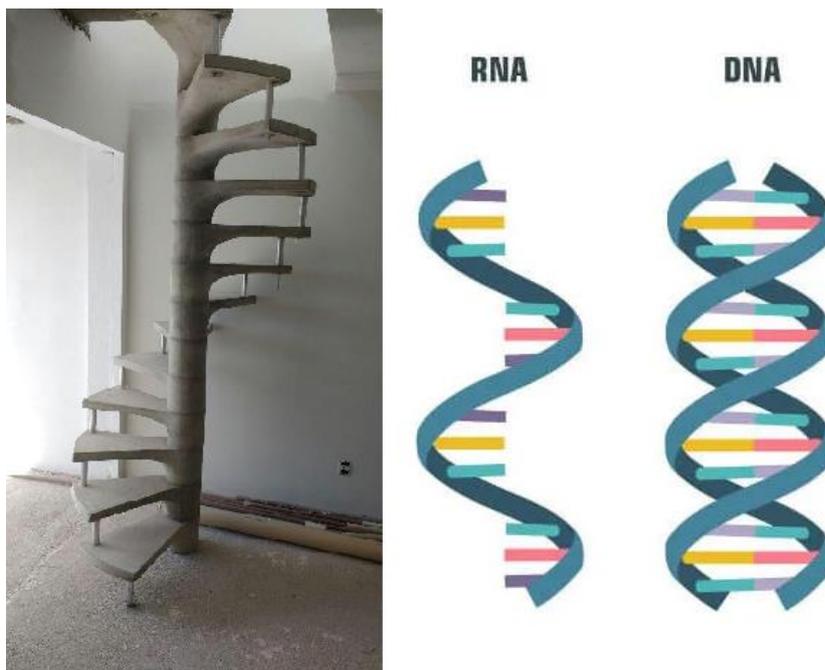


Figura 5. Comparação entre uma escada em caracol à esquerda e uma representação de RNA e DNA, à direita. A imagem não foi retirada do livro analisado, foi obtida e o modificada a partir do buscador Google. Fonte: https://www.solucoesindustriais.com.br/images/produtos/imagens_10327/escadaca-racolconcreto01_02-42-17.jpg e <https://s2.static.brasilecola.uol.com.br/img/2019/03/diferenca-entre-rna-dna.jpg>

No geral, as correspondências inadequadas identificadas e analisadas nessa pesquisa, buscam comparar a estrutura de dois objetos distintos, pertinentes a diferentes realidades que, embora não correspondentes, podem aparentar mesma estrutura e ter a mesma “cara”. Isso se apresenta na analogia dos desmossomos, que são comparados a presilhas, embora não seja uma correspondência adequada, conforme é mostrado abaixo:

Desmossomos são regiões especializadas existentes nas membranas adjacentes de células vizinhas. Acredita-se que funcionem como presilhas, aumentando a adesão entre as células (LD1).

Essa analogia foi identificada na seção de membranas, situada em uma leitura complementar sobre especializações de superfície. A correspondência nessa analogia se dá entre os desmossomos e as presilhas: ambos estão envolvidos na junção entre dois ou mais objetos. Por outro lado, analisando a microestrutura e função dos desmossomos, que são constituídos de um emaranhado de filamentos unidos a duas unidades proteicas situadas em ambas as células e que agem na adesão entre duas membranas, é possível considerar inadequada tal correspondência. Assim, comparar os desmossomos a duas tiras de velcro, presas entre si, estaria mais de acordo do que presilhas; o velcro une a partir do entrelaçar

entre fios, da mesma forma que os filamentos proteicos desmossômicos. A presilha gera adesão em função da pressão exercida, e não por entrelaçamento ou ancoragem.

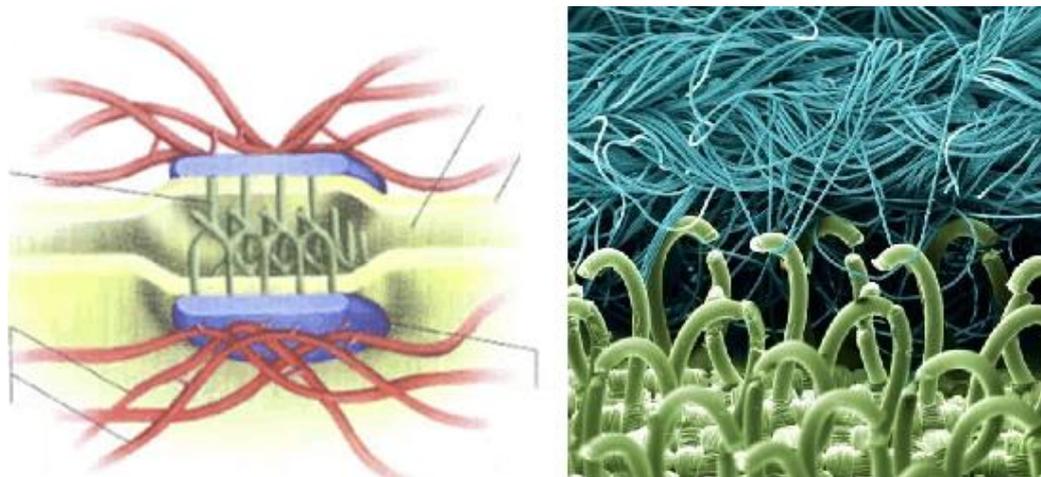


Figura 6. Comparativa: à esquerda, representação de um desmossomo, à direita, imagem ampliada de um velcro. A imagem não foi retirada do livro analisado, foi obtida e modificada a partir do buscador Google. Fonte: <https://www.sobiologia.com.br/figuras/Histologia/desmossomos.jpg> e <http://storage.ning.com/topology/rest/1.0/file/get/72976309?profile=original>.

Quando a correspondência é considerada adequada, há similaridade que justifica a comparação, isto é, os termos da analogia não apenas aparentam semelhança, mas de fato compartilham atributos em comum. Um caso bastante frequente de relação analógica em livros didáticos não só de educação básica, como também de ensino superior, é a comparação do encaixe enzimático ao encaixe chave-fechadura, identificado diversas vezes nos exemplares amostrados.

Enzimas: a chave para uma fechadura (LD1).

O encaixe da maltase a maltose é específica como uma chave em uma fechadura (LD1).

Uma analogia bastante comum em livros didáticos, que aparece até nas explicações de ensino superior. Embora a ação de uma chave em uma fechadura seja diferente daquela encontrada nas enzimas (ação mecânica e ação química, respectivamente), a correspondência entre os “encaixes” foi adequadamente estabelecida, levando em conta o provável propósito dos autores de comparar a especificidade dos “encaixes”.

Há, no entanto, outra categoria de proteínas na membrana: são os receptores de membrana. Esses receptores, devido a sua forma, conseguem ser reconhecidos por determinadas substâncias mensageiras, que se encaixam neles como uma chave encaixa em uma fechadura, como ocorre com uma enzima e seu substrato (LD1).

Essa comparação retoma o conceito de encaixe, que fora mencionado anteriormente. Fica perceptível que a analogia da chave-fechadura é bastante usual e foi identificada em ambos os exemplares de primeiro ano/primeira série de EM. Ainda que o objetivo de uma analogia seja de auxiliar na compreensão de conhecimentos complexos, nem todas são sucintas, fáceis e rápidas de serem entendidas. Podem conter elementos textuais e linguísticos (comparações entre diferentes objetos, por exemplo) ou exigir leitura atenta e interpretação. Nesse sentido, ainda tratando da categoria de analogias com adequada correspondência entre objetos, é possível identificar no livro o seguinte fragmento:

Você está conseguindo ler esse texto porque as letras e suas combinações fazem parte de um código conhecido, que faz parte da língua portuguesa. Outras linguagens também fazem parte da ciência, e podemos dizer que constituem uma forma de comunicação universal. Vamos tomar como exemplo a linguagem usada para descrever as reações químicas, isto é, as transformações da matéria que levam a formação de novas substâncias (LD2).

Esse trecho é identificado na leitura complementar, situada nas unidades introdutórias à Biologia, e se refere às reações químicas ocorridas nos sistemas biológicos. As diferentes combinações entre átomos e moléculas, gerando reações químicas, são comparadas às variadas formas de combinações linguísticas, de grafia e fonema, constituintes das palavras. Assim como é possível formar inúmeras palavras, com diferentes significados, utilizando as mesmas letras, também é possível observar diferentes reações químicas ocorrendo a partir dos mesmos átomos e moléculas. Similar a essa analogia, que necessita de bastante atenção e interpretação para ser compreendida, é identificado, em outro capítulo do livro, um fragmento que também exige o “ler e reler com vagar”, no qual a capacidade de interpretação e inferência, a partir de imagens, é requerida. Esse trecho está transcrito abaixo:

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 (LD2).

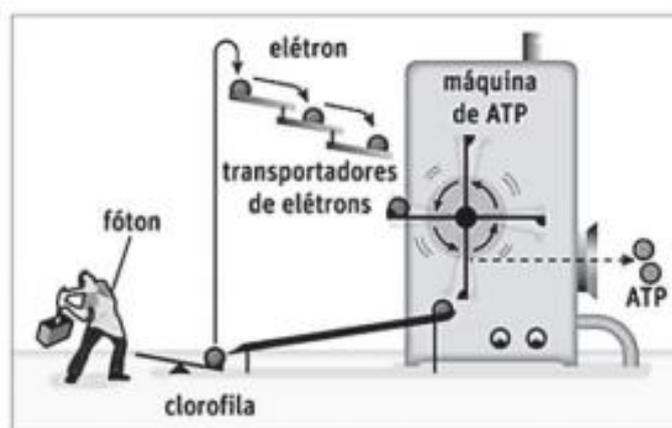


Figura 7. Analogia identificada no LD2 sob forma de imagem.

Essa analogia é identificada no capítulo de fotossíntese para explicar o funcionamento da etapa fotoquímica através de uma relação analógica com uma máquina. Nesse caso, é possível relacionar a força feita pelo sujeito da figura com a energia luminosa proveniente do Sol e captada pelo complexo antena do cloroplasto vegetal. Com isso, a martelada feita pelo sujeito está para a energia da luz do Sol, assim como a queda das bolinhas está para os saltos dos elétrons excitados. Por ser uma analogia complexa e elaborada, conhecimento prévio do objeto concreto é necessário para que ocorra a compreensão do conteúdo apresentado.

4.4 Contextualização (ou não) dos saberes

A contextualização refere-se ao ato de situar o leitor no que está sendo proposto e apresentado no texto. Uma forma de contextualizar o conhecimento em livros de Biologia é trazer a trajetória histórica do conceito que se pretende explicar, detalhando o desenvolvimento da ciência e as concepções científicas que foram mudando com o tempo, até chegar ao que hoje se sabe. Outra possibilidade de contextualizar é por problematização, relacionando às demais dimensões pertinentes a um determinado conceito que se pretende ser compreendido.

Por outro lado, nos livros didáticos pesquisados, parte dos conhecimentos constituintes das analogias não foi previamente contextualizado: conceitos científicos complexos foram mencionados em trechos do texto sem introdução prévia. É um exemplo disso a analogia identificada no LD1, a qual é desprovida de contexto, já que os conceitos desenvolvidos nessa comparação não foram anteriormente apresentados ao leitor, nem introduzidos nos capítulos iniciais.

Se fizermos uma analogia, os projetos genoma, nessa fase inicial, corresponderiam a descobrir a sequência de todas as letras que constituem um grande dicionário, escrito em uma linguagem desconhecida. Outra tarefa será descobrir que conjuntos de letras correspondem a frases completas e o significado de cada uma dessas frases (LD1).

Compreender o que foi o projeto genoma, bem como suas contribuições, reconhecimentos, erros e méritos, torna a contextualização imprescindível, pois depende de conhecimentos antecedentes. A ausência de contexto também se identifica na primeira analogia amostrada no LD2, que se insere nos conteúdos de origem da vida e trata de noções científicas que não foram apresentadas previamente.

Fox observou que elas podiam se dividir e formar brotos, de modo semelhante ao que acontece com as leveduras (fermento-biológico) (LD2).

Para descrever a atividade química dos polímeros orgânicos (microsféras proteínoides) pesquisados por Fox, é estabelecida uma analogia entre a divisão dessas microsféras e o brotamento de leveduras. No entanto, a comparação pode não resultar na aproximação dos conceitos científicos ao leitor, considerando um aluno de primeiro ano/primeira série de Ensino Médio, que ainda não estudou micologia, nem entrou em contato com a reprodução assexuada via brotamento, como ocorre em leveduras¹⁵. Assim, uma breve introdução sobre reprodução assexuada por brotamento, observada também, mas não apenas, em fungos, precisaria ser desenvolvida. A ausência de contextualização foi observada em analogias de capítulos iniciais do livro, preponderantemente. Nas partes finais de cada capítulo, nas quais os conceitos já haviam sido introduzidos e explicados, essa ausência foi observada em menor quantidade. Nos capítulos introdutórios à Histologia, as especializações de superfície são o conhecimento alvo das analogias, que também não foi contextualizado.

Microvilosidades são projeções da superfície livre da membrana plasmática que se assemelham aos dedos de uma luva, formato que se deve às proteínas que se encontram no seu interior (LD2).

¹⁵ Hodiernamente, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) já considera e contempla o estudo comparativo dos processos reprodutivos de plantas e animais, no oitavo ano do Ensino Fundamental (vida e evolução, processos reprodutivos e sexualidade). No entanto, considerando a data de publicação do LD2, ano de 2015, ainda não havia abordagem sobre esse assunto no primeiro ano do EM ou nos anos que o antecederam.

Nos parágrafos que antecederam e sucederam essa analogia, não foi descrito o contexto de inserção dessas estruturas, de considerável especialização, na superfície da célula, nem sua importância nos processos de absorção, que incide direta ou indiretamente na sobrevivência do indivíduo, garantindo a absorção de nutrientes e o balanço hídrico, por exemplo. A ênfase foi dada apenas para o formato, nesse caso comparado a uma luva. Assim como as demais projeções de membrana, as microvilosidades foram unicamente mencionadas, possivelmente para constar o todo, sem contextualizar sua importância. Por fim, a ausência de contextualização não foi comum a todas as analogias, contrariando essa tendência, parte considerável dos trechos amostrados contendo analogias foram previamente descritos e introduzidos. É o que se observa, por exemplo, no capítulo sobre energia e metabolismo.

Para todos os efeitos, você pode considerar o ATP como uma bateria celular “carregada” de energia, enquanto o ADP representa a forma “descarregada”. Na célula o sistema ADP/ATP “carrega-se” ou “descarrega-se” dependendo da disponibilidade ou da necessidade de energia (LD1).

A analogia acima foi contextualizada no âmbito dos processos de transformação de energia ocorridos na e para a célula. Os autores apresentaram breve explicação e definição do ATP como “moeda energética dos seres vivos”, revelando as circunstâncias nas quais é adquirido, bem como sua constituição. O ATP é descrito pelos autores como: “local onde a energia da glicose é armazenada” e antes mesmo de ser mencionado, as demais reações de quebra produtoras de ATP já haviam sido mostradas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os Livros Escolares são componentes do ensino básico e do material escolar de alunos e professores, concebidos como estruturantes e estruturadores das atividades, além de objetos empíricos presentes em pesquisas sobre educação, influenciados por contextos científicos, sociais, culturais e políticos, suscetíveis a mudanças. Os Livros Escolares seguem modelos e servem a programas nacionais, no caso do Brasil, a programas próprios como PNLD e PNLEM. Em Biologia, são explicados e discutidos assuntos complexos cuja propriedade abstrata e de difícil compreensão pode representar um desafio à ocorrência de significativas aprendizagens. Nesse sentido, analogias, para além de recursos linguísticos, também se

apresentam como recursos pedagógicos, dotados de potencial didático e capazes de favorecer a ocorrência de aprendizagens, a depender do contexto e de como foram inseridas.

Este estudo analisou o potencial didático de analogias constituintes de diferentes exemplares de livros escolares, de autores e anos variados e se constatou que, embora nem todas necessariamente facilitem a compreensão de conhecimentos abstratos, parte considerável delas parece apresentar potencial didático. São recursos a somar ao processo ensino-aprendizagem e podem ser aliadas a didática de professores nos espaços escolares, aproximando o aluno, sujeito do aprendizado, dos conhecimentos e conceitos científicos socialmente produzidos. Em função disso, também se julgou necessário mapear erros conceituais em analogias e identificar possível descompasso entre tais conhecimentos científicos e os saberes ensinados na escola, disponibilizados por meio dos Livros Escolares.

Esta pesquisa também buscou identificar relações entre o conteúdo das analogias, usualmente abstrato, circunscrito a noções científicas complexas, e os saberes de senso comum, conhecimentos do cotidiano que evidenciam e são evidenciados por vivências diárias. A hipótese inicial era de que não haveria relação entre esses diferentes saberes, partindo de minhas experiências ora como aluno, ora como professor, nas quais concebi o Livro Escolar como um material árido, inacessível e passível de ser “decifrado”. Todavia, algumas das analogias identificadas propuseram comparações entre conceitos científicos e objetos prosaicos, facilitando a aproximação sujeito-objeto. Em contrapartida, alguns dos assuntos introduzidos e explicados por meio de analogias, foram inseridos em um contexto que, embora importante para situar o leitor, não foi problematizado, levando em conta as dimensões socioeconômicas, ambiental e cultural, pertinentes ao ensino de Biologia, bem como das Ciências Naturais de maneira geral.

Finalmente, também se buscou o viés humorístico em analogias, levando em conta a trajetória desta pesquisa e os benefícios do humor como uma possibilidade didática de livros escolares, elegeu-se, a priori, a presença de humor nas analogias como uma categoria de análise do conteúdo amostrado. No entanto, como não foi identificada nenhuma analogia que fazia uso do humor: nem como forma de instigar a curiosidade e o interesse do aluno, nem com a ênfase no exercício do pensamento crítico/reflexivo, essa hipotética categoria de análise não se consolidou. Quebra de expectativa, sarcasmo, ironia, exagero, trocadilho, ou qualquer forma de fazer humor a fim de reduzir a monotonia que frequentemente permeia o texto dos livros didáticos, são recursos que não estão presentes em nenhum dos livros amostrados, nenhuma analogia com humor foi identificada no texto principal, no material complementar ou nos exercícios. Da mesma forma, história em quadrinhos/tirinhas, paródias,

anedotas, anúncios publicitários, dentre outros tipos textuais de viés humorístico que poderiam estabelecer relações analógicas ao conteúdo também não foram identificados.

Mesmo que não seja o objetivo desta pesquisa, é possível propor explicações hipotéticas do porquê o humor não se faz presente em analogias. Essa ausência parece estar relacionada à concepção de ciência como uma produção séria e pragmática, circunscrita em perspectivas racionalistas e empiristas/indutivistas, que transcende os espaços de pesquisa e influencia a elaboração de Livros Didáticos (MARTORANO, 2004). Nesse sentido, a ausência de humor nas analogias se consolida, sendo, pois, os resultados desta pesquisa concordantes ao modelo de ensino e de Livro Didático vigente. Ainda assim, analisar o conteúdo dos livros escolares e pesquisar analogias foi de grande contribuição a minha formação como professor, pois considero de fundamental importância conhecer o livro didático e suas entrelinhas, bem como seus recursos didáticos empregados com o propósito de auxiliar no aprendizado.

REFERÊNCIAS

AURÉLIO, Dicionário online de Português, 2017, disponível em: <https://www.dicio.com.br/analogia/> > acesso em 16/02/2021

BARDIN, Laurence. *Análise de Conteúdo*. São Paulo: Edições 70. 2011.

BATISTA, M. V. A.; CUNHA, M. M. S.; CANDIDO, A. L. *Análise do tema Virologia em livros didáticos de Biologia de Ensino Médio*. Ens. Pesqui. Educ. Ciênc. (Belo Horizonte), Belo Horizonte, v. 12, n. 1, p. 145-158, 2010.

BERNARDINO, M., A., D.; RODRIGUES, M., A.; BELLINI, L., M.; *Análise crítica das analogias do livro didático público de Química do estado do Paraná*. Ciênc. educ., Bauru, v.19, n. 1, p. 135-150, 2013. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S151673132013000100010&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 11/04/2021

BIZZO, N.; GARCIA, P. S.; *A pesquisa em livros didáticos de ciências e as inovações no ensino*. Educação em Foco, v. 13, n. 15, p. 13–35, 2010.

BONACCINI, J. A.; *Analogia e imputabilidade na filosofia prática de Kant* - Revista latinoamericana de filosofia, 2008 – disponível em: https://www.researchgate.net/publication/242088629_Analogia_e_imputabilidade_na_filosofia_pratica_de_Kant/link/00b7d5306c74035ee5000000/download > acesso em 11/04/2021

CÂMARA, H. R.; *Análise de conteúdo: da teoria à prática em pesquisas sociais aplicadas à organizações*. Revista Interinstitucional de Psicologia, 6 (2), jul - dez, 2013,179-191

CHARTIER, R. *A ordem dos livros: leitores, autores e bibliotecas na Europa entre os séculos XIV e XVIII*. Editora UnB, 2ª edição. 1994.

CURTIS, R. V.; REIGELUTH, C. M. *The use of analogies in written text*. Instructional Science, Dordrecht, v. 13, n. 2, p. 99-117, 1984.

EL-HANI, C. N.; ROQUE N.; ROCHA P. L. B.; *Livros didáticos de Biologia de Ensino Médio: resultados do PNLEM/2007*. Educação em Revista | Belo Horizonte | v.27 | n.01 | p.211-240 | abr. 2011.

FRANCO, M. L. P. B. *Análise de conteúdo*. Brasília, 3ª edição: Liber. Livro Editora, 2008.

FREITAS, L., P., S., R.; *O uso de analogias no ensino de química: uma análise das concepções de licenciandos do curso de química da UFRPE*. Dissertação de Mestrado. Recife, 2011.

FREITAS N. K.; RODRIGUES M. H. *O livro didático ao longo do tempo: a forma do conteúdo*. DAPesquisa, Florianópolis, v.3 n.5, p.300-307, 2008.

MUTH, K.; DENISE, E. *Children's Comprehension of Text: Research into Practice*. International Reading Association, Newark, Del. ISBN-0-87207-744-6, 1989

GLYNN, S. M.; LAW, M.; GIBSON, N.; HAWKINS, C. H. *Teaching science with analogies: a resource for teachers and textbooks authors*. 1994. Disponível em: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED378554.pdf> > acesso em 11/04/2021

GOSWAMI, U. *Analogical reasoning in children*. University of Cambridge, L. Erlbaum Associates, 1992.

MARTORANO, S. A. A.; *As concepções de ciência dos livros didáticos de química, dirigidos ao Ensino Médio, no tratamento da cinética química no período de 1929 a 2004*. Investigações em Ensino de Ciências – V14(3), pp. 341-355, 2009.

MEC, *Programa nacional do livro e do material didático (PNLD)*, Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=12391:pnld> > acesso em 26/02/2021.

MOÇO, A. *O pensamento abstrato na adolescência*. Nova Escola, 2010. Disponível em: <https://novaescola.org.br/conteudo/1821/o-pensamento-abstrato-na-adolescencia> > acesso em 18/03/2021.

NUNES, T. Como as serpentes se locomovem, disponível em: <https://pontobiologia.com.br/como-serpentes-se-locomovem/> adaptado de <https://animals.howstuffworks.com/snakes/snake.htm>.> acesso em 23/05/2021.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A.; *Sobre o ensino do método científico*. IF, UFRGS, 1993.

PESSOA, F. *Poesias*. Lisboa: Ática, 1942 (15ª ed. 1995). - 235. Disponível em: <http://arquivopessoa.net/textos/4234> > acesso em: 23/05/2021.

PIRES, A. S.; *Bioquímica no livro didático do Ensino Médio: um distanciamento da realidade do aluno?* Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Trabalho de conclusão de Curso. 2011.

Psychology Dictionary. American Psychological Association, 2020. Disponível em: <https://dictionary.apa.org/abstract-thinking> > acesso em: 23/05/2021.

ROSSO, A. J. *O pensamento operatório formal e o ensino de exercícios de ecologia: Um estudo de caso*. Dissertação de Mestrado, UFSC, Florianópolis, 1993.

SANDRIN, M. F. N.; PUORTO, G.; NARDI, R. *Serpentes e acidentes ofídicos: um estudo sobre erros conceituais em livros didáticos*. *Investigações em Ensino de Ciências* – V10(3), pp. 281-298, 2005.

SUCCI, C. M.; WICKBOLD, D.; SUCCI, R. C. M. *A vacinação no conteúdo de livros escolares*. *Rev. Assoc. Med. Bras.*, São Paulo, v. 51, n. 2, p. 75-79, 2005.

VERSEZE, R. M. A. N.; SILVINO, E. F. M.; *O livro didático e suas implicações na prática do professor nas escolas públicas de Guajará-Mirim*. *Práxis Educacional Vitória da Conquista* v. 4, n. 4 p. 83-102. 2008.

WHITE, C. S.; CAROPRESO E. J.; *Training in Analogical Reasoning Processes: Effects on Low Socioeconomic Status Preschool Children*. *The Journal of Educational Research*, Vol. 83, pp. 112-118, 1989.

ZAMBON, L. B.; TERRAZZAN, E. A. *Buscando mudanças no uso de analogias em livros didáticos de física*. In: Encontro nacional de pesquisa em educação e Ciências, 6, 2007. Florianópolis: ABRAPEC, 2007.

APÊNDICE

Livros didáticos pesquisados:

LD1 – CÉSAR, S. J.; SEZAR, S.; Biologia 1ª série. Editora Saraiva. São Paulo. 2005.

LD2 – OSORIO, T. C.; Biologia Ensino Médio 1º ano. 2ª edição. Editoras SM. São Paulo. 2013

LD3 - J. S. CÉSAR, SEZAR S., CALDINI N. Biologia 2: Ensino Médio. 12ª edição. Editora Saraiva. São Paulo. 2016.