



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Instituto de Ciências Biológicas
Instituto de Física
Instituto de Química
Faculdade UnB Planaltina
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências
Mestrado Profissional em Ensino de Ciências

ANALOGIAS EM BIOLOGIA CELULAR PRESENTES NOS LIVROS DE BIOLOGIA
DO PNLD 2018: UMA PROPOSTA DE AÇÃO PARA O PROFESSOR

IAGO TAVEIRA OLIVEIRA

Brasília, DF
2019



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Instituto de Ciências Biológicas
Instituto de Física
Instituto de Química
Faculdade UnB Planaltina
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências
Mestrado Profissional em Ensino de Ciências

Analogias em biologia celular presentes nos livros de biologia do PNLD 2018:
uma proposta de ação para professor

Iago Taveira Oliveira

Dissertação realizada sob orientação da Prof.^a Dr.^a Carla Medeiros Y Araujo – e da co-orientação da Prof.^a Dr.^a Zara Faria Sobrinha Guimarães - apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências - Área de Concentração “Ensino de Ciências” pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

Brasília, DF
2019

FOLHA DE APROVAÇÃO

Iago Taveira Oliveira

“ANALOGIAS EM BIOLOGIA CELULAR PRESENTES NOS LIVROS DE BIOLOGIA DO PNLD 2018: UMA PROPOSTA DE AÇÃO PARA O PROFESSOR”

Dissertação apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (PPGEC) da Universidade de Brasília (UnB).

Aprovada em 28 de fevereiro de 2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dra. Carla Maria Medeiros Y Araujo - IB/UnB
(Presidente)

Prof.^a Dra. Ana Julia Lemos Alves Pedreira - NECBio/IB/UnB
(Membro Titular)

Prof. Dr. Delano Moody Simões da Silva - FUP/UnB
(Membro Titular)

Prof. Dr. Gerson de Souza Mól - IQ/UnB
(Membro Suplente)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço aos meus pais Evilásio e Ivana por serem os melhores exemplos de superação e apoio. A eles, devo minha formação como profissional e como homem, e desejo que esse trabalho reflita uma amostra da minha gratidão. À Maria, uma segunda mãe que Deus colocou em meu caminho, obrigado pelo carinho e cuidado. Aos meus irmãos Rafael, Diego e Gabriel, obrigado pelo apoio e companheirismo.

Esta dissertação não existiria sem a influência da minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Carla Medeiros Y Araujo. Agradeço por todo trabalho e dedicação no transcorrer deste trabalho acadêmico. Agradeço também por me auxiliar e permitir o meu crescimento completo, sendo um exemplo de ética e dedicação.

À minha co-orientadora, Prof.^a Dr.^a Zara Faria Sobrinha Guimarães por toda contribuição, todo o carinho e ânimo inabalável, desde a época da minha graduação, fundamentais para minha formação como professor.

Aos professores Delano Moody Simões da Silva e Ana Júlia Lemos Alves Pedreira, pelas contribuições, das mais diversas maneiras, fundamentais para a construção desta dissertação. Em especial, agradeço à professora Ana Júlia pelo espaço cedido em sua disciplina para a realização da pesquisa e pelo empréstimo da coleção de livros didáticos de biologia do PNLD 2018.

Agradeço ao PPGEC e a todos que fizeram parte dele: professores, membros da secretaria e colegas. Agradeço em especial ao colega de curso, Rosinaldo, pelo zelo e companhia por todo o curso.

Pelos anos de amizade e alegrias, agradeço aos meus amigos que me acompanham há muito tempo, em especial, ao Boris e Gabriel pelo apoio direto na construção desta dissertação.

Agradeço a todos os estudantes que fizeram parte desta pesquisa, e à Universidade de Brasília por me permitir cursar minha graduação e meu mestrado profissional.

Com muitas saudades, dedico este trabalho à memória de Raquel Botelho Taveira – avó, mãe e educadora querida; e ao meu grande amigo e professor Thales Resende Pirangi.

Science is an immensely creative and enriching experience; and it is full of novelty and exploration; and it is in order to get to these that analogy is an indispensable instrument. Even analysis, even the ability to plan experiments, even the ability to sort things out and pick them apart presupposes a good deal of structure, and that structure is characteristically an analogical one.

Robert Oppenheimer

RESUMO

Analogias fazem parte do pensamento e compõem o repertório humano. O raciocínio analógico é um recurso utilizado por cientistas e professores de ciência. Esta dissertação buscou ampliar o conhecimento a respeito do uso de analogias no ensino de ciências. Esta pesquisa objetivou realizar uma análise dos livros de biologia do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2018 com o intuito de desenvolver um guia para auxiliar o professor de biologia no uso de analogias em biologia celular. Analogia é uma forma de expressar um conceito (alvo) desconhecido e pouco familiar por meio de comparações (raciocínio analógico) com algo usual e conhecido (análogo). Analogias podem permitir a compreensão de conceitos científicos complexos e abstratos, sendo encontradas em livros didáticos e no discurso de professores e alunos. Entretanto, seu uso inadequado pode levar à formação de concepções alternativas dos conceitos científicos pelos estudantes. Esta pesquisa deu-se por meio de uma análise comparativa entre os livros de biologia do PNLD 2015 com os de 2018, com enfoque nas analogias relacionadas ao conteúdo de biologia celular. A partir de um modelo estabelecido para o uso de analogias no ensino de ciências (Foco, Ação, Reflexão – FAR) foi elaborado um guia para as quatro analogias mais usuais nos livros didáticos de biologia do PNLD 2018. O guia, tendo como público-alvo professores de biologia, foi avaliado por estudantes de licenciatura em Ciências Biológicas de uma universidade federal brasileira. A avaliação ocorreu em aulas de duas disciplinas obrigatórias do curso de graduação. As opiniões e recomendações dos participantes foram coletadas por meio de respostas a dois questionários, gravação de depoimentos e registro das observações do pesquisador em um caderno de campo. Os resultados obtidos foram considerados para o aprimoramento do guia. Quatro analogias relacionadas à biologia celular foram as mais usuais nos livros didáticos de biologia do PNLD 2018: DNA como uma escada em espiral; complexo enzima substrato como uma chave e fechadura; mitocôndria como uma usina de energia e o ATP como uma moeda. A maioria das analogias, incluindo as mais usuais, foi apresentada nos livros didáticos de biologia sem explicações adicionais como as suas limitações ao compará-las com os conceitos científicos e os participantes desta pesquisa demonstraram dificuldades em perceber que qualquer analogia, por natureza, tem tais limitações. Desenvolver, nos moldes do modelo FAR, e testar um guia para auxiliar o uso de analogias de biologia celular presentes nos livros de biologia do PNLD 2018 permitiu verificar que os licenciandos em Ciências Biológicas demonstraram receptividade acerca de um planejamento didático para o uso das analogias, processo didático ausente nos livros didáticos analisados.

Palavras-chave: Uso de analogias. Ensino de biologia celular. Modelo FAR. PNLD 2018. Livros didáticos de biologia.

ABSTRACT

Analogies are part of human thought and are found in our speech. Analog reasoning is a resource used by scientists and science teachers. This dissertation pursues to increase the knowledge about the use of analogies in science teaching. This research aimed to make an analysis of the biology textbooks of the National Program of Textbooks (PNLD in portuguese) 2018, with the intention of creating a guide for the use of analogies in cell biology by teachers. Analogy is a way of expressing an unknown concept (target) through comparisons (analogical reasoning) with something usual and known (analog). The use of analogies allows the understanding of complex and abstract scientific concepts, being found in textbooks and in the discourse of teachers and students. However, used in an inappropriate way may lead to the formation of alternative concepts by students. Based on previous data, this research carried out a comparative analysis between the biology textbooks of the PNLD of 2015 with the PNLD 2018, focusing on the content of cellular biology. From a model for the use of analogies in science teaching (Focus, Action, Reflection - FAR) a guide was prepared for the four most frequent analogies in PNLD 2018 biology textbooks. This teacher-oriented guide was evaluated by undergraduate biology students from a Brazilian federal university. Their participation occurred in a class in two compulsory subjects of the graduation course. The opinions and recommendations were collected through the answers of two questionnaires, the recording of the speeches and the observations written in a field notebook. Student responses were considered for the final preparation of the guide. Most of the analogies found in the 2015 PNLD were repeated in PNLD 2018, with the preponderance of four analogies: DNA as a spiral staircase, complex substrate enzyme as a key and lock, ATP as a coin and mitochondria as a power plant. Most of the analogies, including the most usual ones, have been presented in the PNLD 2018 biology textbooks without further explanation as their limitations when comparing them with the scientific concepts. The participants in this research have shown difficulties in realizing that any analogy by nature has such limitations. To develop, using the FAR model, and to test a guide to help the use of analogies of cellular biology present in the biology books of the PNLD 2018 allowed to verify that the students in Biological Sciences demonstrated receptivity about didactic planning for the use of analogies, an instructional process absent in the textbooks analyzed.

Keywords: Use of analogies. Cell biology teaching. FAR Model. PNLD 2018. Biology textbooks.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Principais características do uso de analogias por professores.....	23
Quadro 2 -	Etapas do modelo TWA.....	25
Quadro 3 -	Etapas do modelo FAR.....	26
Quadro 4 -	Palavras-chave e cruzamentos efetuados nas bases de dados ERIC, SciELO e Web of Science.....	28
Quadro 5 -	Resultados da busca bibliográfica na base ERIC.....	28
Quadro 6 -	Resultados da busca bibliográfica na base SciELO.....	29
Quadro 7 -	Resultados da busca bibliográfica na base <i>Web of Science</i>	30
Quadro 8 -	Livros didáticos de biologia do PNLD 2018 analisados.....	41
Quadro 9 -	Quantidade e identificação de analogias por obra do PNLD Biologia 2018 em comparação ao PNLD Biologia 2015.....	51
Quadro 10 -	Distribuição das analogias nas distintas partes dos capítulos das obras analisadas do PNLD Biologia 2018.....	52
Quadro 11 -	Quantidade e distribuição das analogias retiradas do PNLD Biologia 2018 em comparação às obras do PNLD Biologia 2015.....	54
Quadro 12 -	Distribuição das analogias novas nas distintas partes dos capítulos das obras analisadas do PNLD Biologia 2018.....	55
Quadro 13 -	Caracterização dos participantes da pesquisa quanto ao gênero e o sistema de ensino no qual cursou o ensino médio (E.M.)	59
Quadro 14 -	Respostas categorizadas da primeira questão da segunda parte do questionário prévio.....	61
Quadro 15 -	Respostas categorizadas da segunda questão do questionário prévio identificadas pelo assunto específico de biologia celular.....	63
Quadro 16 -	Resultados do questionário para análise do guia: embasamento teórico...	67
Quadro 17 -	Resultados do questionário referente às distintas analogias.....	69
Quadro 18 -	Resultados das respostas dos estudantes acerca da questão 5 do questionário relacionado à análise do guia.....	71
Quadro 19 -	Resultados das respostas dos estudantes acerca da questão 6 do questionário relacionado à análise do guia.....	73

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-	Esquema sobre o significado de analogia.....	23
Figura 2-	Representação do mapeamento de uma analogia.....	25
Figura 3 -	Esquema de analogia-ponte.....	26

LISTA DE SIGLAS

PIBID	Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência
PIBIC	Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica
PET	Programa de Educação Tutorial
PNLD	Programa Nacional do Livro Didático
DCN	Didática das Ciências Naturais
ESEB	Estágio Supervisionado no Ensino de Biologia
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UnB	Universidade de Brasília

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	14
INTRODUÇÃO	16
1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
1.1 ANALOGIAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS	18
1.2 Modelos para o uso de analogias.....	22
1.3 ANALOGIAS NO ENSINO DE BIOLOGIA CELULAR	27
1.3.1 Revisão bibliográfica	27
1.3.2 Uso de analogias por professores	30
1.3.3 Uso de analogias por estudantes.....	36
1.3.4 Uso de analogias em livros didáticos	38
2 METODOLOGIA	40
2.1 ANÁLISE DOS LIVROS DE BIOLOGIA DO PNLD 2018	40
2.2 DESENVOLVIMENTO DO GUIA SOBRE O USO DE ANALOGIAS PARA O ENSINO DE BIOLOGIA CELULAR	43
2.3 VALIDAÇÃO DO GUIA SOBRE O USO DE ANALOGIAS PARA O ENSINO DE BIOLOGIA CELULAR.....	44
2.3.1 Seleção dos participantes.....	45
2.3.2 Atividade para validação do guia	46
2.3.3 Caderno de Campo	50
2.4 ANÁLISE DOS DADOS.....	50
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
3.1 ANALOGIAS EM BIOLOGIA CELULAR NO PNLD BIOLOGIA 2018	51
3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS PARTICIPANTES DA PESQUISA	60
3.3 CONHECIMENTOS PRÉVIOS DOS ESTUDANTES SOBRE ANALOGIAS.....	61

3.4 ANÁLISE DO GUIA SOBRE O USO DE ANALOGIAS PARA O ENSINO DE BIOLOGIA CELULAR REALIZADA PELOS ESTUDANTES	67
3.4.1 Análise do guia: primeira parte - Embasamento Teórico.....	68
3.4.2 Análise do guia: segunda parte - Analogias em biologia celular mais usuais em livros didáticos	69
3.4.3 Análise do guia: Analogia do ATP como moeda.....	80
3.4.4 Análise do guia: Analogia do DNA como escada em espiral.....	82
3.4.5 Análise do guia: Analogia da mitocôndria como usina de energia	83
3.4.6 Análise do guia: Analogia do complexo enzima/substrato como relação chave/fechadura	85
CONCLUSÕES	87
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89
APÊNDICE A – Primeira parte do guia sobre o uso de analogias para o ensino de biologia celular	94
APÊNDICE B – Segunda parte do guia sobre o uso de analogias para o ensino de biologia celular: analogia entre o DNA e a escada em espiral	97
APÊNDICE C – Segunda parte do guia sobre o uso de analogias para o ensino de biologia celular: analogia entre o complexo substrato/enzima e a relação chave/fechadura.....	99
APÊNDICE D – Segunda parte do guia sobre o uso de analogias para o ensino de biologia celular: analogia entre o ATP e a moeda.....	101
APÊNDICE E – Segunda parte do guia sobre o uso de analogias para o ensino de biologia celular: analogia entre a mitocôndria e uma usina de energia	103
APÊNDICE F – Roteiro de aula para a validação do guia.....	105
APÊNDICE G – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido da Pesquisa	107
APÊNDICE H – Questionário prévio para caracterização dos participantes da pesquisa.....	108
APÊNDICE I – <i>Slides</i> apresentados durante a atividade de validação do guia sobre o uso de analogias para o ensino de biologia	110
APÊNDICE J – Questionário para análise do guia sobre o uso de analogias para o ensino de biologia celular.....	112
APÊNDICE K – Diferentes tipos de analogias em biologia celular no PNLD biologia 2018	115

APÊNDICE L – Analogias novas do PNLD biologia 2018 do conteúdo de biologia celular.....	120
APÊNDICE M – Analogias retiradas do PNLD biologia 2018 do conteúdo de biologia celular.....	122
APÊNDICE N – Proposição didática	124

APRESENTAÇÃO

Minha trajetória como professor começou em 2014 ao ingressar voluntariamente no projeto vestibular cidadão que prepara estudantes da rede pública de ensino para vestibulares. Minha postura como professor era um tanto tradicional ao considerar a aplicação de estratégias de ensino, com a minha prática docente resumindo-se a ministrar aulas expositivas.

Em 2015, ingressei no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (Pibid) do curso de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília. Iniciei minha participação no programa como aluno bolsista, inserindo-me em uma escola da rede pública de ensino do Distrito Federal para acompanhar as atividades profissionais de uma professora efetiva. Nesse período entrei em contato com outras formas de ensinar, principalmente por meio de diferentes recursos didáticos voltados para o ensino de conceitos biológicos, tais como: jogos didáticos, multimídias, práticas em laboratório, encenações de processos biológicos, entre outros. Além das atividades realizadas na escola no transcorrer do Pibid, também desenvolvi novos recursos didáticos e pude vivenciar a troca de experiências com bolsistas de outros cursos de graduação.

Esse tempo no Pibid foi muito valioso e fundamental para a mudança da maneira que me vejo como professor, percebendo como as atividades que apliquei estimularam a participação dos estudantes e melhoraram o ambiente escolar. Entretanto, não consegui identificar como os recursos didáticos favoreciam a aprendizagem dos conteúdos.

Estimulado por essa mudança, busquei o Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (PPGEC) para entender e compreender melhor como a diversidade de recursos didáticos aplicados em sala de aula podem, de fato, favorecer o ensino de biologia.

Ao iniciar no programa em 2017, participei de algumas disciplinas, assim como, de reuniões recorrentes com a minha orientadora. Nesses momentos, conheci novas visões sobre o ensino de ciências e discuti com mais profundidade técnica acerca de alguns recursos didáticos, como o livro didático e o uso de novas tecnologias e, em especial, o uso de analogias no ensino de ciências.

Ao adentrar no tema das analogias, percebi o quanto estão presentes na minha práxis docente tanto no discurso adotado em sala de aula como nos recursos

didáticos que produzi à época do Pibid. Identifiquei como recorria aos exemplos analógicos para explicar estruturas e fenômenos celulares e fisiológicos como, por exemplo, em um jogo que desenvolvi para explicar o processo de circulação sanguínea no qual os estudantes representavam hemoglobinas e moléculas de gás oxigênio e balões, as moléculas de gás carbônico. O uso das analogias acontecia sem a minha percepção, ou seja, de forma espontânea.

Ao estudar alguns trabalhos sobre o uso de analogias no ensino pude perceber que o descuido com o discurso analógico pode levar a interpretações equivocadas dos conceitos científicos por parte dos estudantes. A leitura das referências bibliográficas também revelou como essas analogias estão presentes em livros didáticos, jogos e no discurso de professores e, em especial, o trabalho de Araujo e Guimarães (2017) chamou minha atenção. Nele, as autoras identificaram várias analogias nos livros didáticos de biologia do PNLD 2015 para os conteúdos de biologia celular e genética. Como recursos didáticos, os livros didáticos também fazem parte da minha prática docente e influenciam minha atuação em sala de aula. Dentre as analogias observadas nos livros do PNLD algumas, inclusive, fazem parte do meu repertório e, como nas atividades didáticas que criei, não percebia a presença delas antes de mergulhar neste processo de qualificação acadêmica e profissional.

INTRODUÇÃO

Analogias e metáforas estão presentes no discurso e são recursos essenciais do pensamento humano (AUBUSSON; HARRISON; RITCHIE, 2006). Devido a sua capacidade de explicar termos abstratos por meio de assuntos familiares são recursos adotados por professores (HARRISON, 2008). Entretanto, mesmo com o uso recorrente de analogias, muitos problemas surgem com seu emprego no meio educacional (AUBUSSON; HARRISON; RITCHIE, 2006). Nas últimas três décadas, diversos trabalhos buscaram compreender e caracterizar o uso de analogias no ensino de ciências (DUI, 1991; AUBUSSON; HARRISON; RITCHIE, 2006; HARRISON; COLL, 2008; MOZZER; JUSTI, 2015).

Analogias são recursos utilizados historicamente por cientistas (HARRISON; TREAGUST, 2006) e estão presentes no meio educacional (HARRISON, 2008). Professores, mesmo sem treinamento formal, usam de analogias para explicar determinados conceitos científicos (VENVILLE, 2008).

As analogias favorecem a aprendizagem e seu uso exige alguns cuidados, podendo funcionar como uma “faca de dois gumes” (HARRISON; TREAGUST, 2006). Ao reconhecer que manuseava essa “faca” em minhas aulas sem perceber os riscos que corria, tive interesse em aprofundar e contribuir para o uso de analogias no ensino de biologia.

Dessa forma, esta dissertação visou desenvolver e validar um instrumento orientador (guia) para o uso, em sala de aula, de analogias em biologia celular presentes nos livros didáticos de biologia do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2018.

Os objetivos específicos da pesquisa foram:

- Verificar se as analogias de biologia celular presentes no PNLD 2015 reapareceram no PNLD 2018;
- Selecionar e realizar o mapeamento das analogias encontradas nos conteúdos de biologia celular dos livros do PNLD 2018 no intuito de desenvolver um instrumento orientador, denominado guia, para seu uso em sala de aula;
- Testar o instrumento orientador (guia) com os estudantes de licenciatura de Ciências Biológicas.

Esta dissertação foi organizada em capítulos tendo como início a apresentação e introdução, por meio das quais discorri sobre as motivações para a escolha do tema de pesquisa, bem como, o objetivo geral e os objetivos específicos.

No primeiro capítulo é apresentada a fundamentação teórica sobre o tema analogias no ensino de ciências e alguns modelos didáticos empregados para o uso de analogias no ensino. Ao final do capítulo é compartilhada uma revisão bibliográfica quanto ao uso de analogias no ensino de biologia celular.

No segundo capítulo, discorro sobre a metodologia adotada para a realização desta pesquisa

No terceiro capítulo, apresento os resultados e discussão e, logo em seguida, apresento as conclusões desta dissertação.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

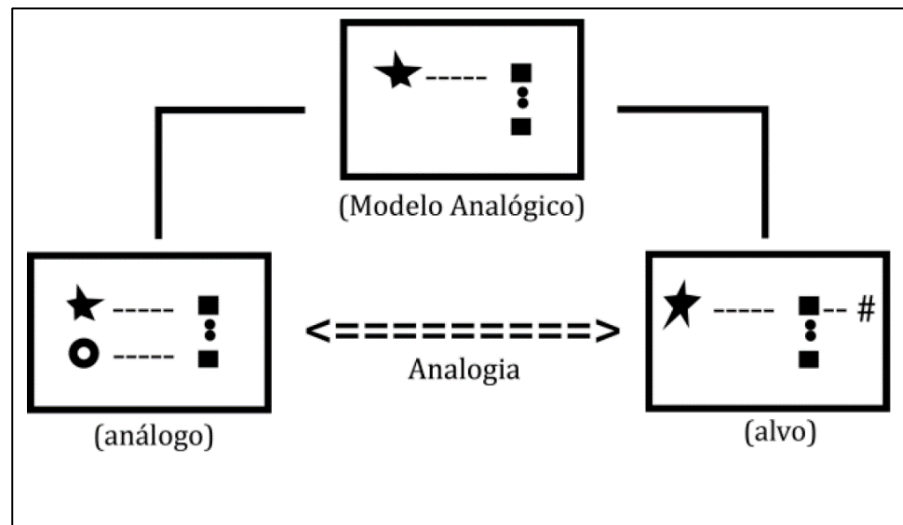
1.1 ANALOGIAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS

No ensino, as analogias são utilizadas de diferentes maneiras, podendo contribuir com a aprendizagem e o ensino de ciências, na formação de professores e até como ferramentas para pesquisa (AUBUSSON; HARRISON; RITCHIE, 2006).

Analogias e metáforas são formas de comparar estruturas ou processos de dois domínios diferentes, a partir de suas similaridades, com a intenção de expressar algo desconhecido ou não familiar por meio de algo familiar ou conhecido (DUIT, 1991; AUBUSSON; HARRISON; RITCHIE, 2006). O domínio familiar é chamado de análogo e o domínio pouco familiar é denominado de alvo e, por meio do raciocínio analógico, são traçadas as relações de similaridade entre esses dois domínios, originando um modelo analógico (Figura 1) (DUIT, 1991).

Na figura 1, adaptada de Duit (1991), o domínio análogo é representado por um quadrado com imagens (uma estrela, dois pontos, dois quadrados e um círculo) que simbolizam as características desse domínio. Da mesma maneira, o domínio alvo é representado com suas características específicas (uma estrela, dois pontos, dois quadrados e uma cerquilha). O raciocínio analógico é representado, na imagem, por meio de setas que comparam os dois domínios diferentes. O resultado da comparação é o modelo analógico, composto por características (imagens) presentes nos dois domínios (estrela, dois pontos e dois quadrados). Algumas características dos dois domínios não estão presentes no modelo analógico, como o círculo presente no domínio análogo e a cerquilha presente no domínio alvo, representando os limites característicos de todas as analogias.

Figura 1 - Esquema sobre o significado de analogia



Fonte: Adaptado de Duit (1991, p.650)

Enquanto o processo de comparação é explícito na formação de analogias, metáforas realizam comparações de forma implícita, não demarcando as semelhanças e diferenças entre os domínios (DUIT; 1991; AUBUSSON; HARRISON; RITCHIE, 2006). Porém, como em Araujo e Guimarães (2017), neste trabalho, analogias e metáforas serão consideradas como semelhantes e o termo utilizado para defini-las será analogia.

Na busca para compreender e explicar os fenômenos da natureza, cientistas e professores recorrem aos conhecimentos prévios e familiares do dia a dia na forma de analogias. O uso do raciocínio analógico por cientistas é corriqueiro e ocorre de diferentes maneiras, com exemplos datando desde o século XVII como o do astrônomo alemão Johannes Kepler que desenvolveu suas ideias a respeito do movimento dos astros influenciado pelo funcionamento dos relógios. Na mesma época, o químico irlandês Robert Boyle imaginava as partículas gasosas como molas enroladas em movimento (HARRISON; TREAGUST, 2006).

No século XVIII, o físico escocês James Maxell descreveu matematicamente as linhas de força de um campo elétrico por meio da pressão de água em tubos. Já no século XX, Watson e Crick desvendaram o modelo da estrutura molecular da dupla hélice do DNA criando modelos analógicos em consonância aos seus dados de pesquisa (HARRISON; TREAGUST, 2006).

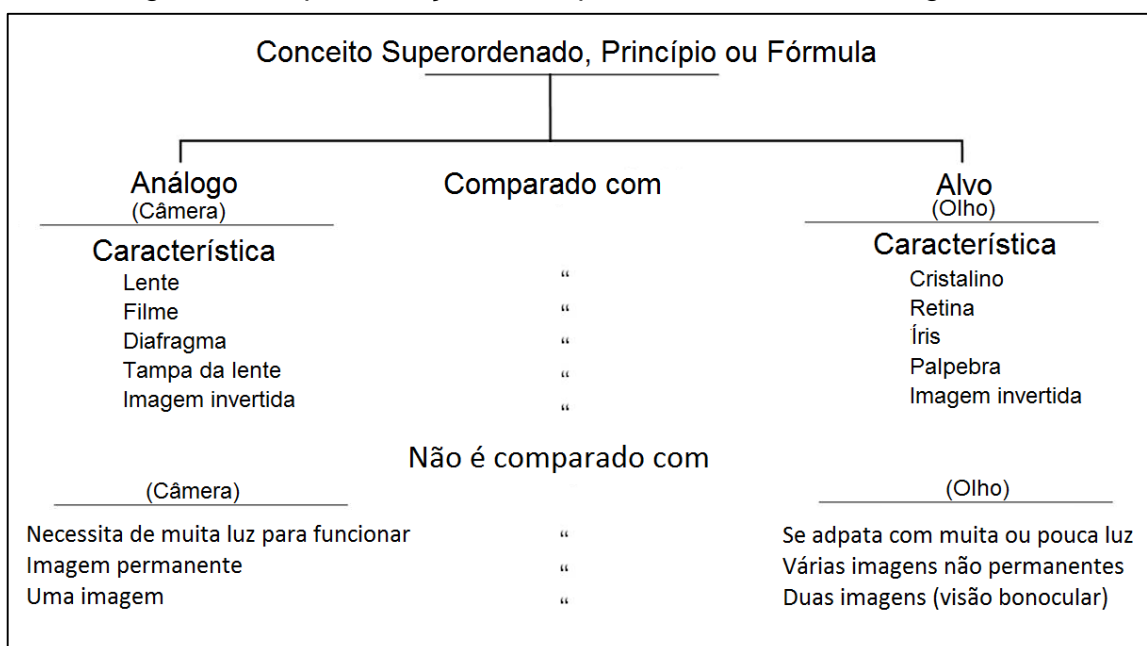
Analogias também são aplicadas por cientistas para explicar fenômenos abstratos, como as utilizadas por Stephen Hawking para elucidar fenômenos

astrofísicos em seu livro “Uma breve história do tempo” e as empregadas pelo físico estadunidense Richard Feynman, em suas aulas, para explicar fenômenos atômicos não observáveis (HARRISON; TREAGUST, 2006).

No ensino de ciências, analogias estão presentes na biologia (FERRAZ; TERRAZAN, 2001), química (JUSTI; MENDONÇA, 2008) e física (SILVA; TERRAZAN, 2011). A presença delas é detectada em livros didáticos (CURTIS; REIGELUTH, 1984; ARAUJO; GUIMARÃES, 2017), nos discursos dos professores em sala de aula (FERRAZ; TERRAZAN, 2003) e dos alunos (THOMAS, 2006), assim como, em revistas de divulgação científica (SILVA; PIMENTEL; TERRAZAN, 2011).

Para Glynn (1991) analogias podem beneficiar a aprendizagem de novos conceitos possibilitando ao estudante a construção de relações entre seus conhecimentos prévios (análogos) com os conhecimentos científicos (alvos). Também desempenham um papel importante na interpretação de modelos complexos da ciência, ao fornecerem modelos mentais a partir de análogos familiares que, embora limitados, esclarecem os fenômenos naturais até a aprendizagem de modelos mais explicativos e elaborados (GLYNN; TAKAHASHI, 1998). O uso de analogias permite a visualização mais fácil e concreta de conceitos e estruturas abstratas e pouco tangíveis aos estudantes (DUI, 1991). O processo de identificar os atributos em comum entre o análogo e o alvo é denominado por Aubusson, Harrison e Ritchie (2006) de mapeamento, sendo exemplificado na figura 2.

Figura 2 - Representação do mapeamento de uma analogia



Fonte: Adaptado de Harrison e Treagust (2006).

Concomitantemente aos benefícios advindos do uso de analogias no ensino está a possibilidade do surgimento de concepções alternativas pelos estudantes (MOZZER; JUSTI, 2015). O desenvolvimento dessas concepções ocorre devido à interpretação literal da analogia pelo estudante, sem levar em consideração as diferenças e limitações existentes entre o análogo e o alvo (GLYNN, 1991). Outro ponto importante para o possível surgimento de concepções alternativas é o desconhecimento do domínio análogo pelo estudante ao ser apresentado à analogia pelo professor (DUIT, 1991).

Em um clássico trabalho, Curtis e Reigeluth (1984) analisaram diferentes livros didáticos de ciências dos Estados Unidos da América e desenvolveram um sistema que permite a classificação de analogias em três tipos distintos, de acordo com a forma como são apresentadas em textos didáticos. Essa categorização tomou como base os diferentes níveis de enriquecimento das analogias, apresentando-as como:

- Analogia simples: considerado o nível mais básico de uma analogia, pois os seus limites e as suas características não são esclarecidos quando é apresentada ao leitor. Normalmente, essa analogia é evidenciada por meio de conectores do tipo “é como se fosse” e “é comparado a” que ligam o análogo e o alvo, cabendo ao estudante interpretar a comparação. Como exemplo, temos “o olho é como se fosse uma câmera fotográfica”.
- Analogia enriquecida: a analogia recebe esta denominação quando as suas características e seus limites são explicitados durante a sua apresentação. Uma analogia simples pode ser enriquecida quando o processo de mapeamento é realizado, como o que segue: a analogia entre o olho e a câmera fotográfica pode tornar-se do tipo enriquecida se cada parte do olho for comparada com as partes do objeto (Figura 2).
- Analogia estendida: denominação aplicada quando um análogo é utilizado para explicar mais de um alvo ou quando vários análogos são usados para explicar um único alvo. Como exemplo, temos a analogia que explica o DNA e os genes a partir da dinâmica de funcionamento de uma orquestra sinfônica.

As analogias simples são mais empregadas para ilustrar e descrever, enquanto as analogias enriquecidas apresentam maior potencial para explicar. Já as analogias estendidas, por apresentarem várias semelhanças entre o análogo e o alvo, beneficiam a compreensão e interpretação dos conceitos. Porém, professores e estudantes devem ter consciência das limitações dessas características para não

interpretarem as analogias como verdadeiras e capazes de explicar todos os fenômenos da natureza (HARRISON; TREAGUST, 2006).

1.2 MODELOS PARA O USO DE ANALOGIAS

Como já citado, analogias podem ser comparadas a uma “faca de dois gumes”, pois ao mesmo tempo em que contribuem para a aprendizagem de novos conceitos por estudantes, podem levar a interpretações alternativas ou equivocadas dos conceitos científicos (HARRISON; TREAGUST, 2006). Mozzer e Justi (2015), a partir de uma ampla revisão bibliográfica, identificaram as principais características do uso de analogias por professores que são transcritas no quadro 1.

Quadro 1 - Principais características do uso de analogias por professores

Características do uso de analogias por professores – Mozzer e Justi (2015)
<ul style="list-style-type: none"> ❖ Não possuem um repertório bem preparado e validado de analogias, tendendo a elaborá-las sem o devido cuidado, no momento mesmo em que ensinam; ❖ Apresentam analogias como algo (um artefato, não um processo de raciocínio) pronto e acabado, capaz de “transmitir” conhecimentos para os estudantes; ❖ Fornecem pouco ou nenhum esclarecimento aos estudantes sobre os aspectos metafóricos da linguagem antropomórfica que utilizam em suas comparações; ❖ Almejam que os estudantes compreendam relações analógicas que apresentam um significado claro e objetivo para eles, mas não para seus estudantes; ❖ Selecionam análogos pouco familiares aos estudantes ou, às vezes, mais complexos do que o alvo; ❖ Tendem a confundir as analogias com outros tipos de similaridades (como metáforas, comparações de mera aparência etc.) ou outros recursos didáticos (como exemplos e modelos); ❖ Parecem desconhecer a importância da identificação e discussão das limitações das analogias, isto é, das características e propriedades não compartilhadas entre o análogo e o alvo e/ou das condições nas quais a analogia não se aplica.

Fonte: Mozzer e Justi (2015).

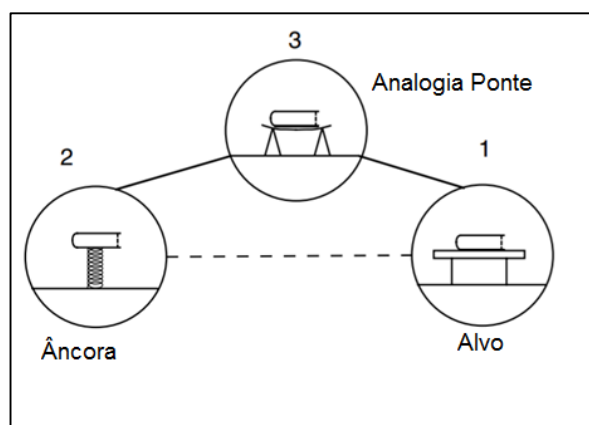
Essas características são reveladoras no que tange a falta de preparo técnico por parte dos professores para o pleno uso de analogias nos processos de ensino e aprendizagem. Para que as analogias desempenhem seu papel adequado no ensino, Mozzer e Justi (2015) definem algumas condições que consideram necessárias para o alcance desse objetivo. Em primeiro lugar, o análogo escolhido deve ser claro e familiar ao estudante para auxiliar a aprendizagem do domínio alvo, que deve ser novo ou de difícil compreensão. Como segunda condição, sempre que possível, uma representação visual deve estar associada à analogia criada, no intuito de facilitar o processo de comparação. Por fim, como terceira condição, o processo de criação ou apresentação de uma analogia deve ser guiado, explorando as semelhanças e esclarecendo as limitações existentes (MOZZER; JUSTI, 2015).

Com intuito de orientar o uso de analogias por professores foram desenvolvidos alguns modelos, como por exemplo: o *Bridging Analogies* (Analogias-ponte), elaborado por Clement, Brown e Zietsman (1989); o modelo TWA – *Teaching With Analogies* (Ensinando com Analogias), criado por Glynn (1991), e o modelo FAR – *Focus, Action, Reflection* (Foco, Ação e Reflexão), desenvolvido por Treagust, Harrison e Venville (1998).

Ao valorizarem os conhecimentos prévios e a capacidade de intuir dos estudantes, Clement, Brown e Zietsman (1989) propuseram um método de aprendizagem por meio de analogias-ponte. Nesse modelo, a aprendizagem inicia com a apresentação de um conceito-âncora (um conhecimento familiar e intuitivo) que compartilha de semelhanças com um conhecimento científico (alvo). Em seguida, é criada uma analogia-ponte que relaciona o conceito-âncora (análogo) ao alvo.

A analogia-ponte serve como um meio para conectar os diferentes domínios do conhecimento. Na figura 3 é apresentado um exemplo de uma analogia-ponte para ensinar como objetos estáticos realizam força.

Figura 3 - Esquema de analogia-ponte



Fonte: Clement e Brown (2008).

A figura 3 esquematiza como as analogias-ponte funcionam e tem início com a intenção de explicar quais são as forças que existem entre um livro estático em cima de uma mesa (1). Para isso, é descrita a situação dois (um livro em cima de uma mola) que, de acordo com Clement, Brown e Zietsman (1989), é mais intuitiva e familiar ao estudante. Em seguida, é criada a situação três, um livro em cima de uma tábua flexível que muda a sua estrutura a partir do peso do livro. A situação três é a analogia-ponte, pois conecta uma situação familiar e intuitiva (âncora) a um conhecimento desconhecido (alvo) e, assim, possibilita a compreensão de algo novo por meio das experiências prévias dos estudantes (CLEMENT; BROWN, 2008). O principal desafio para o uso desse modelo está na apresentação do conhecimento-âncora que seja reconhecido pelos estudantes e que se assemelhe ao conhecimento científico (DUIT, 1991).

O modelo TWA consiste na definição de seis etapas que orientam como uma analogia deve ser apresentada para evitar o surgimento de interpretações alternativas (Quadro 2).

Quadro 2 – Etapas do modelo TWA

Modelo TWA - Teaching With Analogies
1. Introduzir o conceito-alvo;
2. Relembrar o conceito-análogo;
3. Identificar as características semelhantes entre o alvo e o análogo;
4. Mapear as características semelhantes;
5. Elaborar conclusões sobre o alvo;
6. Identificar as limitações das analogias.

Fonte: Glynn (1991).

O autor afirma que as seis etapas são essenciais para garantir uma interpretação adequada pelos estudantes e acrescenta que não é necessário seguir uma ordem específica para o uso do TWA. Duit (1991) atentou que o modelo é somente uma proposta para guiar o uso das analogias, entretanto, é o modo como cada etapa é executada que garante o sucesso da sua utilização. O modelo TWA está presente na literatura, não somente como um guia para uso por professores e autores de livros didáticos, mas também como uma forma de avaliar a qualidade de analogias (SILVA; PIMENTEL; TERRAZZAN, 2011; FERRAZ; TERRAZAN, 2001).

Com intuito de melhor adaptar o TWA com a prática docente, Treagust, Harrison e Venville (1998) criaram uma outra proposta após observarem como professores o utilizavam. O modelo desenvolvido pelos autores consiste em três estágios (Foco, Ação e Reflexão) como guia para a ação do professor ao fazer uso de analogias (Quadro 3).

Quadro 3 – Etapas do modelo FAR

Modelo FAR – Foco, Ação, Reflexão	
<u>Foco</u> Conceito (Alvo) Estudantes Análogo	O conceito é difícil, desconhecido ou abstrato? O que os estudantes sabem a respeito do conceito? Quais análogos são familiares aos estudantes?
<u>Ação</u> Semelhanças Diferenças	Debater as características do análogo e do alvo. Mapear as similaridades entre o análogo e o alvo. Debater as diferenças entre o análogo e o alvo.
<u>Reflexão</u> Conclusões Aperfeiçoamentos	A analogia foi clara e útil ou confusa? Quais mudanças a analogia requer? Quais mudanças são necessárias para a sua utilização?

Fonte: Treagust, Harrison e Venville (1998) e Harrison e Treagust (2006).

O primeiro momento (Foco) acontece antes da analogia e visa reconhecer quais são os conhecimentos prévios dos estudantes a respeito dos conceitos científicos e buscar um análogo familiar a eles. No segundo momento (Ação), é apresentada a analogia por meio do mapeamento das semelhanças e limitações do modelo analógico. O último momento (Reflexão) é realizado unicamente pelo professor para aperfeiçoar o uso do raciocínio analógico no contexto escolar. Os autores acreditam que, por apresentar menos etapas, o modelo FAR garante uma maior aplicabilidade do seu uso no contexto escolar e a última etapa reforça a reflexão pelo professor, favorecendo a melhoria do uso de analogias como recurso didático (TREAGUST *et al.*, 1998).

Esses três modelos são capazes de orientar o uso de analogias por professores para que auxiliem a interpretação adequada por parte dos estudantes. Entretanto, é importante ressaltar que os modelos não apresentam como foco orientar a construção de analogias por estudantes. Os modelos apresentados enfatizam uma posição mais passiva dos estudantes que, na maioria das vezes, são apenas receptores de analogias criadas pelos professores (MOZZER; JUSTI, 2015).

O modelo FAR foi construído empiricamente com professores de ciências por um longo período (VENVILLE, 2008) e foi o modelo adotado como base para a elaboração do guia para o uso de analogias de biologia celular, tendo como público-alvo os professores de biologia.

1.3 ANALOGIAS NO ENSINO DE BIOLOGIA CELULAR

1.3.1 Revisão bibliográfica

A revisão bibliográfica buscou selecionar artigos relacionados ao tema analogias e metáforas no ensino de biologia celular. Para a realização da busca bibliográfica foram escolhidas as bases de dados bibliográficos *Educational Resources Information Center* (ERIC), *Scientific Eletronic Library Online* (SciELO) e *Web of Science*. Foram definidas oito palavras-chave e seis cruzamentos por meio dos operadores booleanos para refinar a pesquisa (Quadro 4). Em todas as buscas foram utilizados os filtros de tempo (período de janeiro de 2008 a junho de 2018) e tipo de publicação (artigos). Para a base *Web of Science* foi acrescentado também o filtro “biology”.

A busca ocorreu na seguinte ordem: ERIC, SciELO e *Web of Science* e, em cada pesquisa, foi contabilizado o número de artigos relevantes para esta dissertação. Em cada busca foram selecionados somente os artigos inéditos, ou seja, um artigo selecionado em uma busca não foi computado novamente caso aparecesse em outra base de dados. Ao final, os artigos foram organizados em três categorias: uso de analogias por professores, uso de analogias por estudantes e uso de analogias em livros didáticos.

Quadro 4 – Palavras-chave e cruzamentos efetuados nas bases de dados ERIC, SciELO e Web of Science

Palavras-chave	Combinações de palavras-chave
1. Analogies	1. (Analogies OR metaphor) AND Biology 2. (Analogies OR metaphor) AND “Cell Biology” 3. (Analogies OR metaphor) AND Genetics 4. (Analogies OR metaphor) AND Biology AND Textbooks 5. (Analogies OR metaphor) AND Biology AND Teaching 6. (Analogies OR metaphor) AND Biology AND Student
2. Metaphor	
3. Biology	
4. Genetics	
5. “Cell Biology”	
6. Textbooks	
7. Teaching	
8. Student	

Fonte: Própria do autor.

A primeira busca feita foi realizada na ERIC (*Educational Resources Information Center*), uma base de dados *online* internacional com enfoque em artigos publicados na área educacional. A partir do ERIC foram selecionados 27 artigos ao final – o maior número dentre as três bases (Quadro 5).

Quadro 5 - Resultados da busca bibliográfica na base ERIC

Cruzamentos	Artigos encontrados	Artigos relevantes	Artigos selecionados
1. (Analogies OR metaphor) AND Biology	52	20	20
2. (Analogies OR metaphor) AND “Cell Biology”	07	05	03
3. (Analogies OR metaphor) AND Genetics	17	08	02
4. (Analogies OR metaphor) AND Biology AND Textbooks	08	07	00
5. (Analogies OR metaphor) AND Biology AND Teaching	33	16	01
6. (Analogies OR metaphor) AND Biology AND Student	37	19	01
Total			27

Fonte: Própria do autor.

A segunda busca foi realizada na *Scientific Eletronic Library Online* (SciELO) a partir da qual podem ser acessados periódicos científicos brasileiros. Essa busca bibliográfica apresentou o menor número de resultados dentre as três bases de dados, e apenas um artigo foi selecionado (Quadro 6).

Quadro 6 - Resultados da busca bibliográfica na base SciELO

Cruzamentos	Artigos encontrados	Artigos relevantes	Artigos selecionados
1. (Analogies OR metaphor) AND Biology	04	01	01
2. (Analogies OR metaphor) AND "Cell Biology"	01	00	00
3. (Analogies OR metaphor) AND Genetics	04	00	00
4. (Analogies OR metaphor) AND Biology AND Textbooks	00	00	00
5. (Analogies OR metaphor) AND Biology AND Teaching	01	00	00
6. (Analogies OR metaphor) AND Biology AND Student	01	00	00
Total			01

Fonte: Própria do autor.

A terceira busca foi realizada na *Web of Science*, uma base de dados que inclui artigos científicos, em geral. Tal base, apesar de apresentar o maior número de resultados dentre as três utilizadas nesta pesquisa, resultou em artigos repetidos ou não relacionados ao tema e apenas seis artigos foram selecionados (Quadro 7).

Quadro 7 - Resultados da busca bibliográfica na base *Web of Science*

Cruzamentos	Artigos encontrados	Artigos relevantes	Artigos selecionados
1. (Analogies OR metaphor) AND Biology	35	06	05
2. (Analogies OR metaphor) AND "Cell Biology"	07	01	00
3. (Analogies OR metaphor) AND Genetics	21	01	00
4. (Analogies OR metaphor) AND Biology AND Textbooks	11	06	01
5. (Analogies OR metaphor) AND Biology AND Teaching	38	07	00
6. (Analogies OR metaphor) AND Biology AND Student	53	12	00
Total			06

Fonte: Própria do autor.

1.3.2 Uso de analogias por professores

A partir da revisão bibliográfica foi selecionado um conjunto de 34 trabalhos relacionados ao tema: analogias no ensino de biologia celular. Tal área do conhecimento biológico apresenta uma natureza abstrata e pouco tangível aos alunos, levando os professores a lançarem mão de analogias como recurso didático para possibilitar a compreensão e aprendizagem de novos conceitos científicos (TRUJILLO; ANDERSON; PELAEZ, 2015). Alguns exemplos do uso dessas analogias são descritos a seguir, fruto da revisão bibliográfica realizada para fins desta dissertação.

Gardner (2016) realizou uma atividade na qual os estudantes relacionavam diferentes conceitos científicos com alguns cenários hipotéticos criados pelo professor. No tema de biologia celular, difusão e gradiente eram comparados ao movimento e a posição de várias pessoas em um estádio. Enzimas adquiriram o formato de uma pessoa que realizava a união entre pares, porém continuava solteira. Uma via metabólica e o processo de inibição por retroalimentação foram associados às etapas de produção de uma fábrica, e o sítio ativo e a desnaturação de enzimas foram equiparados ao funcionamento de uma chave em uma fechadura. Percebe-se que o autor utilizou exemplos do cotidiano dos alunos para a explicação de conceitos abstratos de biologia celular, premissa básica para o uso de analogias.

Outras analogias utilizadas por Gardner (2016) relacionavam-se com os conceitos de transporte ativo em membranas celulares, codominância, herança ligada ao sexo e herança mitocondrial. O autor vivenciou cada situação de sala de aula de acordo com a escolaridade das turmas e permitiu que os estudantes criassem suas analogias desde que explicassem o raciocínio utilizado para a elaboração delas, revelando uma preocupação em incentivar o raciocínio analógico. A estratégia didática utilizada por Gardner (2016) revelou que o uso de analogias no ensino pode ser feito com a construção de novas analogias, não se restringindo a analogias criadas previamente pelos professores, mas tendo como base o raciocínio analógico.

Letić (2014) propôs algumas analogias para auxiliar estudantes a formarem uma visão, em nível molecular, do processo de difusão. A velocidade dos átomos, em parâmetros macroscópicos, foi comparada ao movimento de balas de espingardas e jatos particulares. Imaginar uma situação em que uma pessoa esbarrasse 200 vezes em cada cidadão da China e da Índia em um segundo exemplificaria, na visão do autor, a proporção de vezes que as moléculas se chocam. Letić (*Op. cit.*) percebeu que, em outros artigos, as comparações foram feitas em proporção molecular e atentou que, para a melhor compreensão por parte estudantes, devem-se privilegiar as comparações com objetos e situações familiares, característica pautada por Glynn (1991) como premissa para o uso de analogias.

Para explicar o uso de organismos-modelo por cientistas, Woody e Himelblau (2014) efetuaram aferições almejando encontrar um modelo básico de carro que possibilitasse a melhor compreensão acerca do funcionamento geral dos automóveis, cientes da existência de diferentes marcas no mercado. Em outro exemplo, ao reconhecerem o uso por muitos professores da analogia da planta de construção (*blueprint*) para explicar a função do DNA nos organismos, os autores trouxeram uma alternativa ao compararem o DNA a uma orquestra sinfônica. Nessa analogia, notas musicais (nucleotídeos) estão organizadas em uma sequência nas pautas musicais (genes), com os músicos produzindo uma melodia (fenótipo). Os autores atentaram para os limites das analogias e a possibilidade de não se amoldarem em todas as situações, mesmo sendo analogias dos tipos estendida e enriquecida.

Para ensinar o conteúdo de biologia celular, Grady e Jeanpierre (2011) desenvolveram, com estudantes, o projeto da cidade celular (*Cell City Project*). Tal dinâmica, concebida por meio de maquetes, consistiu na comparação entre células e

ambientes organizados como casas, cidades e fazendas. Para a concepção das maquetes, uma sequência de eventos foi executada pelos discentes: exposição das principais características dos seres vivos, observação de lâminas ao microscópio de luz, pesquisa bibliográfica sobre as características morfológicas e funcionais das células com distinção entre as células vegetais e animais, mapeamento das analogias e alvos, seguido de planejamento, confecção e apresentação das maquetes.

Observa-se que a atividade didática cumpriu cinco das seis etapas do modelo TWA (GLYNN, 1991), não incluindo a discussão das limitações das analogias, servindo como exemplo para uma dinâmica mais elaborada para o uso de analogias em sala de aula. Como nos trabalhos de Gardner (2016) e Woody e Himelblau (2014), as analogias explicitadas por Grady e Jeanpierre (2011) são do tipo estendida, quando várias características são compartilhadas entre os análogos e alvos e abrangem diferentes conteúdos a respeito de biologia celular, de acordo com as definições feitas por Curtis e Reigeluth (1984).

Kao (2014) construiu um modelo analógico com estudantes universitários para estimular uma aprendizagem mais ativa acerca da organização e dos processos celulares em tecidos humanos, pretendendo proporcionar uma melhor compreensão das estruturas celulares. Como no trabalho de Grady e Jeanpierre (2011), os materiais utilizados e a confecção dos modelos foram levados em consideração, incluindo a participação dos alunos quanto ao uso das analogias, possibilitando um processo de aprendizagem significativo.

Parker (2016), usando do discurso antropomórfico, criou uma fábula relacionada à vida no interior de uma célula com o propósito de explicar o funcionamento das organelas celulares. Na estória, as estruturas celulares foram comparadas a pessoas, dotadas de consciência e emoções. Por exemplo, o lisossomo foi apresentado como uma pessoa ríspida e misteriosa; a mitocôndria e os ribossomos, como pessoas labutadoras e o núcleo correspondeu a uma pessoa séria e controladora. Essas características humanas foram utilizadas para explicar as funções que cada organela desempenha na célula eucarionte, e termos científicos como DNA, semipermeável e proteínas apresentados no transcórre da fábula. Entretanto, é notório que o discurso antropomórfico deve ser utilizado com cautela, tendo sempre em vista a quem se dirige (faixa etária do espectador) e a realização dos devidos esclarecimentos sobre a adoção dessa linguagem.

Vale ressaltar que os trabalhos acima comentados são relatos de experiências didáticas e apresentam analogias como recursos didáticos voltados, em sua maioria, para o uso por professores para o ensino de conteúdos e conceitos científicos. As analogias e modelos explicitados resultaram de práticas docentes e são defendidas, pelos autores, como estratégias de ensino que contribuem para a aprendizagem dos alunos, mesmo sem a aplicação de instrumentos de coleta de dados que pudessem dar suporte às suas percepções.

Ao buscar compreender, por meio de instrumentos de pesquisa em ensino, como o uso de analogias pode beneficiar o ensino de biologia celular, Wichaidit *et al.* (2011) desenvolveram uma aula com estudantes em uma escola na Tailândia por meio de analogia entre o processo bioquímico da fotossíntese e o ato de cozinhar. O roteiro elaborado para a realização da aula tomou como base as seis etapas do modelo TWA, atribuindo aos estudantes o papel principal de mapear as semelhanças entre os dois domínios, isto é, o análogo e alvo. Além do processo de mapeamento verbal e pictórico, também foi aplicado um modelo analógico utilizando clipes de papel para simbolizar as moléculas de dióxido de carbono e água sendo transformadas em glicose e celulose.

Wichaidit *et al.* (2011), ao compararem as concepções prévias dos estudantes com as respostas elaboradas após a aula, identificaram mudanças conceituais por parte de alguns estudantes, com concepções mais próximas dos conceitos científicos. Contudo, algumas respostas revelaram o surgimento de uma nova concepção alternativa, que antes não havia aparecido, quando alguns discentes não conseguiram atribuir nenhuma função à clorofila no processo celular. Os autores relacionaram o surgimento dessa nova ideia ao fato de a clorofila não ter sido incluída na analogia, tanto no domínio alvo como no análogo. Devido a isso, os autores atentam que, durante o uso de analogias, além do esclarecimento entre as semelhanças do análogo e o alvo, os conceitos relacionados ao alvo também devem ser explicados. O uso do modelo (clipes de papel) para explicar as reações entre as moléculas resultou em mudança nas percepções dos estudantes, reforçando os benefícios advindos da aprendizagem de conceitos ao se utilizar de objetos concretos de modo planejado.

De forma similar, Takemura e Kurabayashi (2014) realizaram uma atividade com estudantes de uma universidade japonesa, por meio de encenação, para tratar dos processos de tradução e transcrição de RNA. Nessa analogia, os estudantes representavam alguns dos componentes celulares como, por exemplo, as enzimas.

Objetos foram utilizados para simular substâncias e moléculas e a sala de aula era o espaço correspondente a uma célula. Como no trabalho de Wichaidit *et al.* (2011), os resultados da pesquisa revelaram a aprendizagem pelos discentes de alguns conceitos e processos celulares, porém houve a permanência de algumas concepções alternativas. Também foi possível averiguar que a estratégia de ensino estimulou o interesse dos universitários em relação à aprendizagem de novos conteúdos de biologia celular.

Esses trabalhos reforçam que, mesmo com o uso planejado e adequado de analogias no ensino, há a possibilidade do surgimento e permanência de concepções alternativas, não garantindo a aprendizagem de conceitos-alvo.

Jensen, Kummer e Banjoko (2013) avaliaram a aprendizagem, por parte de universitários de instituições estadunidenses, acerca dos conteúdos que abordam a transcrição e tradução de genes. Foi realizada uma atividade didática fazendo uso de analogias, na qual os estudantes, em duplas, interagiram com um modelo que representava uma sequência de DNA. A prática se mostrou eficaz para a aprendizagem dos conceitos científicos pautados, principalmente por aqueles estudantes que apresentavam poucos conhecimentos prévios sobre os conteúdos. Quanto ao uso de analogias, os resultados indicaram que os estudantes se sentiram mais confiantes e consideraram a prática divertida e benéfica para a aprendizagem.

Trujillo, Anderson e Pelaez (2015) almejavam desenvolver um modelo para guiar o ensino de biologia celular e molecular e, para isso, investigaram como professores de uma universidade dos Estados Unidos da América explicavam os processos celulares, identificando-se quatro temas. Como primeiro tema, detectaram-se as explicações de como (*How*) os mecanismos e componentes celulares funcionam. Outro tema presente foi a tentativa de contextualizar (*Context*) os conteúdos com questões atuais. O terceiro tema encontrado no discurso dos professores relacionou-se à explicação dos fenômenos por meios dos métodos (*Methods*) de pesquisa e o último tema pautou-se no uso do discurso analógico (*Analogies*) para explicar conceitos abstratos.

O modelo desenvolvido foi denominado de MACH (*Methods, Analogies, Context, How*) por conta dos quatro temas presentes nas explicações dos professores e que, de acordo com os autores, devem guiar o método de explicar o conteúdo de biologia celular. O uso de analogias pelos professores aconteceu de maneira espontânea durante as suas explicações. Para representar a diferença entre uma

pesquisa *in vivo* e *in vitro*, por exemplo, um participante da pesquisa elaborou uma analogia associando células a uma fábrica. Outro explicou como proteínas funcionam comparando as estruturas moleculares com um brinquedo infantil. Para Trujillo, Anderson e Pelaez (2015), o uso de analogias é fundamental para explicação de fenômenos e estruturas celulares, incorporando sua utilização no modelo MACH.

Outros trabalhos também identificaram o uso espontâneo de analogias no transcorrer das explicações elaboradas por professores de biologia (FERRAZ; TERRAZZAN, 2001, 2003). Durante as aulas observadas, os autores perceberam que as estruturas moleculares das proteínas foram comparadas a um colar de contas e ao fio de um telefone, assim como, deu-se a equiparação do processo de síntese de proteínas com a manufatura de um bolo, fazendo a equivalência de uma molécula de DNA com um livro de receitas e do processo de transcrição às etapas do ato de cozinhar. Ao analisarem o nível de enriquecimento das analogias, a maioria foi categorizada como do tipo simples e estrutural, utilizadas com o propósito de explicar as estruturas dos conceitos-alvo, não suas funções. Os pesquisadores ressaltaram que algumas professoras recorreram à imagens e objetos durante suas explicações orais ao abordarem as analogias.

Ferraz e Terrazzan (2001, 2003) também analisaram, com base nas fases do modelo TWA, as analogias identificadas no transcorrer das explicações das professoras. Foi notado pelos autores que, em quase todos os momentos de sala de aula, o análogo e alvo foram apresentados em conjunto, sem haver a caracterização de cada domínio, diferentemente do que é proposto nas três primeiras etapas do TWA. As etapas quatro e seis do modelo correspondiam respectivamente ao mapeamento e esclarecimentos dos limites da analogia e, com base nisso, os autores verificaram que as analogias do tipo estendidas e enriquecidas desenvolvidas pelas professoras apresentavam esses dois momentos de forma mais nítida. O momento de construir conclusões sobre o alvo a partir da analogia, quinta etapa do modelo, na maior parte das vezes não foi efetivado pelas docentes.

A principal crítica feita por Ferraz e Terrazzan (2001, 2003) centrou-se na ausência de participação dos alunos durante a elaboração das analogias, colocando-os em uma posição passiva no transcorrer do processo de aprendizagem. Os autores propuseram a inclusão de uma etapa de reflexão quando da apresentação dos análogos e dos alvos, para que os estudantes possam contribuir com seus próprios análogos e participar mais ativamente do processo do raciocínio analógico e, assim,

abrir-se à possibilidade de desenvolver seus modelos mentais. Mesmo não fazendo referência ao modelo FAR, as considerações de Ferraz e Terrazan (2001, 2003) convergem com a terceira etapa (Reflexão) do referido modelo.

Em síntese, os trabalhos analisados que discorreram sobre o uso de analogias pelos professores revelaram diversidade de analogias tanto ao tratarem dos conceitos de biologia celular como pelas distintas formas de apresentação. Alguns desses trabalhos tiveram enfoque no relato sobre o uso de analogias em sala de aula e como tais recursos didáticos podem beneficiar a aprendizagem dos estudantes. O uso de analogias por professores apresentou pontos positivos para o ensino de novos conceitos de biologia celular, entretanto o uso espontâneo por alguns docentes e o surgimento de concepções alternativas pelos estudantes ressaltam a relevância de se adotar um processo criterioso de planejamento para a inserção de analogias no processo de ensino de tópicos relacionados à célula.

1.3.3 Uso de analogias por estudantes

Além do uso de analogias para a explicação de conceitos científicos, professores recorrem a elas para compreender quais são as ideias prévias de seus estudantes relacionadas aos conteúdos científicos. Lancor (2014), por exemplo, avaliou como estudantes compreendiam o conceito de energia a partir de explicações próprias pautadas em analogias. Os resultados revelaram que os participantes foram capazes de usar do discurso analógico para descrever suas compreensões e revelaram que para um mesmo alvo, energia, surgiram distintas analogias, tais como: substância, armazenamento, ingrediente ou processo.

Do mesmo modo, Venville, Gribble e Donovan (2006) aplicaram entrevistas para identificar quais as concepções prévias que estudantes apresentavam sobre determinados conteúdos de genética. Detectou-se a percepção do DNA como uma impressão digital que serve como um meio para reconhecer pessoas, assim como, o termo escada foi associado à estrutura do DNA. Genes foram comparados a pontos que constroem as características dos seres vivos e, em muitos casos, os estudantes não conseguiram identificar nenhuma relação entre os genes e a molécula de DNA.

No mesmo trabalho, foram constatadas concepções alternativas quando estudantes associavam a função do DNA como detentor da informação e afirmavam que computadores também possuem DNA em suas placas-mãe. Muitos estudantes também tiveram dificuldades de reconhecer a presença de genes em alguns seres vivos, como as plantas.

Os trabalhos de Lancor (2014) e Venville, Gribble e Donovan (2006) detectaram que os estudantes são capazes de criar suas analogias mesmo revelando limitações na compreensão dos conceitos científicos.

Genc (2013) realizou uma intervenção em sala de aula pautando o conteúdo de citologia por meio de analogias criadas pelos próprios estudantes. Em grupo, os estudantes elaboravam analogias entre as estruturas celulares e as partes da escola comparando, por exemplo, a parede celular com os muros da escola, os lisossomos com as latas de lixo, o citoplasma celular com os jardins da escola, entre outros. O autor avaliou, por meio de testes, que o ensino baseado em analogias foi eficiente para a aprendizagem dos conteúdos citológicos. E os relatos feitos pelos estudantes revelaram que o processo de criação de analogias foi uma atividade desafiadora e muito exigente, considerando-a benéfica para a aprendizagem dos conteúdos científicos.

O modelo MACH, desenvolvido por Trujillo, Anderson e Pelaez (2015), foi testado quanto ao seu potencial para auxiliar estudantes universitários a explicarem os conteúdos de biologia celular e genética (TRUJILLO; ANDERSON; PELAEZ, 2016). No transcorrer das primeiras explicações dos estudantes foi identificado o uso de analogias por meio de narrativas e diagramas. Após o modelo MACH ter sido exposto aos estudantes, as explicações discentes continuaram a apresentar analogias antropomorfizadas relacionadas a enzimas e plantas, observando-se também comparações da estrutura de estômatos com boias infantis e de mutações no DNA com filtros de um aspirador de pó. Os universitários, assim como seus professores, recorreram a estórias e incluíram vontades e propósitos em suas explicações analógicas, estratégias consideradas pelos autores como próprias do repertório de explicações efetuadas por biólogos.

Rundgren, Hirsch e Tibell (2009) analisaram de que modo estudantes empregavam analogias ao se depararem com o conteúdo relacionado ao funcionamento de proteínas. Para os autores, os estudantes deveriam ser capazes de explicar os termos científicos de maneira precisa, porém, as analogias desenvolvidas

por eles resultavam em comparações muito vagas entre os análogos e alvos. Em um relato, por exemplo, uma estudante trocou o termo “receptor” de uma proteína na membrana celular pelo termo “bandeira”. Outro estudante comparou a estrutura de uma proteína com uma bola de fio amassada.

Pautado também no uso de analogias por discentes, Westm (2016) compartilhou um vídeo que comparava os vasos sanguíneos e as células do sangue a estradas e carros, respectivamente, percebendo que os estudantes demonstravam dificuldades ao debaterem acerca das analogias. Portanto, os trabalhos de Rundgren, Hirsch e Tibell (2009) e Westm (2016) evidenciam que o uso de analogias pode não ocorrer da maneira esperada quando o raciocínio analógico for deixado somente a cargo dos estudantes, necessitando de orientação por parte dos docentes.

Os trabalhos citados revelam que os estudantes são capazes, a partir do raciocínio analógico, de criar analogias relacionadas aos conceitos celulares. Porém, percebe-se que tal processo não garantiu necessariamente a escolha das melhores ou das analogias mais adequadas ao considerar os conteúdos de biologia celular. Infere-se que a imprecisão na escolha das analogias esteja relacionada com a própria falta de domínio sobre o conceito científico e que recorrer ao uso de analogias criadas pelos estudantes na etapa inicial do processo de aprendizagem é uma estratégia didática que exige cautela e planejamento por parte do professor para que as ideias advindas dos estudantes sejam efetivamente analisadas e debatidas em sala de aula.

1.3.4 Uso de analogias em livros didáticos

Além do uso por professores e estudantes, analogias também estão presentes em livros didáticos. Curtis e Reigeluth (1984) identificaram as analogias presentes em diferentes livros didáticos de ciências e, para tanto, criaram um sistema de categorização amplamente utilizado há mais de trinta anos por diversos pesquisadores (MONTEIRO; JUSTI, 2000; DIKMENLI, 2015; ARAUJO; GUIMARÃES, 2017). Em seu trabalho, Curtis e Reigeluth (1984) perceberam que algumas analogias apareceram de maneira repetitiva nos livros didáticos, como por exemplo: a comparação da estrutura do DNA com uma escada; da replicação do DNA com o funcionamento de um zíper e das dimensões de uma célula com a de um quarto de

uma casa. Para os autores, o uso frequente de determinadas analogias nos livros analisados decorreu de convenções estabelecidas e preferências apresentadas por parte dos próprios autores dos livros, convictos de que essas comparações seriam benéficas para a aprendizagem dos conceitos-alvo. Ressaltaram também que tais analogias variaram, nos textos didáticos investigados, quanto à forma, posição e ao nível de explicação.

De maneira similar, Dikmenli (2015) analisou as analogias presentes em livro didático de biologia de amplo uso na Turquia, adotando sistema de categorização próprio. As analogias identificadas pelo autor foram classificadas, de acordo com a natureza do alvo, em quatro grupos: macroscópico, microscópico, sub-microscópico e simbólico. No grupo microscópico foram compilados os organismos que poderiam ser observados com o auxílio de aparelhos, exemplificando-se com a analogia entre a forma de um vírus e um projétil de uma arma de fogo. No grupo sub-microscópico, moléculas e átomos são o alvo da aprendizagem, observando-se comparações entre enzimas que funcionariam como tesouras usadas por alfaiates. Por fim, conceitos explicados por meio de fórmulas ou símbolos corresponderiam ao grupo identificado como simbólico, como a situação hipotética de um livro com 23 mil páginas que corresponderia ao genoma humano. Na análise efetivada, o autor percebeu que mais da metade das analogias correspondiam aos níveis microscópico e sub-microscópico, inferindo que essa preferência poderia estar relacionada com a adoção de analogias para apresentar conceitos científicos considerados abstratos.

Outro ponto relevante percebido por Dikmenli (2015) foi a presença de algumas imagens que reforçavam a explicação da analogia como, por exemplo, uma ilustração que comparava a estrutura de uma célula com a de uma indústria têxtil. Quanto ao nível de enriquecimento, a maioria das analogias era do tipo simples no livro didático turco, sem esclarecimentos acerca das semelhanças e limitações da analogia. Para o autor, algumas das analogias identificadas poderiam levar à formação de concepções alternativas por parte do leitor do livro didático, ressaltando também o relevante papel orientador dos professores no auxílio na interpretação das analogias pelos estudantes.

No Brasil, Araujo e Guimarães (2017) analisaram as analogias relacionadas aos conteúdos de biologia celular e genética presentes em livros didáticos de biologia do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2015. Como em Curtis e Reigeluth

(1984), e adotando o mesmo sistema de categorização, foi percebido o uso repetitivo de determinadas analogias, com os autores de livros didáticos brasileiros também preferindo a comparação da molécula de DNA com a da estrutura de uma escada em espiral, incluindo outros exemplos como: a especificidade entre substrato e enzima comparada ao encaixe de uma chave em uma fechadura, assim como, a equiparação da função de uma molécula de ATP com a de uma moeda. A maior parte das analogias foram identificadas como simples e verbal. As autoras concluíram que estudos complementares devem ser realizados visando a compreensão de como essas analogias estão presentes nos discursos dos professores e dos estudantes usuários dos livros didáticos do PNLD.

Na mesma linha de pesquisa dos trabalhos anteriores, Wernecke, Schwanewedel e Harms (2017) observaram a presença recorrente de determinadas analogias em livros didáticos, denominando-as de analogias “convencionalizadas”. Para os autores, tais analogias são tão amplamente utilizadas que não são mais percebidas pelos leitores e, tampouco, identificadas como linguagem analógica, podendo levar os estudantes a interpretá-las de maneira literal.

Pigliucci e Boudry (2011) enfatizam que o uso histórico por professores e cientistas de analogias baseadas em máquinas, como a célula comparada a uma fábrica e o genoma visto como uma planta de construção civil (*blueprint*), afetaram o ensino e a pesquisa de biologia celular e genética. Para os autores, o uso dessas analogias gera interpretações alternativas e, muitas vezes, refletem uma visão reducionista e simplificada dos fenômenos celulares. Para contornar esses problemas, os autores sugerem que as analogias sirvam como um momento de explicação e reflexão dos novos conceitos esclarecendo cada vez mais as características desses.

2 METODOLOGIA

2.1 ANÁLISE DOS LIVROS DE BIOLOGIA DO PNLD 2018

O primeiro objetivo desta dissertação visou verificar se as analogias de biologia

celular presentes nos livros de biologia do PNLD 2015 reaparecem nos pertencentes ao PNLD 2018. Para cumprir este objetivo específico, foram selecionadas as mesmas obras e capítulos analisados por Araujo e Guimarães (2017), levando em consideração as mudanças que ocorreram nos livros das distintas edições. Ao seguir as mesmas diretrizes da pesquisa efetuada pelas autoras, as coleções foram codificadas de A a I. Para representar os volumes, utilizei a letra V junto ao número correspondente. O código LT correspondeu ao livro texto e MP, para manual do professor. Assim, o código BV1LT corresponde ao volume 1 do livro texto da coleção B que é Bizzo (2016). O quadro 8 elenca as obras selecionadas, com seus respectivos códigos e capítulos ou unidades analisadas.

Quadro 8 – Livros didáticos de biologia do PNLD 2018 analisados

Código da obra	Título da obra	Autores	Editora	Capítulos analisados
AV1LT - AV1MP	Biologia	Mendonça (2016)	AJS	1 e 7 a 10
BV1LT- BV1MP BV3LT- BV3MP	Novas Bases da Biologia	Bizzo (2016)	IBEP	Vol. 1: 2 a 6 Vol. 3: 6
CV1LT -CV1MP	Ser Protagonista	Catani <i>et al.</i> (2016)	SM	2 a 11
DV1LT - DV1MP	Biologia unidade e diversidade	Favaretto (2016)	FTD	1 a 6, 9 e 10
EV1LT- EV1MP	Biologia Moderna	Amabis e Martho (2016)	Moderna	3 a 9
FV1LT -FV1MP FV3LT- FV3MP	Biologia	Silva Júnior, Sasson e Caldini Júnior (2016)	Saraiva educação	Vol. 1: 1 a 4, 12 a 17 Vol. 3: 1 a 3
GV1LT- GV1MP	Biologia Hoje	Linhares, Gewandsznajder e Pacca (2016)	Ática	3 a 11
HV1LT - HV1MP HV2LT - HV2MP	Conexões com a Biologia	Thompson e Rios (2016)	Moderna	Vol. 1: Unidades 7 e 8 Vol. 2: Unidade 5
IV1LT - IV1MP IV3LT - IV3MP	Bio	Lopes e Rosso (2016)	Saraiva educação	Vol. 1: 8 a 12 Vol. 3: 5

Entre os PNLD Biologia 2015 e 2018 houve algumas mudanças, começando pelo número de obras adotadas. Em 2015, havia nove obras e atualmente são dez, com a adição da obra de Ogo e Godoy (2016) e que não foi incluída neste estudo. Todas as nove coleções analisadas por Araujo e Guimarães (2017) continuaram a ser adotadas pelo PNLD 2018, o que permitiu o estudo comparativo entre as coleções dos distintos triênios.

As obras de Mendonça (2016) e Silva Junior, Sasson e Caldini Júnior (2016) não apresentaram alterações entre as distintas coleções quanto aos autores, organização dos conteúdos e editoras. A coleção de Bizzo (2016), antes publicada pela editora Ática, no atual PNLD é apresentada pela IBEP. Outrossim, Favaretto (2016) é publicado pela editora FTD no PNLD 2018. Houve o acréscimo da autora Helena Pacca na obra de Linhares, Gewandsznajder e Pacca (2016). Thompson e Rios (2016), agora conta com dois novos autores principais - Miguel Thompson e Eloci Peres Rios. Os conteúdos do volume 3 de Lopes e Rosso (2016) correspondem aos conteúdos do volume 2 da edição precedente. Amabis e Martho (2016) modificaram a ordem e a composição dos conteúdos dentro dos volumes e, no PNLD 2018, o conteúdo de biologia celular é apresentado no volume 1, perfazendo sete capítulos. Linhares, Gewandsznajder e Pacca (2016) realizaram a junção de três capítulos de

uma coleção para a outra e Thompson e Rios (2016) também condensaram o conteúdo em três unidades, anteriormente apresentado em quatro. Amabis e Martho (2016) foi a única coleção que modificou o título, de Biologia em Contexto para Biologia Moderna.

Mesmo com as mudanças entre as coleções foi possível realizar a verificação das analogias, pois as estruturas principais dos livros foram pouco modificadas. Para a análise dos novos livros foi feita a leitura na íntegra dos capítulos selecionados tanto do livro texto como do manual do professor.

Para a análise das analogias foram utilizados, com a anuência das pesquisadoras, os dados brutos do trabalho de pesquisa de Araujo e Guimarães (2017). As analogias encontradas nos livros foram classificadas em distintas categorias: **repetidas** - quando presentes no PNLD 2015 e 2018; **novas** - quando não presentes nas coleções anteriores; **retiradas** - quando não detectadas na nova coleção, e **modificadas** quando alteradas de uma coleção para a outra. Foram listadas e contabilizadas todas as analogias com intuito de verificar quais foram as mais utilizadas pelos autores

As analogias também foram analisadas quanto a sua disposição nas distintas partes dos livros, sendo classificadas em: **questões** - quando a analogia apareceu em questões; **textos-extra** - quando se encontraram em boxes e textos complementares; **imagens e legendas** - quando uma imagem era analógica ou sua legenda continha uma analogia; e **texto principal** que correspondeu a sua presença no texto principal do capítulo.

2.2 DESENVOLVIMENTO DO GUIA SOBRE O USO DE ANALOGIAS PARA O ENSINO DE BIOLOGIA CELULAR

O segundo objetivo específico desta dissertação visou selecionar e realizar o mapeamento das analogias encontradas nos conteúdos de biologia celular dos livros de biologia do PNLD 2018 no intuito de desenvolver um instrumento orientador, denominado guia, para seu uso em sala de aula, que é apresentado como proposição didática no âmbito desta dissertação. Para a confecção do guia foram adotados como referenciais teóricos os trabalhos de Duit (1991), Treagust, Harrison e Venville (1998),

Aubusson, Harrison e Ritchie (2006), Harrison e Treagust (2006) e Harrison e Coll (2008). O instrumento foi intitulado “Guia sobre o uso de analogias para o ensino de biologia celular”, e foi estruturado em duas partes, a primeira denominada como “Embasamento Teórico” e a segunda como “Analogias em biologia celular mais frequentes em livros didáticos” (APÊNDICES A a E).

A primeira parte do guia (APÊNDICE A) teve como objetivo explicar, de forma geral, o papel das analogias no ensino de ciências e como elas funcionam. Para esses propósitos foram apresentados uma definição do tema e um exemplo de uma analogia de biologia celular: a comparação entre a estrutura de uma célula eucarionte e a de uma cidade. Constam, também, na primeira parte deste guia os seguintes componentes: os pontos positivos e negativos a partir do uso de analogia no ensino de ciências; um exemplo histórico do uso de uma analogia por um cientista e as etapas do modelo FAR – *Focus, Action, Reflection* (Foco, Ação, Reflexão), modelo criado por Treagust, Harrison e Venville (1998) para orientar o uso de analogias por professores e adotado no guia desenvolvido nesta dissertação.

A segunda parte do guia (APÊNDICES B a E) teve como objetivo, com base no modelo FAR, orientar o professor para o uso das quatro analogias de biologia celular mais encontradas nos livros de biologia do PNLD 2018. A estrutura do modelo FAR foi mantida e, para cada analogia, foi elaborado um texto para as etapas de Foco e Reflexão de acordo com os conteúdos dos domínios alvo e análogo adotados. A etapa Ação foi apresentada por meio de um mapeamento entre as semelhanças e as diferenças dos análogos e alvos. Além das etapas do modelo FAR, foram acrescentados um trecho de livro didático de biologia do PNLD 2018 com o uso da respectiva analogia, e imagens de cada alvo e análogo no intuito de ilustrar os dois distintos domínios.

2.3 VALIDAÇÃO DO GUIA SOBRE O USO DE ANALOGIAS PARA O ENSINO DE BIOLOGIA CELULAR

O terceiro objetivo específico desta dissertação visou testar o guia com estudantes de licenciatura de Ciências Biológicas da UnB. Para cumprir este propósito foram selecionados estudantes de licenciatura para a aplicação de uma aula sobre o

uso de analogias no ensino de biologia celular e viabilizar a avaliação do guia.

Nesta dissertação foi adotada a pesquisa qualitativa como meio de investigação, seguindo os princípios definidos por Bogdan e Biklen (1994):

Utilizamos a expressão investigação qualitativa como um termo genérico que agrupa diversas estratégias de investigação que partilham determinadas características. Os dados recolhidos são designados por qualitativos, o que significa ricos em pormenores descritivos relativamente a pessoas, locais e conversas, e de complexo tratamento estatístico. As questões a investigar não se estabelecem mediante a operacionalização de variáveis, sendo, outrossim, formuladas com o objectivo de investigar os fenómenos em toda a sua complexidade e em contexto natural. (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p.16)

Foram adotados, para a execução do processo de validação do guia, os seguintes instrumentos de coleta de dados: a gravação dos depoimentos dos estudantes participantes, aplicação de dois questionários e execução de anotações no caderno de campo.

2.3.1 Seleção dos participantes

A amostra é fundamental para a realização de uma pesquisa e, para sua definição adequada, é necessário avaliar o tipo de investigação que se objetiva (MOREIRA; CALEFFE, 2008) e quais são os métodos de pesquisa utilizados (FLICK, 2009a).

Para a escolha de uma amostra em uma pesquisa qualitativa, Pires (2012) ressalta a necessidade de levar em consideração uma escolha que melhor permita responder à pergunta da pesquisa. Da mesma forma, Moreira e Caleffe (2008) indicam que para a escolha dos participantes em uma entrevista é preciso que ocorra uma seleção intencional, buscando os candidatos que melhor possam contribuir para o estudo.

Pires (2012) discorre sobre a relação que há entre a amostra e a população. Para o autor, em uma pesquisa, a população que vai ser definida e estudada pelo pesquisador é denominada de universo de análise e desse universo é retirada uma pequena parcela que representa o grupo selecionado sendo denominado de amostra operacional. Neste trabalho, o universo de análise foi representado pelos estudantes de licenciatura do curso de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília. Para a

realização da pesquisa foram selecionados os estudantes de duas turmas da disciplina Didática das Ciências Naturais (DCN) e uma turma da disciplina Estágio Supervisionado no Ensino de Biologia (ESEB) ministradas no 2º semestre letivo de 2018. As duas disciplinas fazem parte do currículo obrigatório do curso de licenciatura em Ciências Biológicas, a primeira, prevista para ser cursada no segundo semestre, e, a segunda, no oitavo semestre.

Para o participante fazer parte da amostra foram adotados dois critérios: 1º) o estudante deveria entregar os dois questionários preenchidos até o final da atividade; 2º) o questionário prévio deveria ser entregue antes da exposição dialogada ter início. Adotados esses critérios, foram selecionados 54 estudantes para compor a amostra da pesquisa, com 25 da turma A da disciplina Didática das Ciências Naturais (DCN), 16 da turma B de DCN e 13 da disciplina Estágio Supervisionado no Ensino de Biologia (ESEB).

2.3.2 Atividade para validação do guia

Para a validação do guia foram realizadas, durante o segundo semestre letivo de 2018, três intervenções com cada uma delas tendo a duração de duas horas-aula (1 hora e 50 minutos) nos horários das disciplinas. As intervenções ocorreram em duas turmas da disciplina Didática das Ciências Naturais (DCN) e em uma turma da disciplina Estágio Supervisionado no Ensino de Biologia (ESEB), totalizando seis horas-aula. Foi elaborado um roteiro de aula para auxiliar o pesquisador na realização das mesmas atividades nas distintas turmas de estudantes (APÊNDICE F).

Em geral, as pesquisas qualitativas precisam lidar com questões éticas atreladas ao exercício de investigação. Essas questões visam a garantia de justiça, autonomia, a não maleficência e a beneficência dos participantes (FLICK, 2009b). Desse modo, Flick (2009b) enuncia um conjunto de atitudes a serem adotadas pelo pesquisador objetivando uma investigação ética, quais sejam: o consentimento esclarecido, definindo que todo participante deve ser informado da pesquisa e detém o direito de escolher se participará; evitar danos aos participantes durante a coleta dos dados; ser justo durante a análise dos dados e garantir a confidencialidade ao escrever a pesquisa.

Esta dissertação buscou assegurar os direitos e o respeito para com os participantes, como também, atentar com os cuidados necessários atrelados às questões éticas associadas a pesquisa qualitativa. Pautado nesses princípios, foram realizados esclarecimentos junto às docentes responsáveis pelas disciplinas de graduação, abordando toda a dinâmica planejada a ser executada em sala de aula e relacionada aos procedimentos desta pesquisa qualitativa.

Essa dinâmica teve início com a inserção do pesquisador em cada turma apresentando os aspectos básicos da pesquisa em curso mediante o compartilhamento do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE G). O TCLE contém uma breve descrição da pesquisa realizada, determinados dados do pesquisador, o esclarecimento dos instrumentos de coleta da pesquisa e a garantia do sigilo e anonimato na análise e publicação dos dados obtidos na pesquisa. A presença de cada estudante em sala de aula não estava, de modo algum, condicionada à participação na pesquisa, e nenhum aluno foi punido ou beneficiado pela sua participação.

Após a explicação e leitura do TCLE, os estudantes interessados em participar o assinaram, autorizando a inserção nesta pesquisa. Durante a coleta dos dados nenhum aluno foi tratado com distinção ou segregado da atividade, e a participação durante a atividade foi estimulada, mas sem perder seu caráter voluntário. Foi garantido aos estudantes o direito de desistir de participar da pesquisa a qualquer momento, tendo seus dados retirados da amostra sem qualquer prejuízo ao estudante.

Após a aplicação do TCLE, a atividade prosseguiu com o preenchimento de um questionário prévio (APÊNDICE H) que teve como meta viabilizar uma descrição de alguns aspectos dos estudantes. O questionário prévio foi confeccionado de acordo com as recomendações de Moreira e Caleffe (2008), de caráter sucinto, fácil compreensão e preenchimento razoavelmente rápido pelos participantes desta pesquisa.

O questionário prévio continha duas partes, a primeira apresentou perguntas fechadas para serem preenchidas com as informações pessoais de cada estudante, tais como: nome, idade, semestre em curso e sexo. Também foi questionado em que ano concluiu o ensino médio e se ocorreu no sistema público e/ou privado, com intuito de detectar se durante o período escolar o estudante esteve em contato com os livros didáticos de biologia do PNLD 2015. Por fim, fez-se um breve inventário sobre quais

disciplinas obrigatórias de graduação, relacionadas à de biologia celular, os estudantes já haviam cursado e quais experiências acadêmicas extraclasse eles apresentavam. O objetivo dessas perguntas foi o de relacionar os possíveis conhecimentos prévios a respeito de biologia celular que os participantes poderiam apresentar ao reportarem-se às analogias e alvos compartilhados no guia.

A segunda parte deste questionário prévio ambicionou descrever o que os estudantes compreendiam a respeito de analogias. Para cumprir esse objetivo foram elaboradas duas perguntas, com a primeira solicitando se o estudante saberia definir o que é uma analogia, com a inclusão de exemplos. A segunda pergunta requiritava uma comparação entre alguns conceitos de biologia celular (DNA, complexo enzima/substrato, mitocôndria e ATP) com algo do cotidiano deles. O questionário prévio foi preenchido individualmente no início da aula e os formulários foram recolhidos imediatamente após o preenchimento.

A segunda parte da atividade consistiu em uma exposição dialogada com os estudantes, realizada pelo pesquisador, sobre o uso de analogias no ensino de biologia celular, efetuada com auxílio de uma sequência de *slides* elaborados previamente para o propósito (APÊNDICE I). Durante a apresentação dos *slides* foram expostos diversos aspectos teóricos relacionados com esta pesquisa, como: uma definição do conceito de analogia; exemplos de uso de analogias por cientistas e no meio educacional, e os resultados obtidos a partir da análise dos livros de biologia do PNLD 2018 sobre analogias relacionadas ao tema biologia celular.

Com a conclusão da apresentação oral, os estudantes organizaram-se em grupos e receberam o material didático para análise. Todos os estudantes receberam a primeira parte do guia (APÊNDICE A) e cada grupo recebeu uma determinada analogia (DNA como escada, complexo enzima/substrato como chave/fechadura, ATP como moeda e mitocôndria como usina de energia) relacionada à segunda parte do guia (APÊNDICES B a E). A partir desse momento os estudantes, nos respectivos grupos, analisaram as distintas partes do guia e formularam suas opiniões.

Após completar a entrega das duas partes do instrumento orientador intitulado Guia sobre o uso de analogias para o ensino de biologia celular também foi disponibilizado um questionário (APÊNDICE J) para coletar as opiniões dos estudantes a respeito do guia. Moreira e Caleffe (2008) sugerem o questionário como um instrumento favorável na realização de uma pesquisa que busca coletar as opiniões dos participantes a respeito de um assunto particular. Para os autores, as

características do questionário favorecem esse tipo de pesquisa ao possibilitar atingir um grande número de respondentes em curto espaço de tempo, permitindo o uso de questões padronizadas com respostas descritivas, apresentando uma alta taxa de retorno de respostas.

O questionário elaborado foi do tipo misto com questões fechadas e espaços para comentários. Na primeira parte do questionário, foi solicitado aos participantes que analisassem a clareza do conteúdo e das imagens compartilhadas, e se o modelo FAR apresentado era de fácil compreensão. Na segunda parte do questionário, cada estudante respondeu, de acordo com a analogia que recebeu, cinco perguntas quanto à clareza e funcionalidade do guia como recurso didático com espaços para comentários específicos e gerais, inclusive para sugestões de possíveis modificações do guia.

Durante a análise do guia e preenchimento desse questionário, o pesquisador circulou entre os grupos de estudantes coletando opiniões, críticas e auxiliando na realização da atividade. Após a finalização da etapa da dinâmica, deu-se o início da parte final da intervenção. A partir desse momento, os integrantes de cada grupo apresentaram aos outros colegas da disciplina a analogia que receberam, descrevendo as informações do guia ao mesmo tempo em que teciam comentários e recomendações.

Com base nos princípios propostos por Flick (2009a), o uso de diferentes métodos para investigar um fenômeno é benéfico para a compreensão e a qualidade da pesquisa qualitativa. Portanto, durante as falas dos estudantes foram realizadas, com a autorização prévia, gravações dos depoimentos. A transcrição dos discursos deu-se com base nas recomendações de Gibbs (2009), com foco nas falas dos estudantes a respeito do guia e das analogias.

Com o término das apresentações dos grupos de estudantes, foram recolhidos os questionários com a conclusão da aula. Após cada intervenção, foi redigido um caderno de campo de acordo com as recomendações de Bogdan e Biklen (1994).

2.3.3 Caderno de Campo

Bogdan e Biklen (1994, p. 150) definem o caderno de campo como: “o relato escrito daquilo que o investigador ouve, vê, experiencia e pensa no decurso da recolha e refletindo sobre os dados de um estudo qualitativo”. Com base nas instruções dos autores (BOGDAN; BIKLEN, 1994), o caderno de campo foi preenchido sempre em seguida às aulas ministradas. Os relatos do caderno de campo foram efetuados a partir das observações feitas durante a realização da aplicação da pesquisa com os estudantes, observando a interação e fala dos participantes. Também foi acrescentada a descrição das atividades junto às reflexões advindas de todo o processo vivenciado junto aos estudantes.

2.4 ANÁLISE DOS DADOS

A análise foi realizada após a coleta e tratamento dos dados colhidos durante a atividade, com base nos princípios definidos por Gibbs (2009). O autor define que a análise com base nos dados permite ao pesquisador, na medida do possível, obter respostas do meio social evitando a influência de interpretações e visões preexistentes. As categorias criadas para análise das respostas dos participantes desta pesquisa foram descritas ao longo da seção 3 (Resultados e Discussão) no intuito de facilitar a rápida compreensão da análise dos dados.

Com intuito de comparar os dados obtidos dos diferentes instrumentos de coleta, todos os resultados foram organizados em tabelas qualitativas. Esse tipo de análise possibilita procurar padrões, gerar explicações e fazer comparações (GIBBS, 2009).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ANALOGIAS EM BIOLOGIA CELULAR NO PNLD BIOLOGIA 2018

Após a leitura e análise dos capítulos das nove coleções de biologia do PNLD 2018 foram encontradas 234 analogias. A partir dos dados brutos de Araujo e Guimarães (2017), as analogias foram subdivididas nas quatro categorias adotadas nesta pesquisa: 76 **analogias retiradas** no PNLD 2018, sete sofreram modificações, sendo denominadas **modificadas**, 186 foram **repetidas** e 41 foram classificadas como **novas** no PNLD 2018. O PNLD 2015 continha 269 analogias de biologia celular (ARAUJO; GUIMARÃES, 2017), ou seja, deu-se uma redução de 35 analogias no PNLD 2018. A distribuição dessas analogias pelas obras é apresentada no quadro 9.

Os capítulos analisados dos livros EV1LT, com 40, e FV1LT, com 35, apresentaram o maior número de analogias – similar ao PNLD 2015. Os livros HV2MP e IV3MP não apresentaram nenhuma analogia, também como observado nas coleções anteriores. A coleção de Silva Júnior, Sasson e Caldini Júnior (2016) foi a que apresentou o maior número de analogias, com 61, enquanto a coleção de Thompson e Rios (2016) apresentou o menor número de analogias – com cinco.

Mesmo com as mudanças entre as coleções a maior parte das analogias foi repetida nos novos livros, assim, a proporção das analogias adotadas em cada livro também se manteve. A coleção de Amabis e Martho (2016) foi a que mais apresentou alterações estruturais, com a junção de todo o conteúdo de biologia celular em um único volume, o que explica o livro EV1LT continuar a ser o livro com mais analogias. Um número muito reduzido de analogias foi modificado, com cinco delas concentradas no livro EV1LT. Outro ponto importante é a repetição da maioria das analogias nas coleções, aproximadamente 70% do total.

No PNLD 2018, foram encontradas 29 analogias em questões, 33 em textos-extra, 21 em imagens e legendas e 151 nos textos principais dos capítulos analisados. A distribuição dessas analogias nas obras é explicada no Quadro 10.

Quadro 9 - Quantidade e identificação de analogias por obra do PNLD
Biologia 2018 em comparação ao PNLD Biologia 2015

OBRAS E AUTORES	CÓDIGOS OBRAS	ANALOGIAS RETIRADAS RT	ANALOGIAS MODIFICADAS M	ANALOGIAS NOVAS N	ANALOGIAS REPETIDAS RP	SOMATÓRIA POR OBRA M +N+ RP	SUBTOTAL POR COLEÇÃO
Biologia - (Mendonça, 2016)	AV1LT	1	0	1	9	10	12
	AV1MP	0	0	1	1	2	
Integralis - Biologia: novas bases (Bizzo, 2016)	BV1LT	1	0	1	19	20	24
	BV1MP	0	0	1	1	2	
	BV3LT	0	0	1	0	1	
	BV3MP	0	0	1	0	1	
Ser Protagonista – Biologia (Catani <i>et al.</i> , 2016)	CV1LT	4	1	7	10	18	20
	CV1MP	0	0	1	1	2	
Biologia Unidade e Diversidade - (Favaretto, 2016)	DV1LT	11	0	5	14	19	24
	DV1MP	1	0	4	1	5	
Biologia moderna - (Amabis e Martho, 2016)	EV1LT	23	5	5	30	40	46
	EV1MP	0	0	0	6	6	
Biologia - (Silva Júnior, Sasson e Caldini Júnior <i>et al.</i> , 2016)	FV1LT	9	1	3	31	35	61
	FV1MP	4	0	1	11	12	
	FV3LT	7	0	1	11	12	
	FV3MP	0	0	1	1	2	
Biologia Hoje (Linhares, Gewandszajder Pacca, 2016)	GV1LT	5	0	1	21	22	26
	GV1MP	1	0	1	3	4	
Conexões com a Biologia (Thompson e Rios, 2016)	HV1LT	4	0	0	2	2	5
	HV1MP	2	0	0	2	2	
	HV2LT	0	0	0	1	1	
	HV2MP	0	0	0	0	0	
Bio (Lopes e Rosso, 2016)	IV1LT	3	0	3	6	9	16
	IV1MP	0	0	0	2	2	
	IV3LT	0	0	2	3	5	
	IV3MP	0	0	0	0	0	
TOTAL		76	7	41	186	234	

Fonte: Própria do autor.

Quadro 10 - Distribuição das analogias nas distintas partes dos capítulos das obras analisadas do PNLD Biologia 2018

OBRAS E AUTORES	CÓDIGOS DAS OBRAS	QUESTÕES	TEXTOS-EXTRA	IMAGENS/LEGENDAS	TEXTOS PRINCIPAIS
Biologia (Mendonça, 2016)	AV1LT	5	1	0	4
	AV1MP	0	1	0	1
Integralis - Biologia: novas bases (Bizzo, 2016)	BV1LT	4	1	0	15
	BV1MP	0	0	0	2
	BV3LT	0	0	0	1
	BV3MP	0	0	0	1
Ser Protagonista – Biologia (Catani <i>et al.</i> , 2016)	CV1LT	1	2	1	14
	CV1MP	1	0	0	1
Biologia Unidade e Diversidade (Favaretto, 2016)	DV1LT	1	6	6	6
	DV1MP	1	1	0	3
Biologia moderna (Amabis e Martho, 2016)	EV1LT	4	3	4	29
	EV1MP	0	3	0	3
Biologia - (Silva Júnior, Sasson e Caldini Júnior <i>et al.</i> , 2016)	FV1LT	2	5	1	27
	FV1MP	2	3	0	7
	FV3LT	1	2	0	9
	FV3MP	1	0	0	1
Biologia Hoje (Linhares, Gewandsznajder Pacca 2016)	GV1LT	4	0	3	15
	GV1MP	0	1	0	3
Conexões com a Biologia (Thompson e Rios, 2016)	HV1LT	0	0	1	1
	HV1MP	0	0	0	2
	HV2LT	0	0	0	1
	HV2MP	0	0	0	0
Bio (Lopes e Rosso, 2016)	IV1LT	0	2	4	3
	IV1MP	0	2	0	0
	IV3LT	2	0	1	2
	IV3MP	0	0	0	0
TOTAL		29	33	21	151

Fonte: Própria do autor.

O quadro 10 mostra uma maior quantidade de analogias nos textos principais dos capítulos dos livros, enquanto questões, textos-extra e imagens apresentam uma quantidade similar entre si. Essa preponderância das analogias nos textos principais pode ser explicada pelo fato da maior parte do capítulo ser composta pelo texto principal, como também, devido a função explicativa das analogias. Essas são adotadas nos textos principais com intuito de facilitar a explicação dos novos conceitos científicos, enquanto questões, textos-extra e imagens, muitas vezes, não objetivam a explicação de conceitos (DUIT, 1991; HARRISON; TREAGUST, 2006).

As analogias retiradas no PNLD 2018 também foram analisadas quanto a sua distribuição nas distintas partes dos capítulos dos livros didáticos do PNLD 2015 (Quadro 11). O livro EV1LT, com 19, e DV1LT, com 11, foram os livros que tiveram o maior número de analogias retiradas. A coleção Amabis e Martho (2016) foi a que apresentou o maior número de analogias retiradas. Nove livros não tiveram nenhuma analogia retirada, sendo que seis desses eram manuais do professor. A primazia de analogias retiradas no livro EV1LT pode ser resultado da grande mudança que houve na estrutura do livro entre as duas coleções do PNLD, com os conteúdos compilados em um único volume.

Quadro 11 – Quantidade e distribuição das analogias retiradas do PNLD Biologia 2018 em comparação às obras do PNLD Biologia 2015

OBRAS E AUTORES	CÓDIGOS DAS OBRAS	QUESTÕES	TEXTOS-EXTRA	IMAGENS/LEGENDAS	TEXTOS PRINCIPAIS
Biologia (Mendonça, 2016)	AV1LT	1	0	0	0
Integralis - Biologia: novas bases (Bizzo, 2016)	BV1LT	0	0	1	0
Ser Protagonista – Biologia (Catani <i>et al.</i> , 2016)	CV1LT	1	2	0	1
Biologia Unidade e Diversidade (Favaretto, 2016)	DV1LT	2	6	1	2
	DV1MP	0	1	0	0
Biologia moderna (Amabis e Martho, 2016)	EV1LT	2	3	1	13
	EV2LT	2	2	0	0
Biologia - (Silva Júnior, Sasson e Caldini Júnior <i>et al.</i> , 2016)	FV1LT	1	4	0	4
	FV1MP	2	1	0	1
	FV3LT	4	2	0	1
Biologia Hoje (Linhares <i>et al.</i> , 2016)	GV1LT	2	1	0	2
	GV1MP	0	0	0	1
Conexões com a Biologia (Thompson e Rios, 2016)	HV1LT	2	0	0	2
	HV1MP	0	2	0	0
Bio (Lopes e Rosso, 2016)	IV1LT	0	0	3	0
TOTAL		19	24	6	27

Fonte: Própria do autor.

O quadro 11 mostra que aproximadamente 56% das analogias retiradas estavam presentes em questões e textos-extra, enquanto cerca de 35% localizavam-se nos textos principais.

As analogias novas das coleções de biologia de 2018 foram analisadas quanto a sua distribuição ao longo das distintas porções dos livros do professor (Quadro 12). O livro CV1LT apresentou o maior número de novas analogias, com sete, e a coleção de Favaretto (2016) apresentou o maior número de novas analogias, com nove. Cinco

livros não acrescentaram novas analogias, sendo três deles os volumes da coleção de Thompson e Rios (2016).

Quadro 12 - Distribuição das analogias novas nas distintas partes dos capítulos das obras analisadas do PNLD Biologia 2018

OBRAS E AUTORES	CÓDIGOS DAS OBRAS	QUESTÕES	TEXTOS-EXTRA	IMAGENS/LEGENDAS	TEXTOS PRINCIPAIS
Biologia (Mendonça, 2016)	AV1LT	1	0	0	0
	AV1MP	0	0	0	1
Integralis - Biologia: novas bases (Bizzo, 2016)	BV1LT	0	1	0	0
	BV1MP	0	0	0	1
	BV3LT	0	0	0	1
	BV3MP	0	0	0	1
Ser Protagonista – Biologia (Catani <i>et al.</i> , 2016)	CV1LT	2	1	0	4
	CV1MP	1	0	0	0
Biologia Unidade e Diversidade (Favaretto, 2016)	DV1LT	1	3	1	0
	DV1MP	1	1	0	2
Biologia moderna (Amabis e Martho, 2016)	EV1LT	1	2	2	0
Biologia - (Silva Júnior, Sasson e Caldini Júnior <i>et al.</i> , 2016)	FV1LT	2	1	0	0
	FV1MP	0	0	0	1
	FV3LT	0	0	0	1
	FV3MP	0	0	0	1
Biologia Hoje (Linhares, Gewandszajder Pacca 2016)	GV1LT	0	0	0	1
	GV1MP	0	0	0	1
Bio (Lopes e Rosso, 2016)	IV1LT	1	0	2	0
	IV3LT	1	1	0	0
TOTAL		11	10	5	15

Fonte: Própria do autor.

Aproximadamente 51% das analogias novas foram detectadas em textos-extra e questões e, em torno, de 36% foram inseridas nos textos principais.

O quadro 10 mostra que aproximadamente 64 % das analogias do PNLD 2018 estão nos textos principais dos capítulos, e cerca de 26% estão na forma de questões ou em textos-extra. Mesmo com essas proporções presentes nos livros do PNLD 2018, os quadros 11 e 12 revelam que aproximadamente 56 % e 51%, respectivamente, das analogias retiradas e novas estão na forma de questões e em textos-extra, enquanto 35% e 36%, respectivamente, estão nos textos principais. Uma possível explicação para as analogias novas e retiradas ocorrerem preponderantemente em questões e textos-extra pode estar relacionada ao fato de que a maior parte das mudanças que ocorreu nas coleções de uma edição para outra foi por meio da atualização de novas questões e a mudança dos textos complementares, ao passo que os textos principais apresentaram poucas alterações, porém tal inferência deve ser averiguada por meio de uma pesquisa específica.

Foi realizada a contagem dos diferentes tipos de analogias do PNLD 2018 e foram listados 136 tipos diferentes de analogias dispersas entre as nove coleções analisadas e o quadro completo é apresentado no Apêndice K. Todas as coleções apresentaram pelo menos uma analogia inédita, e houve a repetição de algumas analogias. As quatro analogias mais frequentes foram: a comparação entre a especificidade entre enzimas e substratos com a chave/fechadura, utilizada 19 vezes; a estrutura do DNA comparada a uma escada em espiral, utilizada 17 vezes; a mitocôndria como uma usina de energia, encontrada nove vezes; e a adenosina tri fosfato (ATP) como uma moeda, oito vezes. Essas quatro comparações juntas corresponderam aproximadamente a 23% do total das analogias, relacionadas ao conteúdo de biologia celular, encontradas nos livros. Além do total de vezes em que apareceram, a analogia relacionada ao DNA e à enzima/substrato estavam presentes em oito coleções; ao ATP, em cinco coleções e à mitocôndria, em quatro coleções.

Como no trabalho de Araujo e Guimarães (2017), a analogia DNA/escada, a relação de especificidade entre enzima/substrato como chave/fechadura, e ATP como moeda continuam entre as mais frequentes nos livros. Além dessas três, no PNLD 2018 também foi observado o uso recorrente, por alguns autores, da comparação da mitocôndria e da ATP sintase (complexo enzimático mitocondrial responsável pela produção de ATP) com uma usina de energia e o gerador de energia.

Uma possível explicação para a aparição recorrente dessas quatro analogias pode estar associada ao seu uso histórico e tradicional. Por exemplo, o cientista James Watson, um dos responsáveis pela formulação da estrutura da molécula de

DNA, em seu livro “A dupla hélice”, descreveu a estrutura da molécula como uma escada em espiral (WATSON, 1962). Curtis e Reigeluth (1984) identificaram, na análise de livros didáticos estadunidenses, a presença da analogia da escada com o DNA.

As analogias do ATP/moeda e mitocôndria/usina estão presentes no livro “Biologia Molecular da Célula” (Alberts *et al.*, 2017), uma fonte bibliográfica influente no conteúdo de biologia celular, sendo uma das referências bibliográficas utilizadas pelos autores dos livros do PNLD. Trujillo, Anderson e Pelaez (2015) observou que pesquisadores especialistas na área de biologia celular utilizavam analogias espontaneamente durante suas explicações e Trujillo, Anderson e Pelaez (2016) relacionaram esse uso como próprio do repertório de explicações efetuadas por biólogos.

Nelson e Cox (2014) descreveram o processo histórico de construção do conhecimento sobre o funcionamento das enzimas e relataram que Emil Fischer em 1984, a partir de suas descobertas, postulou que as estruturas das enzimas seriam complementares aos seus substratos, como uma chave e fechadura. Posteriormente, com os avanços e descobertas na área, compreende-se hoje que essa analogia não explica com perfeição o real funcionamento de uma enzima. Porém, como já relatado nesta dissertação, tal analogia permanece nos livros do PNLD. Essa permanência deve-se ao fato de o programa levar em consideração, na área da biologia, a compreensão e o reconhecimento da história da ciência como algo benéfico para o ensino de biologia. No guia que auxilia os professores da rede pública de ensino no momento de seleção dos livros do PNLD biologia tem-se o seguinte:

Compreender essa historicidade ajuda a identificar conceitos e modelos que não são mais considerados cientificamente válidos, mas que já tiveram função importante tanto no campo científico quanto na Didática das Ciências, tendo sido ‘abandonados’ em meio a constantes processos de revisão conceitual. Assim, mais do que representar ‘erros’, tais conceitos e modelos podem ser compreendidos como exemplos da natureza revisionista das ciências e de como se avança a partir da crítica de ideias pré-existentes. Como exemplo dessa questão, podemos destacar o modelo de ação enzimática denominado “chave-fechadura”, que foi muito utilizado, na Ciência e no ensino, para explicar as interações moleculares entre enzimas e substratos. (BRASIL, 2017, p. 18).

A maioria das analogias listadas apareceu apenas uma única vez nas coleções (APÊNDICE K). Ao analisar os conceitos presentes nas analogias foi observada a prevalência de alguns tópicos como a molécula de DNA que é abordada em 15

analogias diferentes para explicar a sua estrutura e função. Outros conteúdos também foram abordados por diferentes analogias como o conceito de proteína, com nove analogias; as células e a membrana plasmática, cada uma com oito analogias diferentes; e a mitocôndria e suas partes constituintes, com cinco analogias diferentes.

Alguns desses alvos, como DNA, enzimas e células, foram encontrados em outra coleção na forma de analogias por Dikmenli (2015) em livro de biologia da Turquia. Trabalhos como os de Grady e Jeanpierre (2011), Woody e Himelblau (2014), Gardner (2016) e Parker (2016) também criaram analogias com intuito de explicar os conceitos de células e organelas, proteínas e DNA. Portanto, foi observado a prevalência desses conteúdos em outros livros didáticos e na literatura específica sobre analogias, tornando assim necessária a realização de outro tipo de pesquisa para a melhor compreensão dessa preferência.

Outro ponto observado foi a presença de análogos repetidos para distintos alvos, como o análogo cidade que é utilizado tanto para explicar a estrutura da célula quanto para o sistema de classificação dos seres vivos. Outros exemplos são a moeda, para comparar tanto a estrutura do tilacoide como a função do ATP; o alfabeto, para explicar a função e estrutura dos ácidos nucleicos e das proteínas; a pilha elétrica, análogo utilizado tanto para o ATP como para mitocôndria; e combustível, relacionando-o com as funções dos carboidratos e com as dos ácidos graxos.

A presença de análogos repetidos para explicar diferentes conceitos científicos revela a variedade de formas que as analogias podem ter. Entretanto, se em um mesmo livro o análogo moeda for utilizado para explicar a estrutura dos tilacoides e, em seguida, para abordar a função do ATP, como ocorreu nas coleções de Mendonça (2016) e Amabis e Martho (2016), poderia induzir o estudante a criar concepções alternativas dos dois conceitos. Esses análogos (cidade, alfabeto, moeda, pilha e combustível), de fato, fazem parte do cotidiano dos estudantes, o que pode ser uma das razões para a utilização frequente pelos autores.

As analogias novas e retiradas também foram listadas e são apresentadas, respectivamente, nos Apêndices L e M. Foram incluídos 32 tipos diferentes de analogias, de um total de 41, e das analogias que foram retiradas havia 60 tipos diferentes, de um total de 76.

A maioria das analogias novas e retiradas das obras não é repetida, e apresenta uma grande variedade de comparações. Dentre as analogias que foram retiradas, acentua-se a exclusão das comparações chave/fechadura com a

enzima/substrato, e a do ATP como moeda (APÊNDICE M). Na lista de analogias novas (APÊNDICE L) as quatro analogias mais recorrentes estão presentes, ou seja, as analogias mais usuais foram acrescentadas nas novas coleções.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS PARTICIPANTES DA PESQUISA

A caracterização das turmas foi realizada pela análise das respostas da primeira parte do questionário prévio (APÊNDICE H). A turma A de DCN era do turno noturno e apresentou o maior número de estudantes matriculados, dentre as três turmas selecionadas. A turma apresentou estudantes jovens e no início do curso com a metade dos estudantes na faixa etária entre 17 e 19 anos e, do total de alunos, 18 estavam cursando o segundo semestre. A turma B de DCN foi a única do turno vespertino e apresentou a maioria estudantes na faixa etária entre 21 e 23 anos. A turma de ESEB era do turno noturno e apresentou os alunos mais avançados no curso, todos acima do oitavo semestre, e a maioria dos estudantes tinha entre 21 e 23 anos.

O quadro 13 mostra a caracterização das turmas quanto ao sexo e em qual sistema de ensino os participantes cursaram o ensino médio (E.M).

Quadro 13 - Caracterização dos participantes da pesquisa quanto ao gênero e o sistema de ensino no qual cursou o ensino médio (E.M.)

Turma	Gênero		Sistema de ensino em que cursou o E.M.		
	Feminino	Masculino	Público	Privado	Ambos
DCN A	16	9	15	10	0
DCN B	13	3	4	12	0
ESEB	8	5	3	8	2
Total	37	17	22	30	2

Em todas as turmas o número de mulheres foi superior ao de homens, e somente a turma A de DCN apresentou mais estudantes que concluíram o ensino médio no sistema público. Entre os 22 estudantes que cursaram o ensino médio no sistema público de ensino, 10 deles cursaram no período de 2016 até 2017, período

em que o PNL D 2015 esteve em vigor, ou seja, possivelmente entraram em contato com os livros didáticos analisados por Araujo e Guimarães (2017).

Com intuito de aferir a familiaridade dos estudantes com os conceitos de biologia celular foi apresentada, no questionário prévio, uma lista de disciplinas obrigatórias do curso de Ciências Biológicas relacionadas ao tema. Do total, quatro estudantes não haviam cursado nenhuma das disciplinas listadas. A maioria dos estudantes da turma B de DCN e ESEB tinham concluído todas as disciplinas apresentadas no questionário, enquanto boa parte dos estudantes da turma A de DCN cursou apenas uma das disciplinas, a citologia.

Muitos estudantes apresentavam experiências acadêmicas extraclasse diversificadas, como participações em monitorias e estágios no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC), no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) e no Programa de Educação Tutorial (PET). Essas experiências abrangiam as diversas áreas da biologia como zoologia, ecologia, botânica, fisiologia, educação e, uma parcela, na área de biologia celular e genética. Alguns alunos não apresentaram nenhuma experiência extraclasse. As disciplinas cursadas e as atividades realizadas pelos estudantes permitem afirmar que a amostra selecionada era diversificada e familiarizada com os conteúdos de biologia celular.

3.3 CONHECIMENTOS PRÉVIOS DOS ESTUDANTES SOBRE ANALOGIAS

A segunda parte do primeiro questionário aplicado buscou constatar determinados aspectos conceituais a respeito de analogias, especificamente os relacionados a biologia celular (APÊNDICE H). Para a primeira pergunta, “Você sabe o que é analogia?”, as respostas foram organizadas em quatro categorias: **Sim** - com resposta afirmativa, observando-se correção nos exemplos ou na definição; **Não/branco** - para a resposta negativa ou ausência de resposta; **Sim/ branco** - com resposta afirmativa, porém sem exemplificar ou definir; e **Sim/errado** com resposta afirmativa, com exemplo ou definição conceituais equivocados. Tais resultados são apresentados no quadro 14.

Quadro 14 - Respostas categorizadas da primeira questão da segunda parte do questionário prévio

Turmas	Questão 1			
	Sim	Não/branco	Sim/branco	Sim/errado
DCN A	9	7	6	3
DCN B	7	2	3	4
ESEB	9	1	3	0
Total	25	10	12	7

Fonte: Própria do autor.

O quadro 14 revela que 25 alunos responderam que sabiam o que é uma analogia e a exemplificaram corretamente, como um estudante da turma de ESEB que definiu e exemplificou uma analogia da seguinte maneira: *“Associar duas coisas que ao mesmo tempo diferentes tem semelhanças. Cérebro com a memória de computadores”*. Outros exemplos de analogias foram compartilhados pelos participantes como a do pudim com passas, fazendo referência ao modelo atômico de Thomson; DNA como cadarços e o complexo enzima e substrato relacionado ao encaixe de uma chave em uma fechadura. Alguns participantes ainda relacionaram suas explicações à prática docente, como foi o caso de um estudante da turma A de DCN: *“Quando o professor faz uma comparação para ficar mais fácil a explicação. As vezes não funciona a analogia”*.

Um total de 10 estudantes responderam que não sabiam ou não responderam o questionamento em pauta. Sete participantes apresentaram respostas afirmativas, explicando de modo equivocado, como a estudante da turma A de DCN que escreveu: *“A funcionalidade pode ser a mesma, porém não são a mesma coisa; por exemplo, asa de um pássaro e a asa de um inseto”*, resposta compartilhada por outros estudantes. Ao invés de realizar uma comparação entre dois domínios distintos, os participantes explicaram um conceito de biologia evolutiva a respeito do desenvolvimento de características morfológicas semelhantes em espécies distintas reconhecidos, em no ensino de evolução, como órgãos análogos. A resposta de uma estudante da turma B de DCN reforça esse ponto de vista: *“Em biologia são órgãos com a mesma funcionalidade, mas com origens embrionárias diferentes. Exemplo: nadadeira de golfinho e baleia ou a asas de insetos e aves”*. Tais respostas foram consideradas equivocadas, pois, nesta pesquisa, a definição adotada de analogia refere-se a comparações entre dois domínios diferentes (DUIT, 1991; AUBUSSON;

HARRISON; RITCHIE, 2006), não sendo o caso da relacionada à biologia evolutiva. Nenhum estudante da turma de ESEB respondeu de maneira equivocada.

Doze estudantes responderam que sabiam “o que é uma analogia”, mas não exemplificaram ou realizaram qualquer explicação sobre o conceito. Alguns desses estudantes responderam que era difícil ou que estavam com dificuldades, como a estudante da turma B de DCN que relatou: “Sei o que é, mas não consigo pensar em exemplos agora”. Ao todo, 25 estudantes definiram com correção “o que é uma analogia”, e 29 não o conseguiram, concluindo-se que apesar do pensamento analógico fazer parte do cotidiano dos participantes, a sua definição não é necessariamente óbvia. Esse desconhecimento técnico, apresentado pelos estudantes, não o desqualificaram para o processo de validação do guia, resultando como estímulo para um esmerado planejamento da atividade didática compartilhada com os participantes, incluindo também tópicos relacionados à definição sobre raciocínio analógico.

A segunda pergunta do questionário prévio buscou identificar se os estudantes eram capazes de comparar alguns conceitos de biologia celular com algo do cotidiano. Os quatro conceitos compartilhados correspondiam às quatro analogias mais utilizadas nos livros do PNLD 2018. Para analisar as respostas da questão, foram criadas cinco categorias: **errada** - quando a resposta não era uma comparação do tipo analógica; **branco** - quando a questão não foi respondida; **estrutura** - quando foi feita uma comparação analógica do tipo estrutural; **função** - quando foi efetuada uma comparação analógica do tipo funcional; e, como **última categoria**, quando o conceito-alvo foi comparado com uma das quatro analogias mais recorrentes nos livros didáticos de biologia do PNLD 2018 como, por exemplo, quando o estudante comparou o DNA com uma escada. Cada conceito-alvo foi analisado separadamente com a compilação dos dados feita no quadro 15.

Quadro 15 - Respostas categorizadas da segunda questão do questionário prévio identificadas pelo assunto específico de biologia celular

DNA					
Turma	Errada	Branco	Analogias		
			Estrutura	Função	Escada
DCN A	5	8	6	5	1
DCN B	3	9	1	3	0
ESEB	2	6	1	2	2
Total	10	23	8	10	3
Mitocôndria					
Turma	Errada	Branco	Analogias		
			Estrutura	Função	Usina
DCN A	2	11	0	8	4
DCN B	2	10	0	1	3
ESEB	2	4	0	3	4
Total	6	25	0	12	11
Complexo enzima e substrato					
Turma	Errada	Branco	Analogias		
			Estrutura	Função	Chave/fechadura
DCN A	1	9	2	4	9
DCN B	2	8	1	0	5
ESEB	3	2	1	0	7
Total	6	19	4	4	21
ATP					
Turma	Errada	Branco	Analogias		
			Estrutura	Função	Moeda
DCN A	9	7	0	9	0
DCN B	6	8	0	1	1
ESEB	2	6	0	2	3
Total	17	21	0	12	4

Fonte: Própria do autor.

Ao compararem o conceito de DNA, 23 estudantes deixaram a questão em branco e 10 não conseguiram comparar o DNA com algo do cotidiano. Esses participantes, ao invés de realizarem uma comparação, explicaram ou exemplificaram o conceito científico relacionado à molécula de DNA, fato perceptível na resposta de um dos estudantes da turma B de DCN: *“Polímero formado por nucleotídeos onde*

está contido a informação genética dos seres vivos. Teste de DNA". No total, 21 estudantes realizaram comparações de forma analógica, com oito comparando a estrutura do DNA a fios e cordas. Dez elaboraram comparações para explicar a função do DNA, como o estudante da turma de ESEB que escreveu: *"É como um dispositivo de armazenamento de dados, onde as bases são unidades de informação"*. Apenas três estudantes mencionaram que o DNA era como uma escada em espiral, com nenhum estudante da turma B de DCN efetuando tal comparação. Em suma, 33 estudantes não conceberam uma analogia clara para a molécula de DNA, e apenas três mencionaram a analogia do DNA/escada, inferindo-se que a comparação do DNA com uma escada em espiral não fazia parte do repertório dos estudantes, mesmo que seu uso seja recorrente em livros didáticos (CURTIS; REIGELUTH, 1984, ARAUJO; GUIMARÃES, 2017) e na comunicação científica (WATSON, 1968).

Para o conceito da organela mitocôndria, 25 estudantes não responderam à questão e seis preencheram o questionário sem realizar uma comparação do tipo analógica, como exemplo tem-se a resposta da estudante da turma de ESEB: *"Tomar pó de guaraná para obter mais energia para o dia"*. No total, 23 licenciandos elaboraram alguma comparação, e com 11 deles contrastando a mitocôndria com algum tipo de usina, tal como segue: *"Como um biodigestor ou uma usina hidroeétrica que consegue gerar energia a partir de outros componentes"*, sendo evidente que o repertório desses alunos coincidiu com o apresentado nos livros didáticos. As outras 12 analogias apresentadas pelos participantes foram do tipo funcional, comparando o conceito-alvo com pulmões, fábricas, motores e até com seres vivos, como a da estudante de ESEB: *"...uma pessoa que ajuda (trabalha em uma empresa dando energia para os funcionários)"*. Nenhuma analogia foi realizada para explicar a estrutura do conceito-alvo (mitocôndria) e 31 estudantes não conseguiram criar uma analogia para a organela celular, resultado similar à analogia anterior.

Ao dedicarem-se à comparação entre o complexo enzima e substrato com algo do cotidiano, 19 isentaram-se em responder (respostas em branco) e seis participantes equivocaram-se em suas respostas como, por exemplo, no relatado pela estudante da turma A de DCN: *"reações, digestão"*, exemplificando o conceito ao invés de elaborar uma analogia. Foram produzidas 29 analogias, dessas, 21 correspondiam à analogia da chave e fechadura. Quatro analogias foram elaboradas no intuito de explicar a função do conceito-alvo (complexo enzima e substrato) comparando-o a facilitadores ou motores. Ao abordarem o aspecto estrutural do conceito-alvo, os

participantes elaboraram quatro analogias que acentuavam a especificidade do encaixe entre a enzima e o substrato, sendo o caso da comparação com um quebra-cabeça. No total, 25 estudantes não conseguiram criar uma analogia para o complexo enzima e substrato.

Ao comparar essa analogia com as duas anteriores (DNA/escada e mitocôndria/usina) e a seguinte (ATP/moeda), os resultados revelaram uma maior popularidade da analogia chave/fechadura entre os participantes desta pesquisa. Como observado por Araujo (informação verbal)¹, a analogia chave/fechadura, nos livros de biologia do PNL D 2015, foi sistematicamente representada por meio de modelos, podendo ser caracterizada como analogia ilustrativa de acordo com o sistema de categorização de Curtis e Reigeluth (1984). A representação imagética não ocorreu com a mesma persistência no caso das outras três analogias inferindo-se que, talvez, as ilustrações nos livros didáticos possam influenciar a permanência de determinada analogia no repertório dos alunos.

Vinte e um estudantes não responderam à questão quando requisitados que comparassem algo do cotidiano com a molécula de adenosina trifosfato (ATP). Dezesete estudantes responderam que o ATP desempenha uma função energética, ou que é obtida dos alimentos, mas não criaram comparações, sendo consideradas respostas “erradas”. Apenas 16 estudantes efetivamente conceberam analogias, sendo que quatro compararam o ATP com uma moeda, com nenhum estudante da turma A de DCN mencionando tal analogia. Um total de 12 analogias foram do tipo funcional, comparando o ATP ao combustível de automóveis ou pilhas elétricas, como descrito por uma estudante de ESEB: *“Como uma bateria (armazena energia e pode ser utilizada quando “necessário”)*”. Nenhuma analogia foi criada para explicar o caráter estrutural e 38 estudantes não criaram uma analogia para o ATP.

Como já salientado, a analogia da chave e fechadura foi a mais mencionada pelos estudantes e determinadas respostas merecem destaque como a de um estudante da turma A de DCN: *“Algo a ver com chave fechadura”*. Na mesma linha deu-se a resposta de um estudante da turma de ESEB: *“A tradicional, chave e fechadura”*. Tais apontamentos podem ser indicativos de que não necessariamente houve a compreensão da analogia, mas é a constatação de que o modelo analógico compunha o repertório de 21 participantes. Outro ponto a salientar trata da resposta

¹ Informação obtida de Carla Medeiros Y Araujo, em janeiro de 2019.

de uma das estudantes da turma B de DCN: “*Chave e fechadura (equivocadamente)*”. Nesse exemplo é interessante perceber que a participante recorda da analogia, citando-a, como também salienta o aspecto equivocado do exemplo. Porém, a resposta não nos permite averiguar a que exatamente a palavra “equivocadamente” fez referência se, por exemplo, aos aspectos bioquímicos salientados por Nelson e Cox (2014) quando analisaram as limitações desse modelo analógico.

Similar ao constatado nas respostas da primeira pergunta do questionário prévio, os estudantes tiveram dificuldades em elaborar analogias a partir de conceitos-alvo. Durante o preenchimento dos questionários foi observado que os participantes discutiam o assunto no transcorrer da elaboração das suas respostas. Na entrega do questionário para o pesquisador, alguns estudantes externaram as suas dificuldades e que não necessariamente conseguiram evocar exemplos analógicos para os conceitos-alvo pautados.

3.4 ANÁLISE DO GUIA SOBRE O USO DE ANALOGIAS PARA O ENSINO DE BIOLOGIA CELULAR REALIZADA PELOS ESTUDANTES

O instrumento orientador intitulado “Guia sobre o uso de analogias para o ensino de biologia celular” foi avaliado pelos estudantes e suas opiniões registradas a partir do preenchimento de um questionário, do discurso ao final da atividade didática e das observações do pesquisador registradas no caderno de campo. As análises dos dados foram compartimentalizadas em função da estrutura do guia, sendo apresentadas e discutidas em seções distintas: os dados relacionados à primeira parte do guia, denominada “Embasamento teórico”, na seção 3.4.1, e os associados à segunda parte do guia, “Analogias em biologia celular mais frequentes em livros didáticos”, na seção 3.4.2.

3.4.1 Análise do guia: primeira parte - Embasamento Teórico

A primeira parte do guia “Embasamento Teórico” buscou informar os principais conceitos sobre o uso de analogias no ensino de biologia (APÊNDICE A). Para avaliar essa parte foram elaboradas três perguntas quanto à clareza do texto ao apresentar os principais conceitos, se as imagens utilizadas eram significativas para o entendimento dos conteúdos e se as etapas do modelo FAR apresentadas eram suficientemente claras. Para cada pergunta era possível responder sim, no caso de afirmação, ou não, no caso de negação. No caso de resposta negativa foi requisitada a explicitação de alguma possível dificuldade. Os resultados dessa análise são apresentados no Quadro 16.

Quadro 16 - Resultados do questionário para análise do guia: embasamento teórico

Turma	Questão 1		Questão 2		Questão 3	
	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não
DCN A	25	0	24	1	25	0
DCN B	16	0	15	1	16	0
ESEB	12	1	12	1	12	1
Total	53	1	51	3	53	1

Fonte: Própria do autor.

Quanto à clareza do texto no momento de apresentar os conteúdos, somente uma estudante achou que não ficou completamente explícito. Para essa estudante, a comparação feita entre a célula e a cidade poderia ser mais inequívoca. Quanto às imagens, três estudantes externaram suas insatisfações. A primeira analisou que as imagens apenas completaram o texto e não acrescentaram tanto na explicação dos conceitos; o segundo estava convicto de que o modelo FAR poderia se apresentado de maneira mais palpável, pois avaliou o modelo como complexo. E a terceira estudante considerou que a analogia histórica da árvore da vida elaborada por Darwin necessita ser explorada no guia. Quanto ao modelo FAR, apenas uma estudante declarou que não gostou do modelo FAR como estratégia didática para o uso de analogias. Determinados comentários merecem destaque, como o do estudante da turma B: *“Entretanto acho que poderia ser ainda melhor a facilitação gráfica e talvez detalhar mais as etapas de ação”*.

Em geral, a parte do guia “Embasamento teórico” foi bem avaliada pelos estudantes, sendo compartilhadas algumas sugestões de alterações, como o acréscimo de uma imagem de uma célula no local do exemplo sobre analogias, isto é, na figura 1 do Apêndice A. Também foi sugerida uma explicação mais elaborada sobre o modelo FAR para torná-lo mais compreensível.

A fundamentação teórica apresentou como objetivo abordar os conceitos essenciais sobre analogias sucintamente, e a partir das sugestões de alguns estudantes algumas mudanças foram feitas buscando explicar de maneira mais explícita os conceitos. Foi acrescentado, na versão final do guia (APÊNDICE N), outro exemplo de analogia para a célula, no intuito de exemplificar uma relação analógica estrutural de acordo com a definição estabelecido por Curtis e Reigeluth (1984).

Outra modificação efetuada no guia final relaciona-se ao exemplo de um raciocínio analógico histórico elaborado por Darwin e ilustrado no Apêndice A (Figura 3). De fato, como acentuado por uma das participantes, notou-se que a mera ilustração um rascunho feito por Darwin e relacionado à árvore evolutiva, sem um complemento textual, em nada acrescentou o almejado embasamento teórico para o guia. Outra alteração na versão final do guia pautou-se em esclarecer um pouco mais o modelo FAR. Não ampliando em demasia o texto, foram acrescentadas definições sobre as três etapas do modelo FAR.

3.4.2 Análise do guia: segunda parte - Analogias em biologia celular mais usuais em livros didáticos

A segunda parte do guia, intitulada Analogias em biologia celular mais frequentes em livros didáticos (APÊNDICES B a E), apresentou as quatro analogias mais usuais encontradas nos livros didáticos do PNLD 2018 (DNA/escada, enzima-substrato/chave-fechadura, ATP/moeda e mitocôndria/usina de energia). A análise da segunda parte foi feita para cada analogia em separado. No total, 17 estudantes analisaram a analogia ATP/moeda, 15 a analogia do DNA/escada, 13 a da mitocôndria/usina e nove o complexo enzima e substrato/chave e fechadura.

A avaliação dos estudantes em relação as três fases do FAR e sua aplicabilidade no contexto escolar são compartilhadas, para cada analogia, no quadro 17.

Quadro 17 - Resultados do questionário referente às distintas analogias

ATP									
Questão 1		Questão 2		Questão 3		Questão 4		Questão 5	
Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não
17	0	17	0	17	0	17	0	17	0
DNA									
Questão 1		Questão 2		Questão 3		Questão 4		Questão 5	
Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não
12	3	14	1	12	3	15	0	14	1
Mitocôndria									
Questão 1		Questão 2		Questão 3		Questão 4		Questão 5	
Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não
12	1	13	0	13	0	13	0	13	0
Complexo enzima e substrato									
Questão 1		Questão 2		Questão 3		Questão 4		Questão 5	
Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não
7	2	9	0	9	0	9	0	8	1

Fonte: Própria do autor.

O guia desenvolvido para a analogia do ATP/moeda foi avaliado positivamente em todos os quesitos. Apesar disso, alguns estudantes comentaram que a analogia deveria ser utilizada com cautela para evitar interpretações equivocadas do conceito científico.

A parte do guia relacionada ao DNA, em geral, foi bem avaliada. Entretanto, alguns alunos não concordaram com alguns trechos do guia relatando, por exemplo, seu descontentamento com o fato da analogia da escada servir apenas para explicar a estrutura e não possibilitar a explicação da função da molécula de DNA.

Acentuaram também que a imagem adotada para exemplificar a escada (APÊNDICE B, Figura 1) poderia gerar confusão, por não ilustrar uma escada com dois corrimões, que seria mais adequada para a comparação com o modelo da estrutura molecular do DNA. Diante dessa observação, optou pela alteração da imagem (APÊNDICE N).

Na terceira parte do guia (Reflexão) foi citado o seguinte: “Seria interessante trazer outra analogia para os estudantes para explicar a função do DNA, como a analogia entre o DNA e o alfabeto?” (APÊNDICE B, Reflexão, Aperfeiçoamentos). De acordo com um dos grupos que analisou essa analogia, tal analogia não ficou óbvia, requerendo maiores explicações. O modelo FAR é um recurso didático que serve para planejar o uso de analogias no ambiente escolar, estimulando a reflexão sobre esse uso, não tendo como finalidade exaurir as possibilidades de aperfeiçoamentos. Portanto, diante do fato de que a mera citação da analogia (DNA/alfabeto) não se revelou autoexplicativa, necessitando estendê-la por meio de um mapeamento, optou-se por suprimi-la como exemplo no guia final (APÊNDICE N).

A analogia relacionada à mitocôndria (APÊNDICE E), com exceção de uma resposta, foi avaliada positivamente. Uma estudante recomendou que na primeira etapa do modelo FAR (Foco) a explicação do análogo deveria estar próxima a do conceito-alvo e não entremeada pelas projeções das possíveis concepções dos estudantes em relação ao conceito-alvo. Tal reposicionamento, na análise da participante, poderia facilitar a compreensão da analogia. O guia final (APÊNDICE N) foi modificado acatando a recomendação da estudante, pois os quadros do alvo e análogo próximos, como sugerido, podem realmente facilitar a compreensão do leitor.

A chave e fechadura (APÊNDICE C) foi a analogia que teve o menor número de avaliações por parte dos participantes, com prevalência de avaliações positivas. Dois pontos que merecem destaque foram mencionados nos comentários dos participantes. O primeiro comentário relacionou-se à etapa Foco do modelo FAR ao mencionar, no item Estudante, no qual afirma-se que os fermentos podem compor o conhecimento prévio dos estudantes a respeito do conceito-alvo. Contudo, essa evocação do conhecimento prévio dos estudantes não ficou explícita para duas estudantes. Diante disso, decidiu-se por reescrever, para essa analogia, o item Estudante da etapa Foco do guia final (APÊNDICE N), optando-se pelo exemplo das enzimas digestivas.

Um segundo aspecto pertinente a essa analogia relacionou-se com a análise de uma das estudantes concluindo que não empregaria a analogia chave e fechadura em sala de aula em função das inúmeras diferenças elencadas no mapeamento da etapa Ação do guia (APÊNDICE C), pois essas limitações poderiam suscitar dúvidas. Apesar do comentário ser pertinente, recorda-se que, como já citado, a analogia chave/fechadura segue nas últimas duas edições do PNLD, como constatado por

Araujo e Guimarães (2017) e nesta pesquisa, resultado da anuência da própria equipe de avaliadores dos livros de biologia (BRASIL, 2017).

Em geral, a segunda parte do guia que desenvolve o modelo FAR para determinadas analogias de biologia celular foi avaliada de modo positivo pelos participantes. Mesmo com o compartilhamento de algumas críticas e ressalvas, 52 estudantes afirmaram que usariam o guia em sala de aula, tecendo recomendações quanto ao formato e conteúdo. Apenas dois estudantes responderam que não fariam uso do guia em sala de aula, alegando não gostar da analogia que receberam para efetuar a análise ou por não se sentirem à vontade em empregar analogias como recursos pedagógicos. A questão 4 abordou se o guia proposto auxiliaria na condução de uma aula de biologia celular que tivesse analogias, e todas as respostas foram positivas sem nenhum tipo de ressalva.

Quanto ao uso do guia em sala de aula (APÊNDICE J, questão 5) foi demandado aos estudantes, em caso de respostas afirmativas, que respondessem em quais situações empregariam o material didático. As respostas foram contabilizadas e analisadas em seis categorias: **Consulta** - com o guia servindo para auxiliar na formulação das aulas ou como material de estudo; **Introdução** - para apresentar um conteúdo científico novo aos alunos; **Explicação**, para explicar o conteúdo; **Branco** - quando o estudante respondeu que utilizaria, mas não indicou a maneira como o faria; e **Não** - para os estudantes que não fariam uso do guia. A categoria Explicação foi subdividida em duas subcategorias: **Inicial** - quando a resposta indica que o participante usaria a analogia para explicar um conteúdo científico novo e **Posterior** – ao indicar que o guia só seria empregado após uma explicação prévia do conceito-alvo ou para sanar dúvidas que poderiam surgir. Os resultados dessa enquete estão compilados no quadro 18.

Quadro 18 – Resultados das respostas dos estudantes acerca da questão 5 do questionário relacionado à análise do guia

Consulta	Introdução	Explicação		Branco	Não
		Inicial	Posterior		
9	6	24	11	2	2

Fonte: Própria do autor.

O quadro 18 evidencia que dois estudantes responderam que não utilizariam o guia em sala de aula, e outros dois estudantes não responderam em quais situações fariam uso do guia. Nove estudantes responderam que o adotariam para consultar e estudar, como exposto na resposta de um estudante da turma A de DCN: *“Principalmente no planejamento das aulas, trabalhando com a zona de desenvolvimento proximal dos alunos”*. Seis estudantes recorreriam às analogias para apresentar novos conteúdos, ponto de vista evidenciado na resposta de uma aluna da turma B de DCN: *“Usaria como uma forma introdutória da aula, para deixar a mente dos alunos já aberta em relação ao assunto.”*

Um total de 35 licenciandos explicariam os conteúdos de biologia celular com o auxílio das analogias do guia desenvolvido no âmbito desta dissertação. Desse total, 24 participantes adotariam as analogias para começar a explicar os conceitos celulares, como expõe a estudante de ESEB: *“Justamente na situação de explicar sobre esse assunto em biologia, pois acho bem mais claro e fácil de aprender se você compara algo que você já sabe com algo que gostaria de aprender”*. Já os outros 11 participantes também adotariam as analogias para explicar os conceitos científicos, mas como uma segunda opção e após uma explicação prévia do conceito-alvo, situação exemplificada na resposta da estudante da turma A de DCN: *“Eu usaria para consolidar o conceito de estrutura de DNA após uma aula expositiva sobre cada um dos elementos”*. Nota-se, nessas considerações, que a maior parte dos participantes (24) opta por utilizar o guia na perspectiva apontada por Glynn (1991) e Glynn e Takahashi (1998), segundo os qual analogias podem beneficiar a aprendizagem de novos conceitos desempenhando um papel importante na interpretação de modelos complexos da ciência, ao fornecerem modelos mentais a partir de análogos familiares que, embora limitados, esclarecem os fenômenos naturais até a aprendizagem de modelos mais explicativos e elaborados.

A última pergunta do questionário (APÊNDICE J, questão 6) foi do tipo aberta para que cada estudante pudesse tecer seus comentários e recomendações. As respostas foram catalogadas em sete categorias: **Branco** - quando não havia comentários e/ou recomendações; **Elogios** - quando eram exaltadas as qualidades do guia; **Sugestão de prática** - quando ocorreu alguma recomendação sobre o uso do guia; **Recomendações** - quando uma sugestão sobre o guia era efetuada.

Na categoria **Recomendações**, as considerações dos participantes relacionaram-se ao conteúdo ou à forma do guia, com **Conteúdo** e **Forma**

caracterizando-se como duas subcategorias. Na subcategoria Conteúdo, os comentários tiveram relação com a reconsideração ou o acréscimo de alguma informação, originando as subcategorias **Reformulação** e **Adição**, respectivamente. Comentários e/ou recomendações relacionadas à Forma referiam-se às **Imagens** escolhidas ou à **Estrutura** do guia, originando mais duas subcategorias. Os resultados dessa análise são compartilhados no quadro 19.

Quadro 19 - Resultados das respostas dos estudantes acerca da questão 6 do questionário relacionado à análise do guia

Branco	Elogios	Sugestão de prática	Recomendações			
			Conteúdo		Forma	
			Reformulação	Adição	Imagens	Estrutura
15	13	2	11	9	6	3

Fonte: Própria do autor.

Quinze licenciandos não acrescentaram nenhum comentário ao final do questionário, e 13 exaltaram o guia. Duas estudantes propuseram dois modos de trabalhar com as analogias, a primeira propôs que o professor pudesse passar uma atividade para que seus alunos criassem suas próprias analogias para explicar o conteúdo. Uma segunda participante apresentou uma sugestão de simulação a ser realizada com estudantes para explicar a função das organelas:

“Uma prática que eu credito que seja interessante aplicando esse guia se dividir as crianças em grupos e denominadas uma organela para cada e simular o funcionamento da célula e as funções de cada organela”.

Estratégia de ensino de natureza similar à sugerida pela participante foi efetivada por Takemura e Kurabayashi (2014) para tratar dos processos de tradução e transcrição de RNA, por meio de encenação na qual os estudantes representavam alguns dos componentes celulares. Ressalta-se novamente que, na pesquisa do grupo japonês, foi percebida a persistência de concepções equivocadas em relação aos conceitos-alvo após a aplicação da estratégia de ensino. Acentua-se também as precauções a serem tomadas quanto a antropomorfizar o discurso biológico em sala de aula, característica do ensino de biologia que tem sido evitada no próprio PNLD quando da seleção dos livros didáticos de biologia (BRASIL, 2017). Porém, tanto nos

livros de biologia do PNLD 2018 e nesta dissertação, as analogias empregadas para auxiliar a compreensão de conceitos relacionados à célula possuem, sem exceção, características relacionadas ao ser humano: uma escada em espiral, planejada e construída pelo ser humano; uma chave que abre uma fechadura, artefatos elaborados pelo ser humano; o ato de comprar, ação peculiar a nossa espécie, e a usina de energia, estabelecimento industrial planejado e construído pelo ser humano.

Quanto ao conteúdo, 11 respostas sugeriram algum tipo de modificação ou indicavam algum ponto de discordância com o guia, sendo compiladas na subcategoria Reformulação. Nesse quesito, uma estudante da turma B de DCN, ao se reportar à analogia da escada em espiral para o DNA, acentuou:

“Na etapa ação, poderia estar mais clara a diferença entre os degraus e as bases nitrogenadas. Uma única estrutura maciça e a ligação de dois elementos diferentes, respectivamente. Na etapa foco, poderia ressaltar que o conceito de DNA é abstrato e com muitas características estruturais”.

No guia final (APÊNDICE N), parte da sugestão da participante foi incorporada na etapa Ação, quando do mapeamento entre as diferenças dos degraus da escada em espiral e a molécula de DNA. É notório que, como já bem estabelecido na literatura pertinente (GLYNN, 1991; TREAGUST, HARRISON E VENVILLE, 1998), o mapeamento entre as características da analogia com as do conceito-alvo é atividade essencial a ser feita em sala de aula e/ou no planejamento do uso de determinada analogia pelo professor. E, mesmo adotando no guia um modelo já estabelecido para o uso da analogia, o modelo FAR, a comparação trouxe dúvida à participante. Ressalta-se quantas mais dúvidas não surgem no imaginário estudantil ao se depararem com o conteúdo de caráter abstrato, como o de biologia celular, e encontrarem nos livros didáticos de biologia do PNLD quase 80% das analogias do tipo simples, de acordo com Araujo e Guimarães (2017) para o PNLD 2015, isto é, analogias consideradas por Curtis e Reigeluth (1984) como as de nível mais básico, apresentadas ao leitor sem adição de suas limitações e de suas características, delegando ao usuário do livro didático a interpretação da comparação analógica apresentada pelo autor.

O caráter abstrato do assunto em pauta, característica realçada pela mesma estudante, não foi destacado no guia unicamente para a molécula de DNA, mas já havia sido indicado no embasamento teórico da primeira versão do instrumento didático (APÊNDICE A), ao se apresentar a definição de analogias, permanecendo na versão final (APÊNDICE N).

Nove estudantes propuseram adições no guia com o propósito de incrementá-lo, como ilustrado na sugestão de uma analogia para o ATP feita por um aluno da turma A de DCN:

“Talvez a inclusão de algumas outras diferenças no exemplo de ação, para que fique um pouco mais específico o entendimento da função do ATP e não de sua estrutura.”

Tal sugestão não foi seguida *ipsis litteris*, sendo debatida na seção 3.4.3 (Análise do guia: Analogia do ATP como moeda), resultando na alteração da imagem inicial (APÊNDICE D, Figura 5) que retratava uma pilha de moedas para uma figura que revela um processo, o ato de utilizar dinheiro para adquirir algo (APÊNDICE N, figura 8), sendo que essa é a essência da analogia em pauta (ATP como uma moeda).

A respeito das recomendações relacionadas à forma do guia, seis comentários estavam relacionados às imagens selecionadas, exemplificando-se com a fala de uma estudante de ESEB: “Mudar a imagem da escada, colocar alguma com dois corrimões e com degraus coloridos, simbolizando as bases (desenho colorido)”. Cabe ressaltar que tal sugestão reaparece mais a frente quando se compartilham os resultados das analogias, com discussão efetuada na seção 3.4.4 (Análise do guia: Analogia do DNA como escada em espiral).

Quanto à estrutura do trabalho, apenas três comentários foram efetuados, salientando-se a recomendação de um estudante da turma A de DCN: “*Você poderia já elaborar o guia colorido para facilitar a leitura para quem tem dificuldades para ler*”. Tal recomendação foi plenamente absorvida na edição do guia (APÊNDICE N), ressaltando-se que os Apêndices de A a E eram originalmente coloridos, porém foram apresentados ao público-alvo em impressão em papel, sem cores.

Além de serem evidenciadas nas respostas escritas à pergunta 6 do “Questionário para análise do guia – questões sobre a segunda parte do guia” (APÊNDICE J), as mesmas e outras opiniões e recomendações dos licenciandos também foram externadas durante a interação do pesquisador com os grupos de alunos nas atividades de validação do guia, assim como, durante a socialização das análises e opiniões no momento final da intervenção (APÊNDICE F, Momento 5).

Alguns desses comentários também estavam conectados aos pontos gerais do guia, como sua estrutura, organização das informações e preferências de *layout*. Uma estudante da turma A de DCN elaborou a seguinte crítica:

“Na parte do trecho de livro do PNLD para mim não ficou claro se é considerado um bom ou mal emprego da analogia. Como aparece uma única frase, não consegui avaliar se a analogia foi bem incorporada e explicada pelo autor. O quanto se deve aprofundar no entendimento do funcionamento da usina para o funcionamento da mitocôndria e quanto deve manter simples para o conhecimento ser acessível?”

A aluna referia-se ao segmento do guia denominado “Trecho de livro do PNLD”, presente em cada analogia e anexado às etapas do modelo FAR (APÊNDICES B a E), elaborado para revelar ao leitor um exemplo de como aquela determinada analogia foi adotada no livro didático de biologia do PNLD 2018. Porém, com a intervenção da participante, precisei ponderar com cuidado se o exemplo escolhido será avaliado pelo usuário do guia como um modelo a ser seguido ou apenas um exemplo de como é apresentado no livro didático.

Como já enfatizado, Araujo e Guimarães (2017) aferiram que aproximadamente 80% das analogias referentes à biologia celular nos livros didáticos de biologia do PNLD 2015 pôde ser categorizada como sendo do tipo simples. Ao escolher os trechos dos livros didáticos, esforcei-me para utilizar os autores que apresentavam analogias do tipo enriquecida e estendida, como perceptível no trecho de livro PNLD referente à analogia DNA/escada em espiral, transcrito de Júnior *et al.* (2017). O mesmo percebe-se na passagem escolhida para o guia feita a partir de Amabis e Martho (2016, p. 140) que finalizam a apresentação do domínio alvo (molécula de ATP) com o seguinte: “Alguns cientistas comparam o ATP a uma “moeda energética”, que circula dentro da célula e custeia os gastos metabólicos.” Cuidado também foi tomado ao tratar da analogia usina de energia quando comparada a mitocôndria, encontrando-se em Bizzo (2016, p. 143) trecho que, ao explicar o bombeamento de prótons pela ATP sintase realiza uma comparação a um gerador de usina hidrelétrica (rotor molecular) aos moldes do efetuado por Alberts *et al.* (2017). Porém, mesmo com intensa busca, o mesmo não ocorre com o trecho do livro relacionado à chave e fechadura, retirado de Catani *et al.* (2016), apresenta a analogia sem suas características, apenas finalizando a explicação conceito científico (complexo substrato/enzima) comparando-o “...como uma chave com sua fechadura.”

Para a versão final do guia (APÊNDICE N), todas as transcrições dos trechos foram mantidas, apenas modificando-se o título de “Trecho de livro do PNLD” (APÊNDICES B a E) para “Como é utilizado em livros do PNLD” (APÊNDICE N), para que o leitor do guia possa perceber que cada trecho transcrito é apenas como o autor

do livro didático apresenta a analogia explorada no guia. Infere-se que o usuário do guia também seja usuário do livro didático de biologia e perceba que o guia apresentado compartilha exatamente o que falta no livro: o uso planejado da analogia em pauta.

Outra recomendação foi aventada pela estudante AL:

“Eu achei uma coisa legal, por que sempre que me falaram analogias eu não lembro das pessoas falarem quais eram as coisas diferentes, eu lembro delas falarem das coisas que são parecidas ... e isso pode causar concepções alternativas, e isso é um ponto também, eu acho que o guia devia ter exemplos de o que seriam concepções alternativas.”

A sugestão da participante relaciona-se diretamente com as pesquisas feitas por Wichaidit *et al.* (2011) e Takemura e Kurabayashi (2014) que, por meio de pesquisas, puderam traçar paralelos entre as concepções prévias dos alunos e as adquiridas após o uso de modelos analógicos, identificando a permanência ou surgimento de concepções alternativas ao conceito científico (domínio alvo). Considera-se que a inserção de concepções alternativas foge ao escopo do guia desenvolvido por meio desta dissertação.

Após a apresentação dialogada realizada pelo pesquisador, uma estudante da turma A de DCN questionou sobre o uso de analogias em uma turma de educação de jovens e adultos (EJA), por conta da diversidade de estudantes. Outro comentário feito a respeito da diversidade e o uso de analogias foi realizado por outra estudante da turma A de DCN, que escreveu:

“Tentar adaptar o guia para diferentes regiões, pois cada um tem seu jeitinho. Por exemplo, para jovens nordestinos assim como eu, seria muito legal se as comparações fossem feitas com o meio rural (fazendas).”

As duas recomendações convergem para o mesmo ponto, uso de analogias em situações diversas. As ponderações das estudantes são válidas, pois o uso de analogias busca adotar um análogo presente no cotidiano e conhecido por todos, todavia, no espaço educacional, muitas vezes há diferentes realidades. Não é possível que o guia consiga abranger todas as situações possíveis, mas pode servir como orientador para que cada professor possa construir suas próprias analogias a partir dos modelos apresentados.

A recomendação mais recorrente dos estudantes foi a de acrescentar outras analogias para os conceitos-alvo, exemplificando-se com a resposta do estudante da turma B de DCN:

“O guia está ótimo e gostei muito dele, por destacar as analogias mais usadas e sugeriria talvez que o guia trouxesse outras analogias menos conhecidas também para que os problemas fugissem um pouco do tradicional.”

Acentua-se que um dos objetivos específicos desta dissertação de mestrado profissional foi o de elaborar um instrumento didático, denominado guia, para orientar a utilização de analogias de biologia celular em sala de aula, especificamente as mais recorrentes nos livros didáticos de biologia do PNL D 2018. Portanto, para fins de conclusão deste guia, no âmbito deste trabalho acadêmico, apenas as quatro analogias mais usuais (DNA/escada, ATP/moeda, mitocôndria/usina e enzima e substrato/chave e fechadura) foram mantidas na versão final do material didático.

Em relação à estrutura do guia, um participante sugeriu o seguinte:

“Não sei se cabe na parte do foco ou ação, fazer subdivisões do que estar a ser comparado: morfologia, função, pois pode facilitar na busca do análogo e no entendimento do aluno caso isso seja esclarecido antes.”

A recomendação do estudante foi pertinente ao uso de analogias, dado que reconhecer os limites da analogia é um ponto chave para o uso adequado desse recurso didático. Venville (2008) esclarece os cuidados necessários a serem tomados nas duas primeiras etapas (Foco e Ação) para que as características do análogo e do alvo sejam esclarecidas aos estudantes. Essas orientações foram seguidas no momento do desenvolvimento da versão inicial do guia (APÊNDICES A a E). Entretanto, os estudantes ainda apresentaram dificuldades de reconhecer que uma analogia pode ser apenas do tipo funcional ou estrutural, como categorizado por Curtis e Reigeluth (1984), e sabe-se que reconhecer os limites da analogia é fundamental para o uso adequado do raciocínio analógico. Dessa maneira foi incorporado à versão final do guia (APÊNDICE N), na etapa Foco do modelo FAR, um item denominado “Tipo de analogia” com a categorização da analogia, se estrutural ou funcional.

Além dos comentários voltados para a melhoria do guia, muitos apontamentos dos participantes visaram especificamente cada uma das quatro analogias apresentadas. A seguir serão apresentados, em detalhes, os comentários feitos de acordo com cada analogia.

3.4.3 Análise do guia: Analogia do ATP como moeda

A analogia do ATP como moeda (APÊNDICE D) foi a parte do guia que mais participantes (17) avaliaram nas dinâmicas de grupo. No transcorrer da interação do pesquisador com os grupos de estudantes, questionou-se se havia familiaridade com a analogia e, em apenas um grupo, não houve constatação positiva.

Dois estudantes, de grupos distintos, externaram opiniões ao apresentarem suas observações sobre a analogia ATP/moeda na dinâmica de grupo. O estudante D acentuou que:

“É porque ... eu não sei, eu acho que dificulta mais o entendimento do aluno você associar duas coisas que não tem muito a ver, por exemplo ... economia e biologia, pelo menos para mim eu nunca tinha visto essa analogia. Para mim acho que dificultaria o entendimento, para mim é mais fácil você associar, por exemplo, ATP à combustível. E aí, o combustível é necessário para você mover o carro, e o carro seria a célula por exemplo (...) aí a gente pensou nisso, né. O nosso medo seria dificultar o entendimento do aluno, então às vezes ele embaralhar um pouco as coisas e o fato da moeda não mudar o valor, e do ATP mudar e isso embaralhar um pouco mesmo a gente tentando deixar claro e aí foi esse o nosso posicionamento.”

Em outra turma, o estudante G também argumentou:

“A gente ficou com esse exemplo do ATP e da moeda, que o ATP é a moeda de troca. No meu ponto de vista ele é um ... uma analogia que é ao mesmo tempo que ela é boa, ela é ruim, porque ela só trata da questão da função, ela não está nada relacionada com a estrutura do ATP em si, como ele funciona, que o ATP a gente sabe que ele também está ali relacionado com o reagente e nas reações, e a moeda só está ali mostrando tipo ... a função básica ali do ATP que é só transmitir ali energia para as reações nos organismos acontecerem. Então, esse ponto eu acho que é meio difícil a concepção de os alunos em relação à ... estrutura de como acontece essas reações só fazendo a analogia com a moeda.”

O estudante D abordou que os domínios são muito diferentes e isso pode dificultar a aprendizagem. Porém, argumenta-se que toda analogia é baseada em domínios distintos, sendo fundamental para a compreensão não a proximidade dos domínios, mas se o análogo é reconhecido e se as relações analógicas são esclarecidas, como explorado por meio do modelo FAR (TREAGUST; HARRISON; VENVILLE, 1998, HARRISON; TREAGUST, 2006).

O estudante G argumentou que o fato de a analogia ser apenas funcional pode ser ruim para a compreensão do conceito como um todo, mas, todas as analogias por definição são limitadas (DUIT, 1991). A estudante L também expressou opinião semelhante aos colegas a respeito da analogia ATP/moeda, porém oferecendo uma sugestão:

“Eu acho que também que podia deixar um pouquinho mais (...) claro que a gente comentou com você da função e não da estrutura, porque se alguém vier com um pensamento mais complexo igual a gente, assim, querendo tentar ... entender mais o ATP, aí fica mais difícil. Não dá para entender muito bem. Mas, está ótimo só deixa um pouquinho mais claro que é a função ... só para não ter esse tipo de confundir.”

A estudante mencionou que, inicialmente, teve dificuldades para compreender a analogia e somente após a explicação feita pelo pesquisador sobre os limites da analogia é que suas dúvidas foram esclarecidas. Cabe ressaltar que estudantes mencionaram, também nos questionários, que a analogia da moeda não era eficiente por ser apenas funcional.

Ao se levar em consideração essas valiosas opiniões, e ampliando essa discussão para as outras analogias abordadas no guia, decidiu-se aumentar a visibilidade sobre a conceituação do tipo de analogia, passando-se a enfatizar nele a qual categoria cada analogia pertence, de acordo com o sistema de categorização elaborado por Curtis e Reigeluth (1984), fato já salientado no término da seção 3.4.2 (Análise do guia: segunda parte - Analogias em biologia celular mais frequentes em livros didáticos).

Outro aspecto foi abordado na análise feita pela estudante LA:

“Eu ... a gente achou que poderia ter um pouco mais, assim não sei ... talvez o texto ficar um pouco mais claro na questão de ser autossuficiente, de não precisar de uma explicação adicional, principalmente nessa parte do ... da reflexão do aperfeiçoamento que tem assim ... como um caminhão transportador. Pelo menos, no nosso grupo, a gente nunca tinha visto essa analogia antes, então realmente o primeiro contato que a gente teve foi com o texto e ... talvez assim ... se a gente tivesse tido um contato prévio, a gente conseguisse aproveitar melhor o texto. Ficou bacana, a gente gostou assim, mas faltou isso de ele ser mais autossuficiente.”

A crítica da aluna foi pertinente à etapa de Reflexão do modelo FAR da analogia ATP/moeda (APÊNDICE D). No item Aperfeiçoamentos é sugerida uma outra analogia para explicar a estrutura da molécula de ATP, comparando-o a um caminhão transportador. Porém, após receber a crítica da participante, percebeu-se que a sugestão exige mais explicação para poder ser compreendida por qualquer leitor do guia. Para a versão final do guia (APÊNDICE N), optou-se pela retirada da comparação do ATP com um caminhão transportador do referido item, apenas permanecendo o estímulo a refletir sobre outras analogias.

3.4.4 Análise do guia: Analogia do DNA como escada em espiral

A analogia que compara o DNA com uma escada em espiral (APÊNDICE B) foi avaliada por quinze participantes. Como a analogia do ATP/moeda, alguns licenciandos tiveram dificuldades em reconhecer os limites da analogia do DNA/escada, exclusivamente estrutural. A fala do estudante MA exemplifica esse aspecto:

“E aí a gente discutiu, a gente achou bem interessante para... na questão realmente da estrutura, mas que poderia ser complicado na hora de explicar a função, que algumas coisas ... do DNA a pessoa poderia ter dificuldade para entender com função, seria ... mais para estrutura mesmo.”

Similar à análise da analogia do ATP/moeda, o grupo de estudantes apresentou dificuldade para compreender que uma analogia pode ser apenas estrutural.

A estudante N sugeriu que o guia apresentasse de maneira mais óbvia qual é o tipo de analogia:

“...a gente comentou ... você deu o questionário eu não sei se estava pedindo analogia com estrutura, mas eu coloquei que o DNA era um livro, um abc, um livro de receitas ... então especificar aqui a escada é estrutura. Tem escrito aqui na reflexão ... ficou claro que a analogia compara a estrutura entre os dois domínios e não as suas funções.”

A estudante ressaltou que compreendeu o modelo analógico, mas recomendou a inserção no guia de maior ênfase sobre o fato de ser exclusivamente estrutural. Observa-se, nos depoimentos acima, que mesmo sem a indicação no guia, a participante foi capaz de elaborar outras analogias relacionadas com a função do conceito-alvo.

A estudante E comentou sobre o análogo em pauta:

“A gente estava comentando um pouco antes sobre ... se é comum ou não essas escadas em espiral hoje em dia, por que eu não me lembro de muitas, então talvez seja um ponto a ser discutido. (...) A gente comentou apenas sobre ... deixar um pouco mais claro essas diferenças entre a estrutura maciça do degrau e a ligação de dois elementos, e a gente tinha até conversado de ... talvez se fosse uma escada na escola mesmo poderiam rolar uma intervenção de pintar um lado e pintar de outro para eles verem que eram dois elementos diferentes.”

A estudante E nitidamente questionou se o análogo (escada em espiral) faz parte do seu cotidiano, e propôs uma atividade escolar para explorar de forma mais eficiente a analogia. Enfatiza-se que em todo modelo analógico, o análogo precisa ser reconhecido pelo receptor, portanto, o ponto de vista da participante é relevante no contexto escolar (Venville, 2008). Uma solução para esse problema pode ocorrer a

partir da procura de uma escada nas proximidades da escola para mostrar aos estudantes, permitindo que eles subam, olhem e compreendam a composição da estrutura.

A estudante N fez uma observação sobre outro aspecto do guia para esta analogia:

“Uma coisa que eu pensei agora ... porque essas escadas, por exemplo a que está mostrando aqui, ela tem um corrimão só. Então tipo teria que dizer que uma das diferenças é que são duas ... coisas porque parece que é uma coisa só enrolada nela mesma não duas coisas (... uma dupla hélice, parece que é só uma fita – complemento da estudante E). É por que nessa foto aqui tem uma linha reta descendo.”

A estudante N percebeu que a imagem selecionada para ilustrar a escada em espiral no guia (APÊNDICE B, figura 1) apresentava apenas um corrimão, o que poderia atrapalhar a comparação entre os dois domínios. Essa observação feita pela estudante foi recorrente em outras turmas, portanto a seleção de outra imagem para o guia final tornou-se essencial e foi efetuada (APÊNDICE N, figura 4). Salieta-se que tal fato já havia sido detectado por meio das análises dos questionários e foi abordado na seção 3.4.2 (Análise do guia: segunda parte - Analogias em biologia celular mais frequentes em livros didáticos).

3.4.5 Análise do guia: Analogia da mitocôndria como usina de energia

No guia, o conceito de mitocôndria foi explicado de forma analógica comparando o funcionamento da organela ao de uma usina de energia. Porém, estudantes das três turmas questionaram sobre a viabilidade do uso do análogo. Na turma A de DCN, após a apresentação oral efetuada pelo pesquisador, um estudante questionou como usar uma analogia que contém um análogo de difícil compreensão, como o é a usina de energia. Esse mesmo questionamento se manteve quando os estudantes partiram para a realização das atividades em grupos, ao receberem a analogia mitocôndria/usina de energia para análise.

As opiniões sobre a analogia foram divergentes. Por exemplo, o estudante GU comentou que:

“A gente achou ... eu acho a analogia muito boa, só que a gente entrou em consenso aqui no grupo, é que a usina talvez seja assim um pouco mais afastada assim da realidade dos alunos. A galera pode ter um pouco de dificuldade para interpretar, então eu acho que assim, para corrigir isso ... abordar um pouco sobre a usina, né? Sobre as etapas da usina, no caso da mitocôndria da fabricação ... produção de ATP ... é na bioquímica a gente têm o ciclo de Krebs, a fosforilação, oxidativa, que para quem não fez ainda vai ter um pouco dificuldade de entender. No geral, eu achei muito boa essa analogia e acho que explorar também os exemplos, que no caso a gente não tem nenhuma, a gente pensou aqui, mas não encontrou...eu acho que já o caso da imagem que foi colocada aqui ... só explicar ela, explicar a imagem já sana tudo, já dá para você nortear um pouco mais a analogia.”

Por outro lado, a estudante CA argumentou que:

“Outra coisa eu acho que tinha que ser uma coisa fácil, porque se ... por exemplo, eu já estou ensinando uma matéria relativamente complexa para o aluno e eu ainda ter que explicar para ele antes o que é uma usina elétrica, e aí ele vai ficar ... uái eu estava falando por exemplo de mitocôndria e ... estou falando de uma coisa e do nada eu estou falando de ... aí, entendeu? Então eu acho ... mais fácil, a gente usar um exemplo que ele ... quando falar ele ... bater na mente dele, entendeu?”

A opinião da estudante CA trata de um aspecto fundamental no uso de analogia em aula: as analogias facilitam a aprendizagem quando comparam algo desconhecido com algo conhecido (AUBUSSON; HARRISON; RITCHIE, 2006). As opiniões divergentes revelaram que o emprego de analogias deve ser algo planejado pelo professor, ressaltando que o objetivo principal do guia proposto é o de orientar o seu uso pelo professor ao deparar-se com a analogia nos livros de biologia do PNLD 2018, mas não necessariamente incentivar o uso daquela determinada analogia.

A estudante LI comentou sobre a analogia e sugeriu uma outra maneira para o uso dessa analogia:

“... A gente achou que para o professor usar esse tipo de analogia ele tem que entender como que o aluno está conhecendo, né? A usina o que ele sabe de usina? E, talvez explicar um pouquinho como que acontece ali dentro. Mas se o professor não for muito ... se ele não aprofundar tanto ele pode usar é ... para falar sobre a produção de energia, então ele pode falar de produção de energia, ele pode falar de um ... gerador, e aí tratar do gerador de maneira geral, para tratar do ATP e já usar também a analogia da moeda, por exemplo, e misturar outra analogia. A gente achou que colocar um vídeo também ia ser muito legal, as imagens também ficaram muito legais, e eu o que eu sugeri no guia é que juntasse o análogo com o conceito que às vezes o professor vai ler essa parte e ele mesmo vai fazer conclusões de analogias que vão ser errôneas, então para você tirar essa ... variação também você pode dar um exemplo de uma analogia já direto, sem ser o conceito separado do análogo. Eu achei que o guia é muito bom.”

A estudante LI mostrou convicção de que o análogo (usina de energia) é complexo para os estudantes, sugerindo que o professor nivele o conteúdo da aula

com o conhecimento dos alunos – evitando se aprofundar nas características do domínio análogo. Além dessa adaptação, a participante recomendou o uso de outros instrumentos didáticos para facilitar a compreensão. Por fim, a estudante LI sugeriu um rearranjo da etapa Foco para facilitar a apresentação do guia. A estudante sugeriu que o uso de analogias pode ser implementado associado a outros recursos didáticos como imagens, vídeos, modelos e dinâmicas de grupos. Exemplos de trabalhos como os de Wichaidit *et al.* (2011), Grady e Jeanpierre (2011), Takemura e Kurabayashi (2014) e Kao (2014) reforçam que o ensino por meio de analogias se beneficia quando outros recursos didáticos são utilizados conjuntamente no processo de ensino de determinados conteúdos de biologia celular.

3.4.6 Análise do guia: Analogia do complexo enzima/substrato como relação chave/fechadura

Alguns aspectos conceituais relacionados à analogia chave/fechadura já foram abordados na seção 3.1 (ANALOGIAS EM BIOLOGIA CELULAR NO PNLD 2018), percebendo-se ser a analogia mais familiar aos participantes desta pesquisa. Foi notável que muitos deles a conheciam e, inclusive, lembravam da analogia da época do ensino médio. O principal ponto salientado pelos participantes, após analisar o guia (APÊNDICE C), foi a presença de cinco diferenças pautadas entre os domínios, número superior ao apresentado no mapeamento dos outros tipos de analogias. O estudante M comentou:

“Eu acredito que o uso de analogia é bem importante para atrair a atenção né ... dos alunos. Talvez, também para tornar o assunto mais interessante, mas eu acho que essas diferenças elas têm que ser ditas com clareza para mostrar que é parecido, mas não é igual.”

Outro tópico abordado relacionou-se às imagens adotadas, em uma resposta do questionário um estudante fez a seguinte sugestão:

“A analogia que recebi, chave - fechadura, a figura do "alvo" poderia ser uma mistura de uma figura com a representação mais fiel do que seria a topologia de enzima e substrato, justamente sem a que está no guia, que me parece mais com uma analogia do que com o alvo propriamente dito.”

Como na analogia do DNA, a imagem adotada não beneficiou a compreensão das semelhanças e diferenças da analogia, portanto, uma escolha mais aprimorada

foi feita para a versão final do guia para a representação imagética do domínio alvo (APÊNDICE N, Figura 7)

O estudante CL comentou acerca do uso planejado das analogias, como segue:

“Surgiu essa discussão da função e forma e [...] aí a analogia vai depender do que você quer ensinar, se você em determinado momento quer ensinar a forma ou a função e tudo aí você vai ter que abordar mais analogias talvez do que só uma, porque talvez vai representar a forma, mas não vai representar função e vice-versa.”

A fala do estudante demonstra o reconhecimento dos limites característicos de uma analogia, percepção diferenciada do restante dos participantes que se manifestaram no transcorrer desta pesquisa. O estudante, inclusive, mencionou que uma analogia deve ser escolhida de acordo com a intenção de explicar um alvo específico.

Relevante também destacar que mesmo diante da obsolescência da analogia em pauta, fato já discutido na seção 3.1 desta dissertação, tal aspecto não foi, de modo algum, acentuado pelos estudantes que analisaram essa analogia. Não se acredita que seja o papel do guia produzido salientar a falta de adequação do uso dessa analogia para a compreensão do conceito-alvo. Um caminho mais apropriado talvez seja o seu banimento dos livros didáticos de biologia do PNLD. Uma alternativa ao banimento da analogia possa ser a orientação por parte da equipe do PNLD aos autores dos livros didáticos de biologia para explicitarem aos usuários como explorar o fato desse modelo analógico, apresentado de maneira recorrente nos livros, é uma oportunidade para dar-se o tão almejado debate sobre aspectos relacionados à natureza do conhecimento científico, como pretendido pelo programa federal para o conteúdo de biologia. Para esse caso específico, BRASIL (2017) esclarece que:

Esse modelo [chave/fechadura], que já foi considerado o mais adequado tanto pela comunidade científica quanto pelos professores, deixa de ser utilizado na medida em que novos conhecimentos vão sendo produzidos sobre o tema – como o fato de que há enzimas que interagem com substratos diferentes -, com a elaboração de melhores analogias para explicá-lo. Sua persistência em alguns materiais didáticos só tem sentido, portanto, como um modelo histórico que nos ajuda a explicar a natureza dinâmica e controversa da produção científica (BRASIL, 2017, p.18).

CONCLUSÕES

Desenvolver, nos moldes do modelo FAR, e testar um guia para auxiliar o uso de analogias de biologia celular presentes nos livros de biologia do PNLD 2018 permitiu verificar que os licenciandos em Ciências Biológicas da UnB demonstraram receptividade acerca de um planejamento didático para o uso das analogias, processo didático ausente nos livros didáticos analisados.

A partir dos resultados e da análise dos dados desta pesquisa foi possível averiguar que uma breve intervenção didática, que incluiu a apresentação do guia sobre o uso de analogias para o ensino de biologia celular, proporcionou aos professores em formação subsídios para compreenderem e discutirem o tema, isto é, o uso de analogias em biologia celular.

Uma intervenção didática dinâmica como a realizada no âmbito desta dissertação, com duração de apenas duas horas-aula (1 hora e 50 minutos), revelou-se proveitosa para a aprendizagem, por parte dos participantes desta pesquisa, a respeito do uso planejado de determinadas analogias de biologia celular.

O desenvolvimento de um guia como o realizado no transcórper desta pesquisa foi uma oportunidade empírica para verificar como modelos orientadores, como o FAR, são fundamentais para o uso apropriado de analogias em sala de aula.

A maioria das analogias relacionadas ao conteúdo de biologia celular foi apresentada, nos livros didáticos, sem explicações adicionais como as suas limitações ao compará-las com os conceitos científicos e os participantes desta pesquisa demonstraram dificuldades em perceber que qualquer analogia, por natureza, tem tais limitações.

Por meio das análises efetuadas nesta pesquisa foi possível identificar que ocorreu uma dinâmica entre as analogias do conteúdo de biologia celular. Apesar de subtrações e inserções de analogias entre as edições de distintas coleções do PNLD, percebeu-se que a maioria das analogias em biologia celular é recorrente.

Quatro analogias relacionadas à biologia celular foram as mais usuais nos livros didáticos de biologia do PNLD 2018: DNA como uma escada em espiral; complexo enzima substrato como uma chave e fechadura; mitocôndria como uma usina de energia e o ATP como uma moeda. Alguns conceitos como DNA, proteínas e célula apareceram, em distintas analogias, nos livros didáticos de biologia do PNLD 2018,

acentuando o uso de analogias pelos autores para explicar conteúdos científicos abstratos, como o de biologia celular.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTS, B.; JOHNSON, A.; LEWIS, J.; MORGAN, D.; RAFF, M.; ROBERTS, K.; WALTER, K.; WALTER, P.; WILSON, J.; HUNT, P. **Biologia molecular da célula**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

AMABIS, J., M.; MARTHO G., R. **Biologia moderna**. São Paulo: Moderna, 2016.

ARAUJO, C. M.; GUIMARÃES, Z. F. S. Analogias no ensino da célula: análise de livros didáticos de biologia adotados pelo Plano Nacional do Livro Didático 2015 no Brasil. *In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS*, 10., 2017, Sevilla. **Anais [...]**. Sevilla, 2017. p. 1295–1302.

AUBUSSON, P.J.; HARRISON, A.G.; RITCHIE, S.M. Metaphor and Analogy: Serious thought in science education. *In: AUBUSSON, P.J.; HARRISON, A.G.; RITCHIE, S.M. (org.). Metaphor and Analogy in Science Education*. Dordrecht: Springer, 2006, p.1-9.

BIZZO, N. **Biologia: Novas Bases**. São Paulo: IBEP, 2016.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação**. Porto: Porto Editora. 1994.

BRASIL. **Guia de livros didáticos: PNLD 2018. Biologia: ensino médio**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. 2017.

CATANI, A. *et al.* **Ser Protagonista: Biologia**. 3. ed. São Paulo: SM, 2016.

CLEMENT, J.; BROWN, D.; ZIETSMAN, A. Not all preconceptions are misconceptions: finding “anchoring conceptions” for grounding instruction on students’ intuitions. *In: American Research Association Educational*, 1989.

CLEMENT, J.; BROWN, D.E. Using analogies and models in instruction to deal with students' preconceptions. *In: CLEMENT, J. (org.). Creative Model Construction in Scientists and Students: The role of imagery, analogy and mental simulations*. Dordrecht: Springer, 2008. p.139-155.

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

DIKMENLI, M. A study on analogies used in new ninth grade biology textbook. **Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching**, v. 16, n. 1, p. 1–20, 2015.

DUIT, R. On the role of analogies and metaphors in learning science. **Science Education**, v. 75, n. 6, p. 649–672, 1991.

FAVARETTO, J., A. **Biologia: unidade e diversidade**. São Paulo: FTD, 2016.

FERRAZ, D. F.; TERRAZAN, E. A. O uso de analogias como recurso didático por professores de Biologia no ensino médio. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 1, n. 3, 124-135, 2001.

FERRAZ, D. F.; TERRAZAN, E. A. Uso espontâneo de analogias por professores de Biologia e o uso sistematizado de analogias: que relação? **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 213-227, 2003.

FLICK, U. Como usar a triangulação para a avaliação da qualidade: questões práticas. *In*: FLICK, U. **Qualidade na pesquisa qualitativa**. Porto Alegre: Artmed, 2009a. p.139-154.

FLICK, U. **An introduction to qualitative research**. 4. ed. London: Sage, 2009b.

GARDNER, R. D. Teaching Biology with Extended Analogies. **The American Biology Teacher**, v. 78, n. 6, p. 512–515, 2016.

GIBBS, G. **Análise de dados Qualitativos**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

GENC, M. The effect of analogy-based teaching on students' achievement and students' views about analogies. **Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching**, v. 14, n. 2, p. 1–18, 2013.

GLYNN, S. M. The Teaching with Analogies Model. *In*: MUTH, D. (ed.) **Children's comprehension of text**. Newark: IRA, 1991, p. 185-204.

GLYNN, M. S.; TAKAHASHI, T. Learning from Analogy-Enhanced Science Text. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 35, n. 10, p.1129-1149, 1998.

GRADY, K.; JEANPIERRE, B. Population 75 trillion: cells, organelles, and their functions. **Science Scope**, v. 34, n. 5, p. 64–66, 2011.

HARRISON, A. G. Teaching With Analogies: Friends or Foes? *In*: HARRISON, A. G.; COLL, R. K. (org.). **Using Analogies in Middle and Secondary Science Classrooms**. Thousand Oaks: Corwin Press, 2008. p. 6-21.

HARRISON, A. G.; COLL, R. K. (Orgs.). **Using Analogies in Middle and Secondary Science Classrooms**. Thousand Oaks: Corwin Press, 2008.

HARRISON, A. G; TREAGUST, D. F. Teaching and Learning with Analogies: Friend or foe? *In*: AUBUSSON, P.J.; HARRISON, A.G.; RITCHIE, S.M. (Orgs.). **Metaphor and Analogy in Science Education**. Dordrecht: Springer, 2006. p.11-24.

JENSEN, J. L.; KUMMER, T. A.; BANJOKO, A. Assessing the Effects of Prior Conceptions on Learning Gene Expression. **Journal of College Science Teaching**, v. 42, n. 4, p. 82-91, 2013.

JÚNIOR, C., R.; SASSON, S.; JÚNIOR, N., C. **Biologia: ensino médio**. 12. ed. São Paulo: Saraiva, 2017.

JUSTI, R.; MENDONÇA, P. C. C. Usando analogias com função criativa: uma nova estratégia para o ensino de química. **Educación Química**, v. 1, p. 24–29, 2008.

KAO, R. M. Of Heart & Kidneys: Hands-On Activities for demonstrating Organ Function & Repair. **The American Biology Teacher**, v. 76, n. 8, p. 559–562, 2014.

LANCOR, R. A. Using student-generated analogies to investigate conceptions of energy: a multidisciplinary study. **International Journal of Science Education**, v. 36, n. 1, p. 1–23, 2014.

LETICÍ, M. Use of analogies in the study of diffusion. **Advances in Physiology Education**, v. 38, n. 4, p. 366–367, 2014.

LINHARES, S.; GEWANDSZNAJDER F.; PACCA H. **Biologia Hoje**. 3. ed. São Paulo: Ática, 2016.

LOPES, S.; ROSSO, S. **Bio**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

MENDONÇA, V., L. **Biologia**. 3. ed. São Paulo: AJS, 2016.

MONTEIRO, I. G.; JUSTI, R. S. Analogias em livros didáticos de química brasileiro destinados ao ensino médio. **Investigação em Ensino de Ciências**, v. 5, p. 67-91, 2000.

MOREIRA, H.; CALEFFE, L. G. Coleta e análise de dados qualitativos: a entrevista. In: MOREIRA, H.; CALEFFE, L. G. **Metodologia da pesquisa para o professor pesquisador**. Rio de Janeiro: Lamparina, 2008. p.165-194.

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

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.

OGO, M., Y.; GODOY, L., P. **#contato Biologia**. São Paulo: Quinteto, 2016.

PARKER, M. Teaching Cell Biology through Stories: Marvels of the (Squabbling). **The American Biology Teacher**, v. 78, n. 9, p. 774-775, 2016.

PIGLIUCCI, M.; BOUDRY, M. Why machine-information metaphors are bad for science and science education. **Science and Education**, v. 20, n. 5–6, p. 453-471, 2011.

PIRES, A. P. Amostragem e pesquisa qualitativa: ensaio teórico e metodológico. In: POUPART, J. *et al.* **A pesquisa qualitativa: enfoques epistemológicos e metodológicos**. Petrópolis: Vozes, 2012. p. 154-214.

RUNDGREN, C.; HIRSCH, R.; TIBELL, L. A. E. Death of metaphors in life science? A study of upper and tertiary students' use of metaphors in their meaning-making of scientific content. **Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching**, v. 10, p. 1–21, 2009.

SILVA, L. L.; PIMENTEL, N. L.; TERRAZZAN, E. As analogias na revista de divulgação científica *Ciência hoje das crianças*. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 1, p. 163–181, 2011.

SILVA JÚNIOR, C.; SASSON, S.; CALDINI JÚNIOR, N. **Biologia: ensino médio**. 12. ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

SILVA, L. L.; TERRAZZAN, E. A. As analogias no ensino de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais em aulas de Física no ensino médio. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 6, n. 1, p. 133–154, 2011.

TAKEMURA, M.; KURABAYASHI, M. Using analogy role-play activity in an undergraduate biology classroom to show central dogma revision. **Biochemistry and Molecular Biology Education**, v. 42, n. 4, p. 351–356, 2014.

THOMAS, G. P. Metaphor, Student's Conceptions of Learning and Teaching, and Metacognition *In*: AUBUSSON, P.J.; HARRISON, A.G.; RITCHIE, S.M. (org.). **Metaphor and Analogy in Science Education**. Dordrecht: Springer, 2006, p.105-118.

THOMPSON, M.; RIOS, E. P. **Conexões com a Biologia**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2016.

TREAGUST, F. D.; HARRISON, A. G.; VENVILLE, G. J. Teaching Science Effectively With Analogies: an approach for preservice and in-service teacher education. **Journal of Science Teacher Education**, v.9, n. 2, p. 85-101, 1998.

TRUJILLO, C. M.; ANDERSON, T. R.; PELAEZ, N. J. A model of how different biology experts explain molecular and cellular mechanisms. **CBE Life Sciences Education**, v. 14, n. 2, p. 1–13, 2015.

TRUJILLO, C. M.; ANDERSON, T. R.; PELAEZ, N. J. Exploring the MACH model's potential as a metacognitive tool to help undergraduate students monitor their explanations of biological mechanisms. **CBE Life Sciences Education**, v. 15, n. 2, p. 1–16, 2016.

VENVILLE, G. J. The Focus-Action-Reflection (FAR) Guide-Science Teaching Analogies *In*: HARRISON, A. G.; COLL, R. K. (org.). **Using Analogies in Middle and Secondary Science Classrooms**. Thousand Oaks: Corwin Press, 2008. p. 22-31.

VENVILLE, G. J.; GRIBBLE, S. J.; DONOVAN, J. Metaphors for Genes. *In*: AUBUSSON, P.J.; HARRISON, A.G.; RITCHIE, S.M. (org.). **Metaphor and Analogy in Science Education**. Dordrecht: Springer, 2006. p.79-92.

WATSON, J. D. **The Double Helix: A Personal Account of the Discovery of the**

Structure of DNA. London: Weidenfeld e Nicolson, 1968.

WERNECKE, U.; SCHWANEWEDEL, J.; HARMS, U. Metaphors describing energy transfer through ecosystems: Helpful or misleading? **Science Education**, v. 102, n. 1, p. 178–194, 2017.

WESTM, K. Does every cell get blood? Young students' discussions about illustrations of o human n blood circulation. **European Journal of Science and Mathematics Education**, v. 4, n. 2, p. 161–175, 2016.

WICHADIT, S.; SOMSON, W.; DECHSRI, P.; CHAIVISUTHANGKURA, P. Using analogy and model to enhance conceptual change in Thai Middle School Students. **US-China Education Review**, v. 8, n. 3, p. 333–338, 2011.

WOODY, S.; HIMELBLAU, E. **Genetic analogies colorized edition**. Fevereiro, 2014.

APÊNDICE A – Primeira parte do guia sobre o uso de analogias para o ensino de biologia celular

Universidade de Brasília – UnB
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências – PPGE

Guia sobre o uso de analogias para o ensino de biologia celular Primeira parte do guia: Embasamento teórico

Analogias e metáforas são formas de comparar estruturas ou processos de dois domínios diferentes, baseado em suas similaridades, com a intenção de expressar algo desconhecido ou não familiar por meio de algo familiar ou conhecido (DUIT, 1991; AUBUSSON *et al.*, 2006). O domínio familiar é chamado de análogo e o domínio pouco familiar é denominado de alvo, e por meio do raciocínio analógico são traçadas as relações de similaridade entre esses dois domínios formando um modelo analógico como o exemplificado na figura 1.

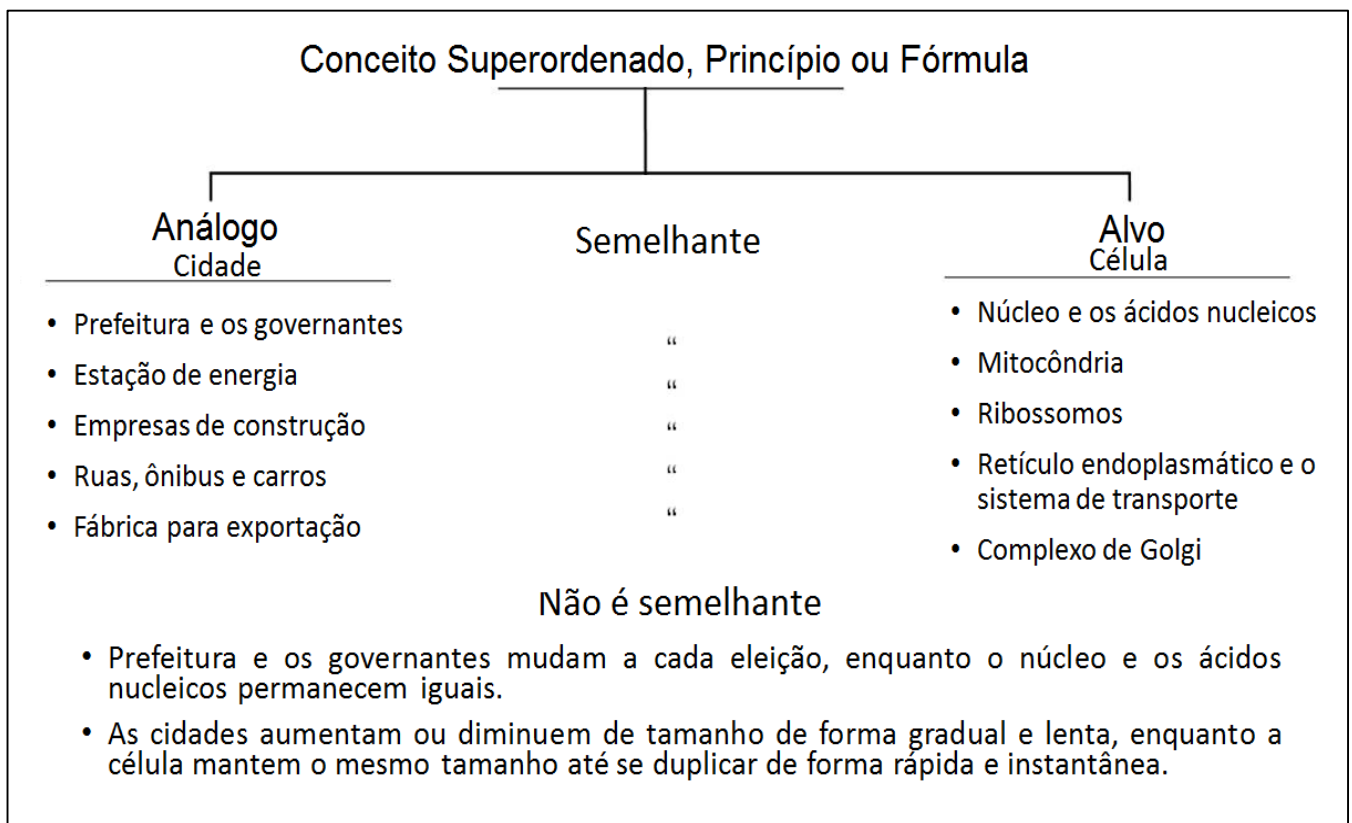


Figura 1 - Modelo analógico relacionando uma cidade com uma célula

O uso de analogia facilita a compreensão e a comunicação de temas abstratos e pouco conhecidos, porém, seu uso pode gerar interpretações alternativas. Assim, o uso de analogias apresenta pontos positivos e negativos (HARRISON; TREAGUST, 2006) (Figura 2).

Figura 2 - Pontos positivos e negativos a partir do uso de analogias

Pontos positivos

1. Uso de conhecimentos prévios
2. Interpretação de modelos complexos
3. Visualização de conceitos e estruturas abstratas

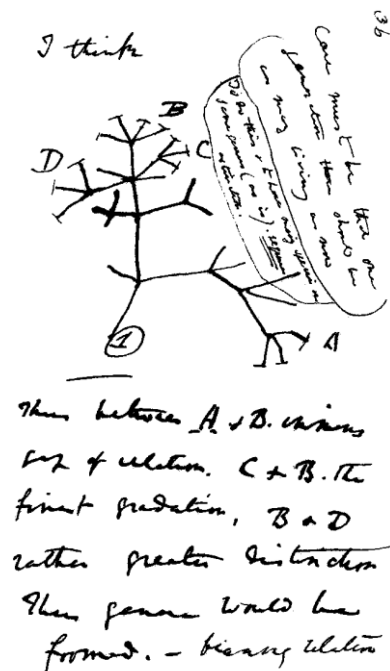
Pontos negativos

- Concepções alternativas
- ↳ Interpretação literal
 - ↳ Desconhecimento do domínio análogo

Em biologia, as analogias são historicamente utilizadas por cientistas para explicarem e desenvolverem teorias científicas como, por exemplo, a analogia da árvore evolutiva das espécies elaborada por Darwin enquanto desenvolvia a teoria da evolução das espécies (Figura 3). As analogias estão presentes em nosso cotidiano por meio de noticiários e reportagens e, no meio educacional, estão presentes no discurso de professores, nos livros e recursos didáticos.

Para obter a melhor compreensão das analogias por estudantes um guia para o uso por professores foi proposto: o modelo FAR (Foco, Ação, Reflexão) (TREAGUST *et al.*, 1998; HARRISON; TREAGUST, 2006).

Figura 3 - Primeiro rascunho feito por Darwin de uma árvore evolutiva



Modelo para uso de Analogias

O modelo FAR consiste em três etapas (Foco, Ação, Reflexão) que devem guiar o uso das analogias por professores para se atingir a melhor compreensão da analogia pelo estudante. Abaixo segue o quadro 1 com a descrição de cada etapa do modelo FAR.

Quadro 1. Modelo FAR adaptado de Treagust *et al.* (1998) e Harrison e Treagust (2006)

Modelo FAR – Foco, Ação, Reflexão	
<u>Foco</u>	
Conceito (Alvo)	O conceito é difícil, desconhecido ou abstrato?
Estudantes	O que os estudantes sabem a respeito do conceito?
Análogo	Quais análogos são familiares aos estudantes?
<u>Ação</u>	
Semelhanças	Debater as características do análogo e do alvo. Mapear as similaridades entre o análogo e o alvo.
Diferenças	Debater as diferenças entre o análogo e o alvo.
<u>Reflexão</u>	
Conclusões	A analogia foi clara e útil ou confusa?
Aperfeiçoamentos	Quais mudanças a analogia requer? Quais mudanças são necessárias para a sua utilização?

Referências bibliográficas

- AUBUSSON, P.J.; HARRISON, A.G.; RITCHIE, S.M. Metaphor and Analogy: Serious thought in science education. In: AUBUSSON, P.J.; HARRISON, A.G.; RITCHIE, S.M. (Orgs.). **Metaphor and Analogy in Science Education**. Dordrecht: Springer, 2006, p.1-10.
- DUIT, R. On the role of analogies and metaphors in learning science. **Science Education**, v. 75, n. 6, p. 649–672, 1991.
- HARRISON, A. G; TREAGUST, D. F. Teaching and Learning with Analogies: Friend or foe? In: AUBUSSON, P.J.; HARRISON, A.G.; RITCHIE, S.M. (Orgs.). **Metaphor and Analogy in Science Education**. Dordrecht: Springer, 2006, p.11-24.
- TREAGUST, F. D.; HARRISON, A. G.; VENVILLE, G. J. Teaching Science Effectively with Analogies: an approach for preservice and in-service teacher education. **Journal of Science Teacher Education**, v.9, n. 2, p. 85-101, 1998.

APÊNDICE B – Segunda parte do guia sobre o uso de analogias para o ensino de biologia celular: analogia entre o DNA e a escada em espiral

Guia sobre o uso de analogias para o ensino de biologia celular

Segunda parte do guia:

Analogias em biologia celular mais frequentes em livros didáticos

Analogia entre a escada em espiral com a estrutura da molécula de DNA		
Foco	<p>Conceito</p> <p>A estrutura da molécula de DNA é um conteúdo chave para a compreensão da informação genética dos seres vivos, essencial para o ensino de biologia. É importante compreender a unidade básica do DNA: o nucleotídeo (grupo fosfato, desoxirribose e base nitrogenada) e que a ligação entre essas unidades vai delimitar o tamanho e sequência das moléculas de DNA, específico para cada organismo.</p>	
	<p>Estudante</p> <p>O conhecimento dos estudantes sobre a molécula de DNA está muito atrelado com as novidades e temas ligados a biotecnologia como o teste de DNA, clonagem, transgênicos. A estrutura da molécula e sua descoberta pode ser algo pouco conhecido por eles.</p>	
	<p>Análogo</p> <p>A escada em espiral é uma estrutura comum de ser encontrada em edifícios e casas, assim, pode ser familiar ao estudante. Por se tratar de uma estrutura muito grande e que permite a interação, os estudantes podem reconhecer todas as partes que compõe o análogo.</p>	
Ação	SEMELHANÇAS	
	Escada	Molécula de DNA
	Degraus	Pares de bases nitrogenadas pareadas Adenina – Timina Citosina - Guanina
	Apoio do corrimão	Desoxirriboses (pentoses) ligadas aos grupos fosfato
	Forma helicoidal	Forma helicoidal
	Cada escada tem uma determinada quantidade de degraus.	Cada molécula de DNA tem uma determinada quantidade de bases nitrogenadas.
	A altura dos degraus da escada são os mesmo por ela toda.	A distância entre as bases nitrogenadas é igual por toda molécula.
	DIFERENÇAS	
	A escada está sempre fixa ao chão e ao teto.	A molécula de DNA pode estar em diferentes estados dentro da célula (cromátide, eucromatina, heterocromatina).
Os degraus da escada são sempre iguais e constituídos de uma única estrutura.	A ordem é definida pela sequência de pares de bases nitrogenadas unidas por ligação de hidrogênio (adenina com timina e citosina com guanina).	

Reflexão	Conclusões	Os estudantes perceberam que tanto a molécula de DNA como a escada são estruturas formadas por unidades que se repetem? Ficou claro que a analogia compara a estrutura entre os dois domínios e não as suas funções?
	Aperfeiçoamentos	Ir a um local que tenha uma escada em espiral com estudantes e observar as características do análogo antes da analogia pode facilitar a compreensão deles? Seria interessante trazer outra analogia para os estudantes para explicar a função do DNA, como a analogia entre o DNA e o alfabeto? A analogia permite compreender que as moléculas de DNA são iguais em todos os organismos, variando somente quanto a ordem e o tamanho?
Trecho de livro do PNLD	“... a molécula é constituída por duas cadeias de polinucleotídeos enrolados uma sobre a outra, formando uma dupla-hélice [...], semelhante a uma escada em caracol, cujos degraus são pares de bases nitrogenadas (A com T , e C com G). Embora em qualquer molécula de DNA existam sempre os mesmos tipos de degraus (AT e CG), o número de tipos de moléculas existentes é praticamente infinito, já que a sequência varia.” (JÚNIOR <i>et al.</i> , 2017, p. 42)	

Análogo

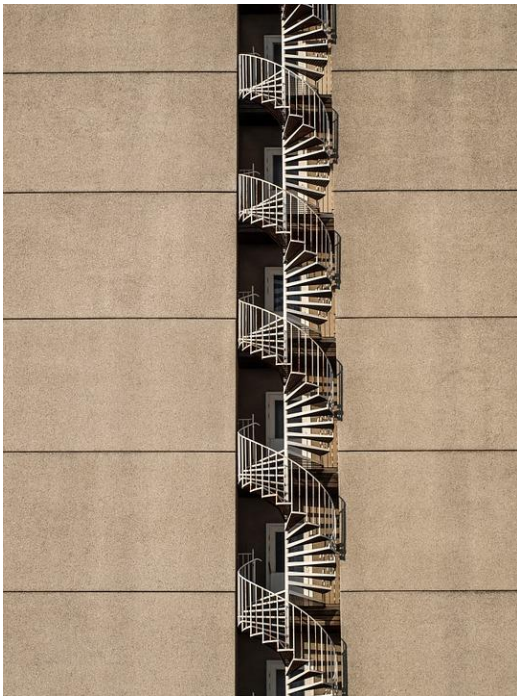


Figura 1 - Escada em espiral em um edifício

Alvo

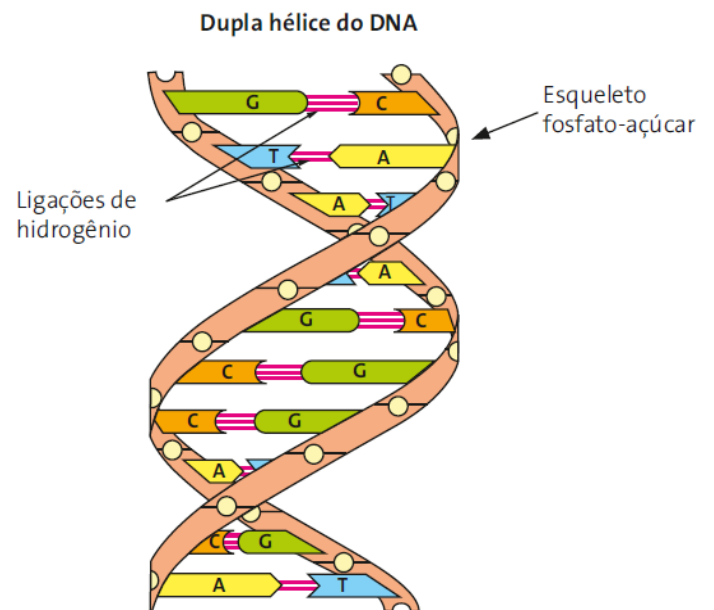


Figura 2 - Representação da molécula de DNA (LOPES; ROSSO, 2017, p. 188)

Referências Bibliográficas

JÚNIOR, C., R.; SASSON, S.; JÚNIOR, N., C. **Biologia: ensino médio**. 12 ed. São Paulo: Saraiva, 2017.
 LOPES, S.; ROSSO, S. **Bio**. 3 ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

APÊNDICE C – Segunda parte do guia sobre o uso de analogias para o ensino de biologia celular: analogia entre o complexo substrato/enzima e a relação chave/fechadura

Guia sobre o uso de analogias para o ensino de biologia celular

Segunda parte do guia:

Analogias em biologia celular mais frequentes em livros didáticos

Analogia entre chave e fechadura com o substrato e enzima		
Foco	Conceito	As enzimas são catalisadores fundamentais para os processos biológicos agindo como reguladores das reações químicas nos organismos vivos. Elas fazem parte de um grupo específico de proteínas, e desempenham sua função diminuindo o gasto de energia e acelerando reações químicas dos organismos, tanto de reações que sintetizam novas moléculas (anabolismo) como de reações que degradam moléculas (catabolismo). Cada enzima catalisa apenas uma reação, essa característica é definida pelas estruturas específicas e complementares entre os substratos e suas enzimas.
	Estudante	O uso de fermentos na culinária pode ser uma forma de conhecimento prévio que os estudantes podem apresentar a respeito da função das enzimas. A especificidade e a diversidade de enzimas nos processos biológicos devem ser desconhecidas a eles.
	Análogo	Fechaduras fazem parte do dia a dia dos estudantes, e mesmo que não saibam exatamente como o interior de uma fechadura funciona, faz parte do entendimento deles que para cada fechadura há uma chave de formato específico que funciona dentro dela.
Ação	SEMELHANÇAS	
	Chave/Fechadura	Substrato/Enzima
	Uma chave para cada fechadura	Um substrato para cada enzima
	Diferentes tipos de chaves e fechaduras	Diferentes tipos de substratos e enzimas
	A fechadura funciona por meio do movimento interno das engrenagens.	A enzima catalisa as reações químicas por meio da mudança da forma do seu sítio ativo.
	DIFERENÇAS	
	A chave não muda a sua estrutura após se encaixar.	O substrato se modifica após o encaixe na enzima.
	A fechadura não necessita de outras estruturas para funcionar.	Enzimas necessitam de cofatores e coenzimas para funcionar.
	A fechadura não depende de fatores externos para funcionar.	A enzima depende de fatores como pH e temperatura para funcionar.
	O encaixe entre chave e fechadura deve ser perfeito para possibilitar a abertura da porta.	O encaixe entre o substrato e a enzima não é perfeito.
A fechadura só desempenha a função de fechar e abrir.	As enzimas desempenham uma grande variedade de funções.	

Reflexão	Conclusões	A analogia permite ao estudante compreender que as enzimas são específicas aos seus substratos dentro da célula? As diferenças entre os dois domínios podem favorecer a compreensão global das funções das enzimas no ambiente celular? A estrutura dos análogos (chave/fechadura) permite compreender a estrutura das enzimas e dos substratos?
	Aperfeiçoamentos	Outros temas podem ser explorados com essa analogia, como inibidores enzimáticos ou anticorpos? Ao se elaborar uma situação hipotética com a fechadura da sala de aula que simbolize um processo celular facilitaria a compreensão desta analogia?
Trecho de livro do PNLD	“Enzimas catalisam quase todas as reações bioquímicas que ocorrem nos seres vivos. Cada enzima age apenas sobre certas reações. Parte dessa especificidade decorre das estruturas terciária e quaternária da molécula. Assim, existe uma combinação entre o formato da enzima e o formato das substâncias sobre as quais ela age, como uma chave com sua fechadura.” (CATANI <i>et al.</i> , 2016)	

Análogo

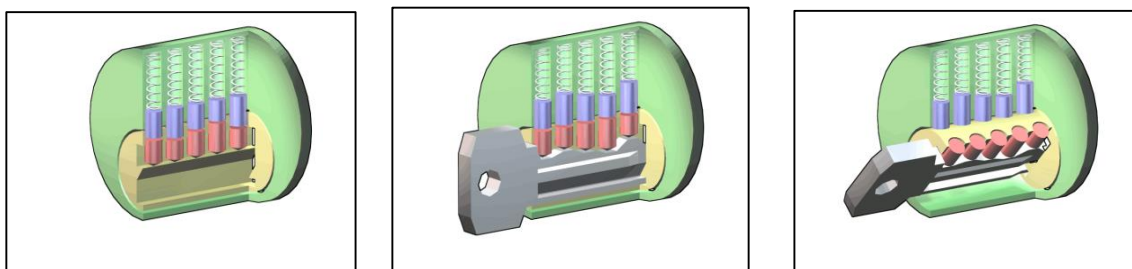


Figura 3 - Uma chave abrindo uma fechadura

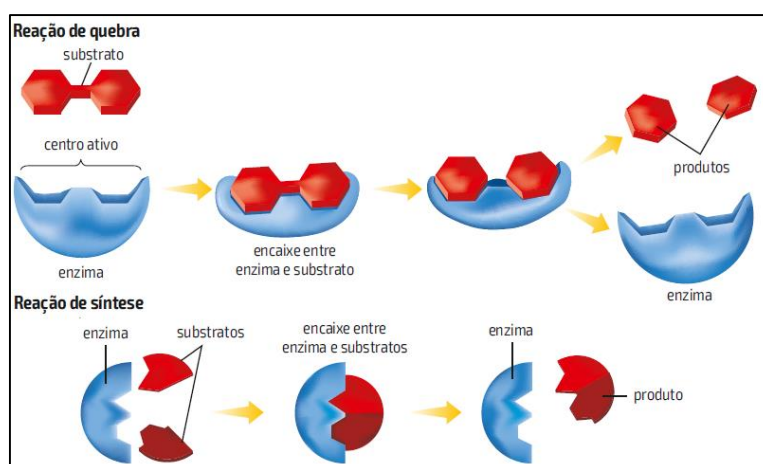


Figura 4 - Esquema de uma enzima catalisando reações (LINHARES, 2016, p. 58).

Referências Bibliográficas

CATANI, A. *et al.* **Ser Protagonista: Biologia**. 3ª ed. São Paulo: SM, 2016.

LINHARES S.; GEWANDSZNAJDER F.; PACCA H. **Biologia Hoje**. 3 ed. São Paulo: Ática, 2016.

APÊNDICE D – Segunda parte do guia sobre o uso de analogias para o ensino de biologia celular: analogia entre o ATP e a moeda

Guia sobre o uso de analogias para o ensino de biologia celular
Segunda parte: Analogias em biologia celular mais frequentes em livros didáticos

Analogia entre a moeda e o ATP		
Foco	Conceito	O ATP é uma molécula essencial para todos os seres vivos, por ser a principal fornecedora de energia dos processos biológicos. A molécula de ATP é constituída de uma base nitrogenada ligada a três grupos fosfato. A quebra de uma ligação entre os grupos fosfato libera energia transformando ATP em ADP mais um grupo fosfato livre. A molécula de ATP é igual em todos os organismos vivos.
	Estudante	Os estudantes sabem que os organismos vivos necessitam gastar energia a todo tempo para realizarem atividades. A origem dessa energia vem dos alimentos (energia química). Porém, é provável que o conhecimento da molécula de ATP como unidade energética e seus diferentes estados químicos podem ser desconhecidos.
	Análogo	A todo momento pessoas compram e vendem algo utilizando de dinheiro. Assim, o sentido econômico de moeda como o meio para realizar transações monetárias é compreendido por todos os estudantes.
Ação	SEMELHANÇAS	
	Moeda	ATP
	Unidade de valor monetário para os seres humanos	Unidade de valor energético para os seres vivos
	É usada em locais diferentes.	É usada em regiões celulares diferentes.
	Utilizada em diferentes situações do cotidiano.	Utilizada em diferentes processos celulares.
	DIFERENÇAS	
	Não muda o valor após seu uso.	Muda de valor após o uso (ATP vira ADP).
Pode ter diferentes valores.	Valor definido pela energia liberada.	
Reflexão	Conclusões	A ideia que reações químicas precisem de energia liberada pelas moléculas de ATP foi compreendida? Os estudantes entenderam a analogia em seu sentido funcional e não estrutural? Ficou claro que o ATP é o fornecedor de energia universal de energia dos seres vivos?
	Aperfeiçoamentos	Comparações podem ser feitas para explicar a produção de energia dentro das células? Outras analogias podem ser utilizadas para explicar a estrutura e função das moléculas de ATP como a de um caminhão transportador? Como realizar uma demonstração em sala de aula de uma transação monetária para explicar melhor a analogia?

Trecho de livro
do PNLD

“A estratégia energética dos seres vivos consiste em transferir a energia liberada na quebra de alimento para moléculas armazenadoras, capazes de circular livremente pela célula fornecendo energia aos processos vitais. O principal responsável pelo armazenamento temporário de energia intracelular é o **trifosfato de adenosina**, substância conhecida pela sigla ATP [...]. Alguns cientistas comparam o ATP a uma “moeda energética”, que circula dentro da célula e custeia os gastos metabólicos.” (AMABIS; MARTHO, 2016, p. 140)

Análogo



Figura 5 - Moedas e notas

Alvo

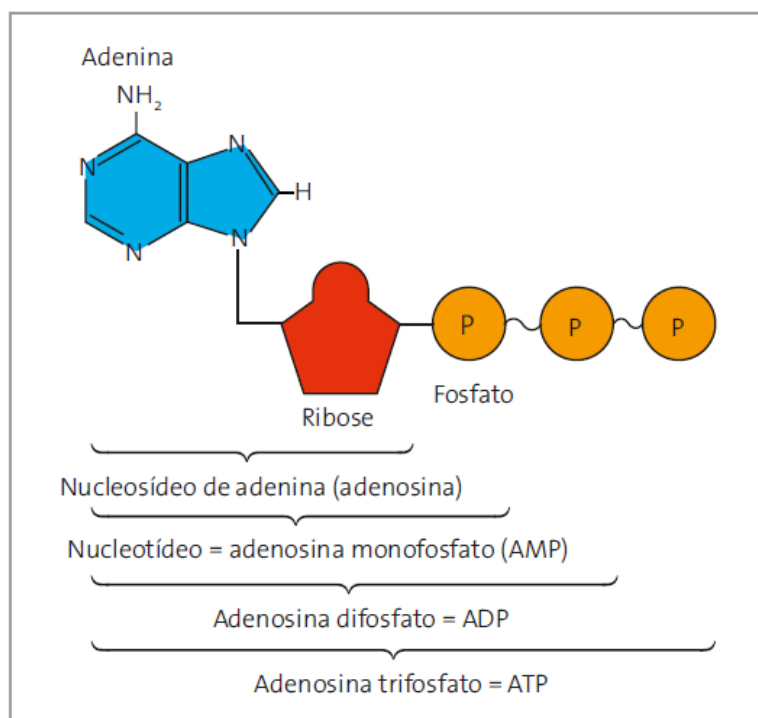


Figura 6 - Trifosfato de adenosina - ATP (MENDONÇA, 2016, p. 199).

Referências Bibliográficas

AMABIS J., M.; MARTHO G., R. **Biologia moderna**. São Paulo: Moderna, 2016.

MENDONÇA V., L. **Biologia**. 3 ed. São Paulo: AJS, 2016.

APÊNDICE E – Segunda parte do guia sobre o uso de analogias para o ensino de biologia celular: analogia entre a mitocôndria e uma usina de energia

Guia sobre o uso de analogias para o ensino de biologia celular

Segunda parte do guia:

Analogias em biologia celular mais frequentes em livros didáticos

Analogia entre uma usina de energia e a mitocôndria		
Foco	Conceito	A mitocôndria é uma das organelas mais importantes das células, pois produz energia na forma de ATP por meio da transformação de compostos orgânicos como carboidratos, lipídios e proteínas. A mitocôndria possui uma membrana externa e interna, criando compartimentos no seu interior, DNA mitocondrial e ribossomos próprios. A produção de ATP ocorre em três etapas diferentes: glicólise, ciclo de Krebs e cadeia transportadora de elétrons onde ocorre a maior parte da produção de energia a partir da passagem de prótons (H ⁺) pela ATP-sintase.
	Estudante	Os discentes sabem que os seres vivos necessitam de energia para realizar todas as suas atividades e que a origem dessa energia vem dos alimentos consumidos. A mitocôndria pode também ser reconhecida como uma organela associada ao processo energético, mas como o processo de produção acontece deve ser desconhecido aos estudantes.
	Análogo	É esperado que os estudantes saibam que usinas de energia produzem energia a partir de uma fonte energética como os raios solares, movimento das águas, etc., entretanto, talvez alguns alunos não saibam como o gerador da usina produz energia a partir da sua rotação. A diversidade de usinas pode ser explorada para compreender quais são as características comuns a todas as usinas de energia.
Ação	SEMELHANÇAS	
	Usina de energia	Mitocôndria
	Produz energia para as cidades.	Produz energia para as células.
	Utiliza de uma fonte (mecânica ou luminosa) para a produção de energia elétrica.	Utiliza de uma fonte (carboidratos, lipídeos, proteínas) para a produção de ATP.
	Dentro da usina há um gerador que produz energia a partir de seu movimento.	Dentro da mitocôndria há a ATP sintase que produz ATP a partir da mudança de forma da enzima (movimento).
	DIFERENÇAS	
	Energia produzida pelas usinas é elétrica.	Energia produzida pelas mitocôndrias é química.
A transformação em energia elétrica ocorre em uma etapa.	A transformação em energia (GTP, ATP) ocorre em várias etapas bioquímicas: o ciclo de Krebs e a fosforilação oxidativa, etapas que ocorrem no interior da mitocôndria.	

Reflexão	Conclusões	O processo de produção de energia dentro da mitocôndria ficou claro durante as comparações? As características do análogo (usina de energia) foram compreendidas pelos estudantes?
	Aperfeiçoamentos	Será que é necessário esclarecer melhor como uma usina de energia funciona para obter maior clareza durante as comparações da analogia? Essa analogia poderia ser utilizada para explicar outros processos como fotossíntese ou fermentação?
Trecho de livro do PNLD	“Em certos pontos da membrana, entretanto, os prótons podem retornar à matriz mitocondrial, e, ao fazê-lo, de maneira semelhante ao que acontece em um gerador de usina hidrelétrica, mas em proporções muito menores, eles literalmente giram um rotor molecular. Esse processo, que gera ATP e é denominado quimiosmose.” (BIZZO, 2016, p. 143)	

Análogo

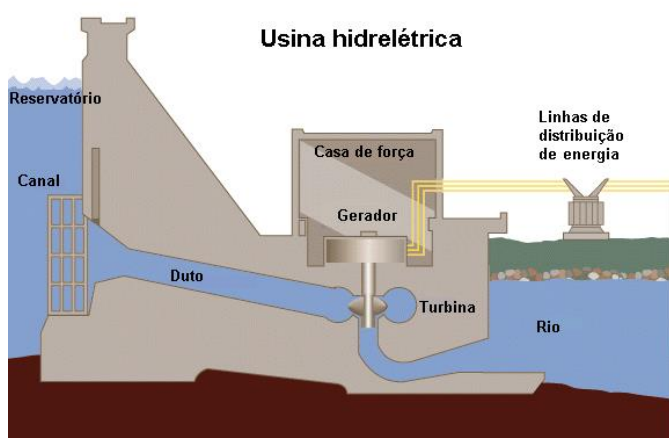


Figura 7. Esquema de uma usina hidrelétrica

Alvo

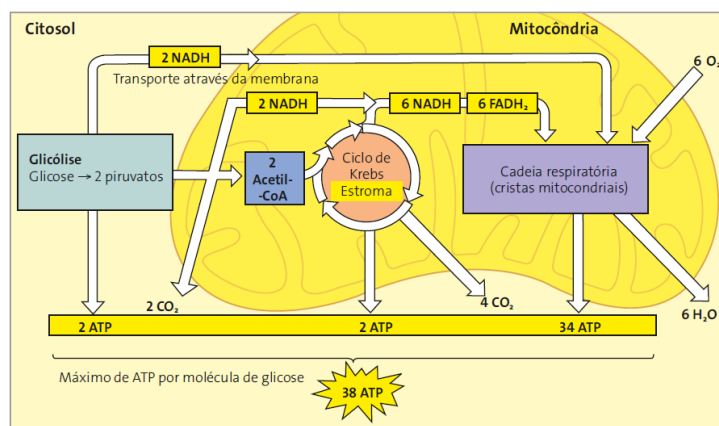


Figura 8. Esquema do processo de respiração celular dentro das mitocôndrias (LOPES; ROSSO, 2016, p. 252)

Referências Bibliográficas

BIZZO, N. **Biologia: Novas Bases**. São Paulo: IBEP, 2016.
 LOPES, S.; ROSSO, S. **Bio**. 3 ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

APÊNDICE F – Roteiro de aula para a validação do guia

Universidade de Brasília – UnB
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências – PPGEC
Iago Taveira Oliveira

Roteiro de aula – Uso de analogias no ensino de biologia celular

Momento 1 – Apresentação e entrega do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e questionário prévio.

Momento inicial da aula com a apresentação do professor e entrega do TCLE e do questionário prévio. Em seguida, ocorrerá o preenchimento dos documentos pelos estudantes, com posterior recolhimento.

Objetivo: apresentação do professor pesquisador e esclarecer a pesquisa aos participantes, permitindo que preencham adequadamente o questionário prévio e o TCLE.

Materiais: 1 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido-TCLE;

2 – Questionário prévio.

Tempo estimado: 15 minutos

Momento 2 – Exposição dialogada sobre o uso de analogia no ensino de biologia celular

Apresentação do tema pelo professor, com espaço para perguntas ao final da exposição.

Objetivos: apresentar aos estudantes os principais conceitos sobre analogias no ensino de biologia celular e tecer explicações acerca da pesquisa em curso efetivada pelo professor pesquisador.

Materiais: 1 – Power Point.

Tempo estimado: 25 minutos.

Momento 3 – Organização da turma em grupos para análise do guia

Após a exposição dialogada, os estudantes são organizados em grupos para a continuidade da atividade. Disponibiliza-se a todos os estudantes a primeira parte do guia e, para cada grupo, uma analogia específica referente à segunda parte do guia, concomitantemente dá-se a entrega do questionário para avaliação do guia.

Objetivos: separação da turma em grupos e entrega do guia e do questionário.

- Materiais:** 1 – Primeira parte do guia;
2 – Segunda parte do guia;
3 – Questionário para análise do guia.

Tempo estimado: 10 minutos

Momento 4 – Atividade em grupo

Os estudantes preencherão o questionário enquanto analisam as partes do guia, incentivando-se a interação entre os componentes de cada grupo. Enquanto os estudantes vivenciam esse momento da atividade didática, o professor passará entre os grupos sanando possíveis dúvidas e coletando opiniões.

Objetivos: Coletar as opiniões dos estudantes a respeito do guia e permitir que os estudantes preencham adequadamente o questionário.

Materiais: Nenhum material específico.

Tempo: 30 minutos

Momento 5 – Socialização das análises e opiniões

Cada grupo exporá, para o restante da turma, suas considerações a respeito da analogia analisada completando com suas opiniões e entendimentos acerca do material didático disponibilizado, ocorrendo a gravação da fala de cada participante pelo pesquisador. Por fim, serão recolhidos os questionários preenchidos, com a conclusão da aula.

Objetivos: Permitir o intercâmbio de opiniões entre os estudantes, realizar a gravação dos discursos dos participantes e recolher os questionários para análise do guia.

Materiais: 1 – Gravador de voz.

Tempo: 30 minutos

APÊNDICE G – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido da Pesquisa

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido-TCLE

Eu, Iago Taveira Oliveira, mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (PPGEC) da Universidade de Brasília – UnB, orientado pela Prof^a Dr^a Carla Medeiros Y Araujo e Prof^a Dr^a Zara Faria Sobrinha Guimarães, realizo uma pesquisa com o objetivo de avaliar e testar um guia para o uso de analogias no ensino de biologia celular com estudantes de licenciatura do curso de Ciências Biológicas da UnB.

A pesquisa tem como intuito desenvolver um guia para professores de biologia sobre analogias em biologia celular, primeiramente avaliando-o com os estudantes de licenciatura. Os instrumentos de pesquisa a serem utilizados serão: respostas a dois questionários e a participação de uma atividade a ser realizada durante as disciplinas Didática das Ciências Naturais/Estágio Supervisionado em Ensino de Biologia. Você pode participar voluntariamente e contribuir com a pesquisa autorizando que as informações coletadas possam ser utilizadas para possíveis publicações dos resultados em eventos da área de educação e ensino de ciências e biologia, como para a publicação em revistas de caráter científico. Nenhum participante terá seu nome divulgado, protegendo assim sua privacidade. Você poderá desistir de participar da pesquisa a qualquer momento, tendo seus dados retirados da amostra sem nenhum prejuízo ou retaliação pela sua decisão.

Coloco-me à disposição para esclarecer dúvidas que julgar necessárias em relação à pesquisa, compartilhando o meu contato: celular (61) 981174186 e e-mail iago.gross@gmail.com.

Diante do exposto, declaro que eu, _____

_____,
CPF de nº: _____ e RG nº: _____, fui devidamente esclarecido (a) e concordo em participar desta pesquisa.

Brasília, ____ de _____ de 2018.

Assinatura do participante

APÊNDICE H – Questionário prévio para caracterização dos
participantes da pesquisa

**Questionário prévio para atividade: Uso de analogias no ensino de
biologia celular.**

Nome _____

Idade: _____ Sexo: _____ Semestre: _____

E-mail: _____

1. Finalizou o ensino médio em que ano? _____

2. Cursou o ensino médio onde?

- Apenas no sistema público
- Apenas no sistema privado
- Em ambos

3. Qual destas disciplinas da graduação você já cursou?

- Citologia
- Biologia Estrutural dos Tecidos
- Bioquímica Fundamental
- Biologia Molecular
- Microbiologia
- Genética
- Imunologia
- Biofísica
- Fisiologia vegetal
- Fisiologia animal

4. Marque as experiências acadêmicas vivenciadas por você durante o
curso de graduação:

- Monitoria. Qual? _____
- Estágio. Qual? _____
- PIBIC. Qual? _____
- PIBEX. Qual? _____
- PIBID
- PET
- Outras _____

Perguntas sobre analogias

1. Você sabe o que é analogia?

Sim. Dê exemplos _____

Não.

2. Você consegue comparar os conceitos científicos listados abaixo com algo do seu cotidiano? Se conseguir, descreva.

– DNA:

– O complexo enzima e substrato:


– Mitocôndria:

– ATP:

APÊNDICE I – Slides apresentados durante a atividade de validação do guia sobre o uso de analogias para o ensino de biologia

ANALOGIAS NO ENSINO DE BIOLOGIA

Iago Taveira – Mestrando pelo Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências (PPGEC)

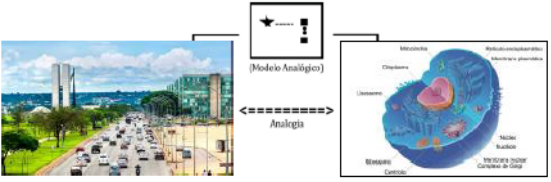


APRESENTAÇÃO





O QUE SÃO ANALOGIAS?



Esquema sobre o significado de analogia, adaptado de Duit (1991)

O QUE SÃO ANALOGIAS?

Conceito Superordenado, Princípio ou Fórmula

Análogo Cidade	Semelhante	Ano Célula
• Prefeitura e os governantes	..	• Núcleo e os ácidos nucleicos
• Estação de energia	..	• Mitocôndria
• Empresas de construção	..	• Ribossomos
• Ruas, ônibus e carros	..	• Retículo endoplasmático e o sistema de transporte
• Fábrica para exportação	..	• Complexo de Golgi

Não é semelhante

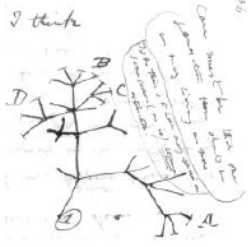

- Prefeitura e os governantes mudam a cada eleição, enquanto o núcleo e os ácidos nucleicos permanecem iguais.
- As cidades aumentam ou diminuem de tamanho de forma gradual e lenta, enquanto a célula mantém o mesmo tamanho até se duplicar de forma rápida e instantânea.

ONDE ESTÃO AS ANALOGIAS?

Analogias

- Ensino e aprendizagem das ciências
- Desenvolvimento de teorias científicas

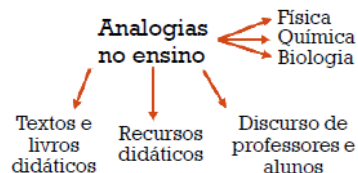
ANALOGIAS NAS CIÊNCIAS

POR QUE USAR?

- Pontos positivos
 - Uso de conhecimentos prévios
 - Interpretação de modelos complexos
 - Visualização de conceitos e estruturas abstratas
- Pontos negativos → Concepções alternativas
 1. Interpretação literal
 2. Desconhecimento do domínio análogo

ANALOGIAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS



ANALOGIAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS

• Livros didáticos

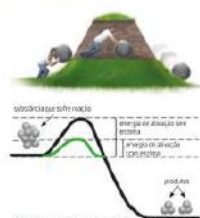


Figura 5.9 Uma comparação com estevei escavados morro, a reação diminui a energia de ativação necessária a uma reação. Os elementos das Figuras 5.8 e 5.9 estão em escala para facilitar.

• Recursos Didáticos



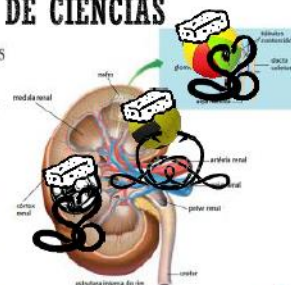
ANALOGIAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS

USO ESPONTÂNEO DE ANALOGIAS POR PROFESSORES DE BIOLOGIA E O USO SISTEMATIZADO DE ANALOGIAS: QUE RELAÇÃO?

The spontaneous use of analogies by biology teachers and the use of systematic analogies: which works?

• Uso por professores

“O Glomérulo de malpighi é como se fosse uma bola com uma camada externa como uma esponja que suga a sujeira, é a cápsula de Bowman. Os vasos eferentes vão se enrolando como serpentes nos túbulos, dando oxigênio e recebendo gás carbônico.”



ANALOGIAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Modelo FAR – Foco, Ação, Reflexão

Foco	
Conceito (Alvo)	O conceito é difícil, desconhecido ou abstrato?
Estudantes	O que os estudantes sabem a respeito do conceito?
Análogo	Quais análogos são familiares aos estudantes?
Ação	
Semelhanças	Debater as características do análogo e do alvo. Mapear as similaridades entre o análogo e o alvo.
Diferenças	Debater as diferenças entre o análogo e o alvo.
Reflexão	
Conclusões	A analogia foi clara e útil ou confusa?
Aperfeiçoamentos	Quais mudanças a analogia requer? Quais mudanças são necessárias para a sua utilização?

GUIA PARA USO DE ANALOGIAS



VAMOS PARA A O GUIA?

Obrigado pela atenção

APÊNDICE J – Questionário para análise do guia sobre o uso de analogias para o ensino de biologia celular

Universidade de Brasília – UnB
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências – PPGE

Nome: _____
Disciplina: _____ Turma: _____

QUESTIONÁRIO PARA ANÁLISE DO GUIA

As questões abaixo referem-se à etapa de avaliação do **Guia sobre o uso de analogias para o ensino de biologia celular**. Responda as questões com base no Guia entregue.

Questões sobre a primeira parte do guia: Embasamento teórico

1. O conteúdo sobre analogias apresentado no guia permitiu que você compreendesse o conceito de analogia?

() Sim () Não. Em caso negativo explicita a dificuldade.

2. As figuras utilizadas no guia foram significativas para o entendimento do conteúdo proposto?

() Sim () Não. Descreva.

3. As etapas do modelo FAR (Foco, Ação e Reflexão) encontradas no quadro 1 são suficientemente claras para você?

() Sim () Não. Em caso negativo explicita a dificuldade.

**Questões sobre a segunda parte do guia:
Analogias em biologia celular mais frequentes em livros didáticos**

Qual analogia você recebeu?

- Escada – DNA
- Fechadura/Chave – Enzima/Substrato
- Usina de energia – Mitocôndria
- Moeda – ATP

1. A etapa Foco, na qual são descritas as características dos conceitos alvo e análogo bem como as concepções dos estudantes sobre o conceito científico, está descrita com clareza?

Sim Não. Em caso negativo comente.

2. Na etapa Ação, na qual ocorre o mapeamento entre os dois domínios (alvo e análogo), as comparações feitas são compreensíveis?

Sim Não. Em caso negativo comente.

3. A etapa de Reflexão auxilia na reelaboração do uso da analogia?

Sim Não. Em caso negativo comente.

4. A existência de um guia como o proposto auxilia a condução de uma aula de biologia celular que tenha analogias como a apresentada?

Sim Não. Em caso negativo comente.

5. Você usaria esse guia em sala de aula?

() Sim. Em que situações?

() Não. Comente.

6. Deseja tecer algum comentário ou recomendação a respeito do guia?

Agradeço a sua participação!
Ela será valiosa para a elaboração da versão final do
Guia: uso de analogias em biologia celular.

APÊNDICE K – Diferentes tipos de analogias em biologia celular no
PNLD biologia 2018

Domínios		Coleções									Repetições
Análogo	Alvo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
Blocos de construção	Substâncias químicas	x				x	x				3
Letras e palavras	Aminoácidos e proteínas	x					x	x		x	5
Letras e palavras	Nucleotídeos e o DNA	x	x				x	x			5
Escada em espiral	Estrutura do DNA	x	x		x	x	x	x	x	x	17
Mosaico	Membrana plasmática	x				x	x				3
Moeda	Tilacóide	x				x				x	3
Usina de energia	Mitocôndria	x	x			x	x				9
Chave e fechadura	Enzima e substrato	x		x	x	x	x	x	x	x	19
Moeda	ATP	x			x	x	x	x			8
Acelerador e freio	Genes associados ao câncer	x									1
Favo de mel	Células		x	x			x				4
Vagões de trem	Hidrogênios de hidrocarbonetos		x								1
Espinha dorsal	Átomo de carbono		x								1
Combustível	Função de monossacarídeos		x				x				4
Blocos de construção	Polissacarídeos		x								1
Combustível	Ácidos Graxos		x								1
Modelo (Pinos)	Bases nitrogenadas		x								1
Modelo (Pinos)	Síntese de proteínas		x								1
Modelo (Pinos)	ATP		x								1
Casca rígida	Zona Pelúcida		x								1
Cola	Colesterol		x								1
Cabos e escoras de uma construção	Citoesqueleto		x								1
Canudo	Globulina		x								1
Receita	DNA		x				x			x	3
Acender um palito de fósforo	Energia de ativação		x								1
Pilha elétrica	Diferença de potencial da membrana cel.		x								1
Impulso elétrico	Impulso nervoso		x								1
Guardião	DNA		x								2

continua

continuação

Domínios		Coleções									
Análogo	Alvo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Repetições
Película	Tensão superficial			x							1
Folhas dobradas	Estrutura secundária de proteínas			x							1
Hélice	Flagelo			x							2
Pilha elétrica	Mitocôndria			x							1
Estrelas	Neurônio			x							1
Regulador térmico	Água			x							1
Impressão digital	Membrana plasmática			x							1
Lajotas	Células			x							1
Rotor	Base do flagelo celular			x							1
Combustão	Liberação de energia pelo ATP			x							1
Um Homem martelando	Fotofosforilação			x							1
Clones	Duplicação do DNA			x							1
Impressão digital	DNA			x						x	2
Rede	Citoesqueleto			x							1
Pilha elétrica	ATP			x							1
Saída de pessoas de um trem	Difusão facilitada			x							1
Imã	Molécula de água				x						1
Lençol pregueado	Estrutura secundária de proteínas				x						1
"Tijolinhos"	Aminoácidos				x		x				2
Caixa de ferramentas	mecanismos celulares de reparação				x						1
Fábricas	Bactérias				x						3
Peças de "lego"	Aminoácido e proteínas				x						1
Uma pedra arrastada em um morro	Energia de ativação				x			x			2
Caixa de Papelão	Parede celular				x						1
Gelatina	Citosol				x			x			3
Folha de trevo	RNA				x						1
O trabalho de arqueólogos	Descoberta do código genético				x						1
Pontuações	Códons				x						1
Tesouras	Endonucleases (enzimas nucleares)				x	x					2
Um obsoleto disco vinil	Homem				x						1

continua

continuação

Domínios		Coleções									
Análogo	Alvo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Repetições
Capuz protetor	Telômeros				x						1
Livro de registros	DNA				x						1
Anotações	Marcas epigenéticas				x						1
Casa	Célula				x		x				1
Corrente	Proteína					x					1
Gerador de energia	ATP sintetase					x					4
Estádio de futebol	Átomo					x					1
Fábrica de combustível	Cloroplasto					x					1
Palito de fósforo	Fosfolipídios					x					1
Fio de telefone	Proteína					x		x			2
Tijolo	Célula					x					2
Quarto	Célula					x					1
Película	Membrana plasmática					x					1
Grão de pimenta	Ribossomo					x					1
Estômago	Lisossomo					x					1
Caneta	Microtúbulos					x					1
Pelos	Cílios celulares					x					1
Movimento de um chicote	movimento de flagelos					x					1
Como uma luva recobrimdo	Membrana plasmática cobrindo o flagelo					x					1
Válvulas	Poros da carioteca					x					1
Um metro	O tamanho do DNA					x					1
Barbantes emaranhados	DNA					x					1
Mola helicoidal	Cromossomo					x					1
Espiral de um caderno	DNA					x					1
A letra "L"	RNA ^t					x					1
Anéis de uma corrente	Cadeia transportadora de elétrons					x					1
Carrossel	Ciclo de Krebs					x					1
Zíper	Emparelhamento dos cromossomos					x			x		2
Dedos	Cromossomo					x					1
Ponta de cadarços	Telômeros					x					1
Sistema mecânico	Fotossíntese					x					1
Cidade	Célula					x	x				5
Centro administrativo	Núcleo						x				1

Continua

continuação

Domínios		Coleções									Repetições
Análogo	Alvo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
Cartas	Genes						x				1
O sal de cozinha	Vírus						x				1
Cidade	Organização dos seres vivos						x				4
Isolante térmico	Lipídios						x				1
Amortecedor	Lipídios						x				1
Documento de identidade	DNA						x				1
Energia em robôs	Energia em humanos						x				1
Óleo em água	Membrana plasmática						x				1
Presilhas	Desmossomos						x				1
Colar de contas	Microfilamentos						x				1
Máquina de lavar	Centrífuga						x				1
Antenas	Clorofila						x				1
Queima de combustível	Produção de ATP						x				1
Alimento	Combustível						x				1
Armazém	Núcleo						x				1
Usina química	Metabolismo						x				1
Peças defeituosas de uma fábrica	Erros no DNA						x				1
Controle de qualidade de uma fábrica	Reparo do DNA						x				1
Fábrica	Célula						x				1
Quebra cabeça	Pesquisa científica						x				1
Máquina de criar proteínas	Ribossomo						x				1
Linha de montagem	Poliribossomo						x				3
Colar de pedrinhas	Aminoácidos e proteínas							x			1
Obra de arte	Um ser vivo							x			1
Cola	ácido hialurônico							x			1
Túnel no morro	Enzima de membrana							x			1
O tato por dedos	Microscópio de varredura							x			1
Pneu de carro	Pressão osmótica em células vegetais							x			1
Dedos finos	Microvilosidades							x			1
Esqueleto e músculos	Citoesqueleto							x			1
Cordas entrelaçadas	Filamentos intermediários							x			1
Aquecedor	Mitocôndria							x			1

continua

APÊNDICE L – Analogias novas do PNLD biologia 2018 do conteúdo de biologia celular

ANALOGIAS NOVAS	ALVO
Blocos de construção	Biomoléculas
Usina de energia	Mitocôndria
Escada em espiral	DNA
Guardião	DNA
Favo de mel	Espaços celulares
Pilhas elétricas	Mitocôndria
Tijolos	Proteínas
Caixas de ferramentas	Mecanismo de reparo celular
Fábricas	Bactérias
Livro de registro	DNA
Anotações	Marcas epigenéticas
Tesouras	Proteínas
Estádio de futebol	Átomo
Moedas	Tilacoide
Fábricas	Combustível
Cartas	Genes
Colar de pedrinhas	Proteínas
Pé de pato	Embrião em formação
Pilhas elétricas	Diferença de potencial da membrana celular
Folhas dobradas	Estrutura secundária de proteínas
Hélice	Flagelo
Estrelas	Neurônio
Chave e fechadura	Enzima e substrato
Imã	Molécula de água
Lençol pregueado	Estrutura secundária de proteínas
Moedas	ATP
Linha de montagem	Poliribossomo
Extraterrestre	Mitocôndria

continua

conclusão

ANALOGIAS NOVAS	ALVO
Colar de contas	Nucleossomos
Livro de receitas	DNA
Letras e palavras	Aminoácidos e proteínas
Receita	DNA

APÊNDICE M – Analogias retiradas do PNLB biologia 2018 do conteúdo de biologia celular

ANALOGIAS RETIRADAS	ALVO
Fogo	Ciclo de vida dos seres vivos
Colar de pedras	Proteínas
Amortecedor térmico	Calor específico
Tique-taque do relógio	Tamanho dos telômeros
Corda do relógio	Função das telomerasas
Porteiro	Membrana plasmática
Azulejos	Tecido epitelial
Receita de bolo	DNA
Moeda	Tilacoide
Moeda	ATP
Espaguete	Cromossomos
Novelo de lã	Cromossomos
Orquestra	Funcionamento de genes
Espiões	Antimetabólitos
Peça de plástico do cadarço	Telômeros
Relógio	Telômeros
Rendimento de um automóvel	Rendimento da respiração celular
Campo de futebol	Tamanho da célula
Fio	Proteínas
Escultura moderna	Proteínas
Um quarto de 3m	Tamanho da célula
Esfera de 1 m de diâmetro	Núcleo
Barbantes	Filamentos grossos
Gelatina	Citosol
Película plástica	Membrana plasmática
Concreto	Parede celular
Espessura de uma parede de tijolos	Espessura da parede celular
Movimento de um chicote	Movimento do flagelo

continua

conclusão

ANALOGIAS RETIRADAS	Alvo
Tamanho de uma melancia	Cloroplasto
Caixa d'água	Vacúolo
Berinjela e abobrinha	Mitocôndria
Motor	Síntese de ATP
Fábrica de carros	Produção de espermatozoides
Código de barras	DNA
Texto	Bases nitrogenadas
Sanduíche	Membrana plasmática
Chave-fechadura	Proteínas e substratos
Combustível	Amido
Mão em um jogo de cartas	Cromossomos
Cartas	Genes
Cidadãos do tempo geológico	Genes
Armazém	Nucléolos
Quebra-cabeça	Pesquisa científica
Diretor	DNA
Máquina	Ribossomo
Letras e palavras	Bases nitrogenadas
Lego	Proteínas
Fio de telefone	Proteínas
Catalisadores industriais	Enzimas
Exército	Glóbulos brancos
Pé de pato	Embrião em formação
Baquetas de tambor	Cromossomos
Pintura	Ser vivo
Funcionamento de uma escola	Fisiologia da célula
Greve de profissionais	Funcionamento da mitocôndria
Baterias	ATP
Metrópole/refinaria	Célula
Homem empurrando uma rocha	Energia de ativação
Homem empurrando uma rocha	Reação exergônica

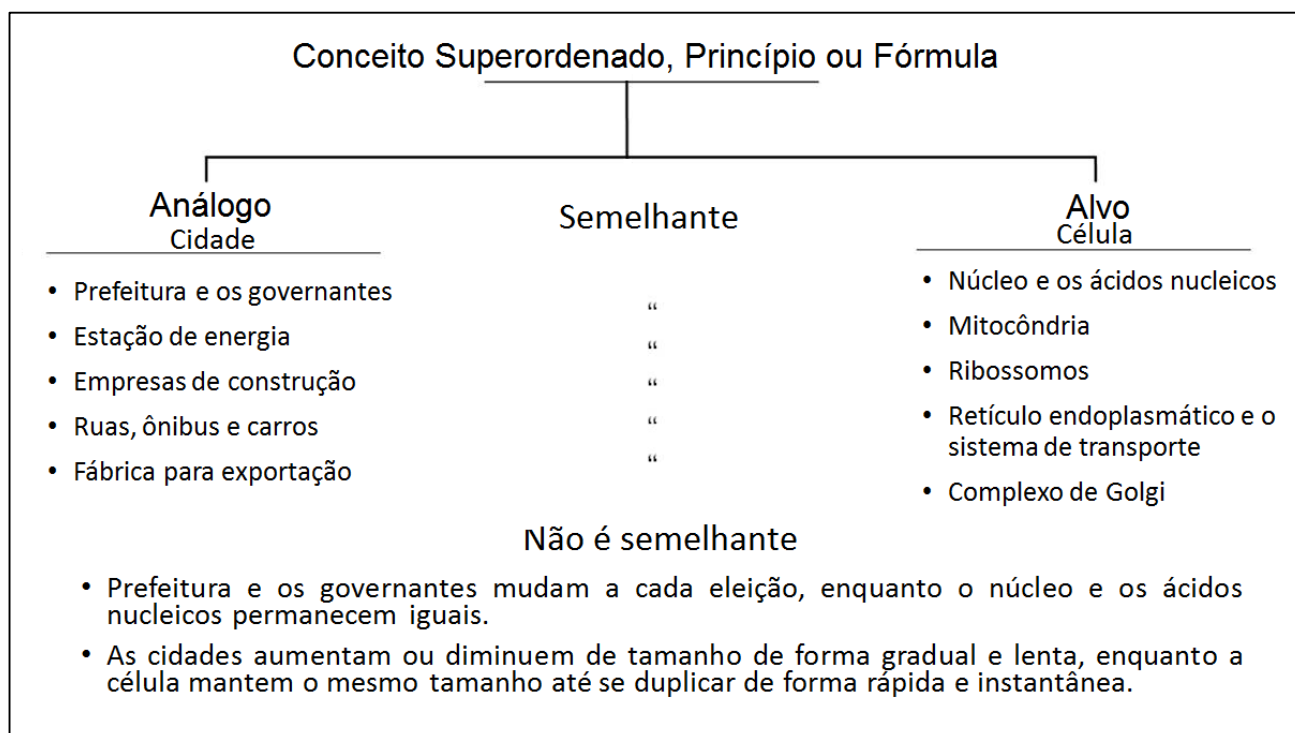
APÊNDICE N – Proposição didática

Universidade de Brasília – UnB
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências – PPGE

Guia sobre o uso de analogias para o ensino de biologia celular Primeira parte do guia: Embasamento teórico

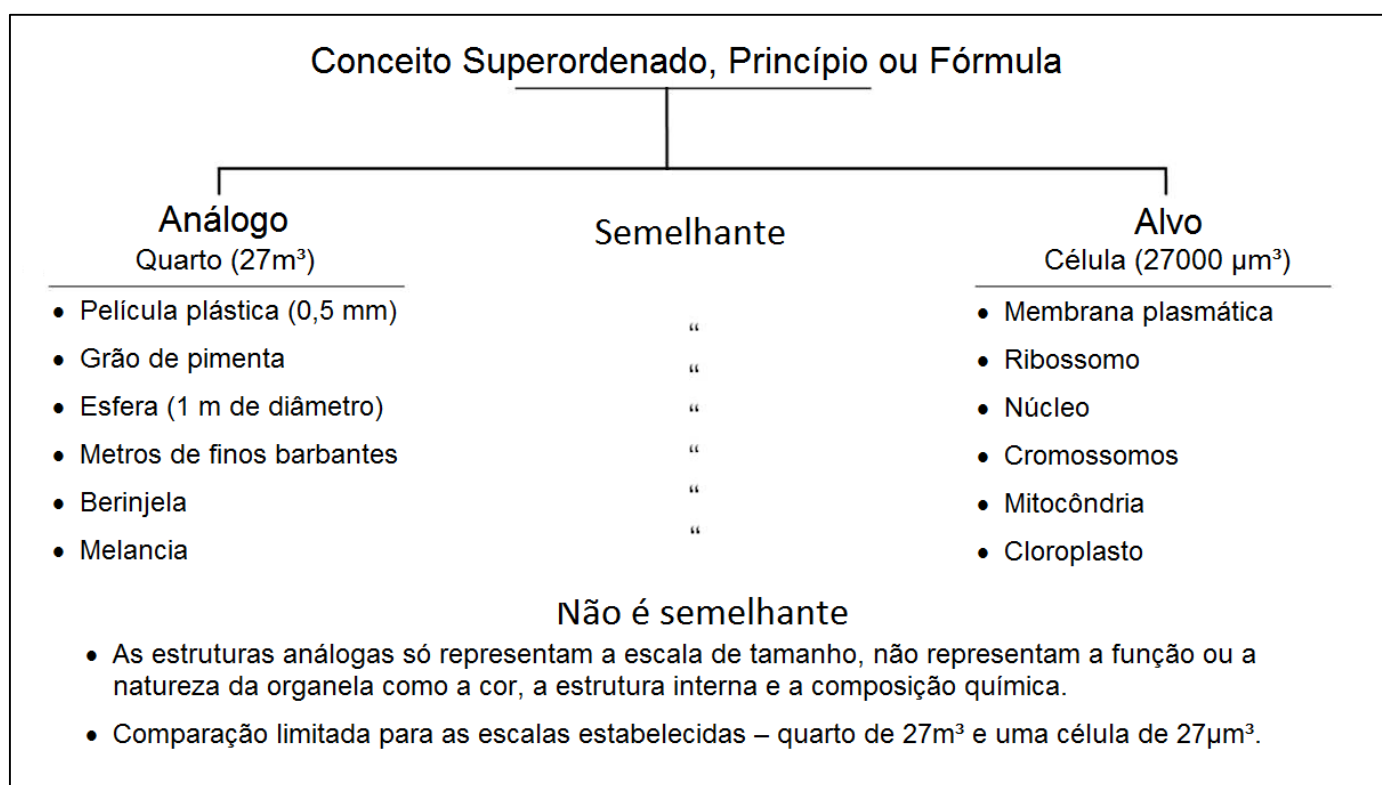
Analogias e metáforas são maneiras de comparar estruturas ou processos de dois domínios diferentes, baseado em suas similaridades, com a intenção de expressar algo desconhecido ou não familiar por meio de algo familiar ou conhecido (DUIT, 1991; AUBUSSON *et al.*, 2006). O domínio familiar é chamado de análogo e o domínio pouco familiar é denominado de alvo, e por meio do raciocínio analógico são traçadas as relações de similaridades entre esses dois domínios formando um modelo analógico como o exemplificado na figura 1.

Figura 1 - Analogia relacionando uma cidade com uma célula para explicar a função das organelas celulares



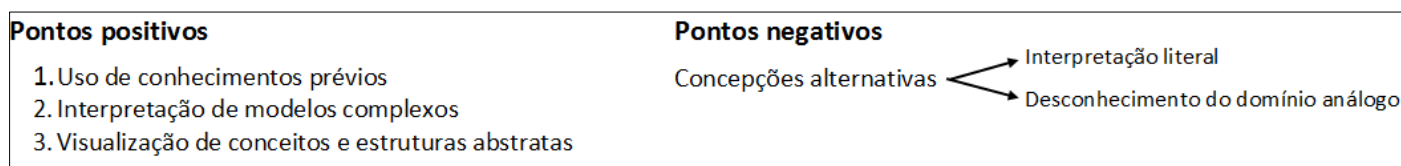
Cada analogia pode ser funcional (quando a comparação é entre as funções), estrutural (quando a comparação é entre as estruturas) e estrutural/funcional (CURTIS; REIGELUTH, 1984). As analogias não necessitam explicar todas as partes do conceito-alvo, mas é preciso que os limites de cada analogia estejam evidentes para quem irá receber a analogia. A figura 1 é um exemplo de mapeamento de uma analogia do tipo funcional e a figura 2 mostra um exemplo de mapeamento de uma analogia do tipo estrutural para o mesmo alvo, isto é, uma célula eucarionte.

Figura 2 - Analogia relacionando um quarto com uma célula para explicar o tamanho das organelas celulares



As analogias facilitam a compreensão e a comunicação de temas abstratos e pouco conhecidos, porém, seu uso pode gerar interpretações alternativas pelos usuários, revelando que o uso de analogias pode apresentar pontos positivos e negativos (HARRISON; TREAGUST, 2006) (Figura 3).

Figura 3. Pontos positivos e negativos a partir do uso de analogias no ensino



Em biologia, as analogias são historicamente utilizadas por cientistas para explicarem e desenvolverem teorias científicas e no nosso dia a dia estão presentes em noticiários e reportagens. No meio educacional, estão presentes nos discursos dos professores, nos livros didáticos e em outros recursos pedagógicos.

Modelo para o uso planejado de analogias: o modelo FAR

Para obter a melhor compreensão das analogias por estudantes um modo planejado para o seu uso foi proposto há algum tempo e é conhecido como modelo FAR (Foco, Ação, Reflexão) (TREAGUST *et al.*, 1998; HARRISON; TREAGUST, 2006). O modelo FAR consiste em três etapas denominadas Foco, Ação e Reflexão (Quadro 1). A etapa Foco é o momento de planejamento prévio feito pelo professor para a seleção e preparação da analogia. A etapa Ação é a etapa de elaboração do mapeamento da analogia com os estudantes. Reflexão é o momento final pertinente à avaliação feita pelo professor acerca do uso da analogia feito em sala de aula, visando um possível replanejamento.

Quadro 2 - Modelo FAR, adaptado de Treagust *et al.* (1998) e Harrison e Treagust (2006)

Modelo FAR – Foco, Ação, Reflexão	
<u>Foco</u>	
Conceito (Alvo)	O conceito é difícil, desconhecido ou abstrato?
Estudantes	O que os estudantes sabem a respeito do conceito?
Análogo	Quais análogos são familiares aos estudantes?
<u>Ação</u>	
Semelhanças	Debater as características do análogo e do alvo. Mapear as similaridades entre o análogo e o alvo.
Diferenças	Debater as diferenças entre o análogo e o alvo.
<u>Reflexão</u>	
Conclusões	A analogia foi clara e útil ou confusa?
Aperfeiçoamentos	Quais mudanças a analogia requer? Quais mudanças são necessárias para a sua utilização?

Referências bibliográficas

- AUBUSSON, P.J.; HARRISON, A.G.; RITCHIE, S.M. Metaphor and Analogy: Serious thought in science education. In: AUBUSSON, P.J.; HARRISON, A.G.; RITCHIE, S.M. (Orgs.). **Metaphor and Analogy in Science Education**. Dordrecht: Springer, 2006, p.1-10.
- CURTIS, R. V.; REIGELUTH, C. M. The use of analogies in written text. **Instructional Science**, v. 13, n. 2, p. 99-117, 1984.
- DUIT, R. On the role of analogies and metaphors in learning science. **Science Education**, v. 75, n. 6, p. 649–672, 1991.
- HARRISON, A. G; TREAGUST, D. F. Teaching and Learning with Analogies: Friend or foe? In: AUBUSSON, P.J.; HARRISON, A.G.; RITCHIE, S.M. (Orgs.). **Metaphor and Analogy in Science Education**. Dordrecht: Springer, 2006, p.11-24.
- TREAGUST, F. D.; HARRISON, A. G.; VENVILLE, G. J. Teaching Science Effectively with Analogies: an approach for preservice and in-service teacher education. **Journal of Science Teacher Education**, v.9, n. 2, p. 85-101, 1998.

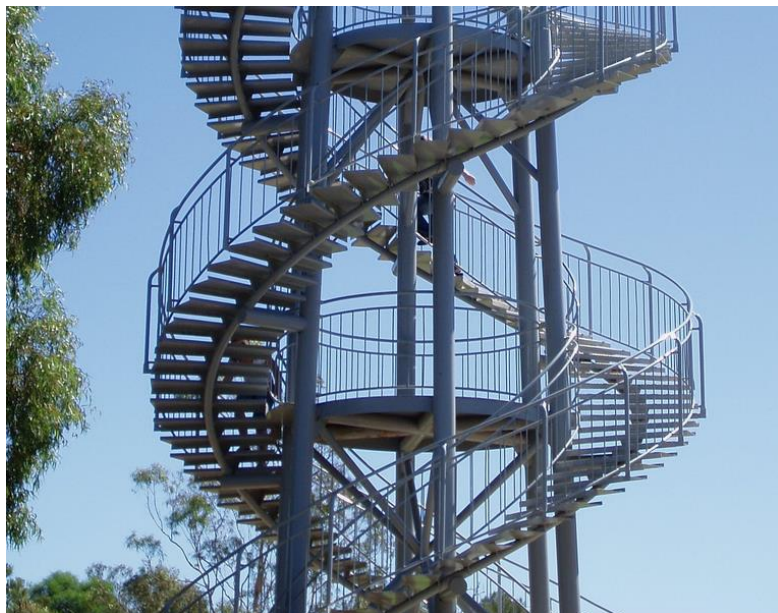
Guia sobre o uso de analogias para o ensino de biologia celular
Segunda parte do guia:
Analogias mais usuais em biologia celular
nos livros didáticos de biologia do PNL D 2018

Analogia entre a escada em espiral com a estrutura da molécula de DNA		
Foco	Conceito	A estrutura da molécula de DNA é um conteúdo chave para a compreensão da informação genética dos seres vivos, essencial para o ensino de biologia. É importante compreender a unidade básica do DNA: o nucleotídeo (grupo fosfato, desoxirribose e base nitrogenada) e que a ligação entre seus pares vai delimitar o tamanho e a sequência das moléculas de DNA.
	Análogo	A escada em espiral é uma estrutura possível de ser encontrada em edifícios e casas, assim, pode ser familiar ao estudante. Por se tratar de uma estrutura palpável e que permite a interação, os estudantes podem reconhecer facilmente todas as partes que compõe o análogo.
	Estudante	O conhecimento dos estudantes sobre a molécula de DNA está muito atrelado às novidades e aos temas relacionados à biotecnologia como o teste de DNA, a clonagem e os transgênicos. A estrutura da molécula do DNA pode ser uma informação pouco conhecida por eles.
	Tipo de Analogia	Analogia do tipo estrutural
Ação	SEMELHANÇAS	
	Escada	Molécula de DNA
	Degraus	Nucleotídeos - constituídos por pares de bases nitrogenadas pareadas Adenina – Timina Citosina - Guanina
	Apoio do corrimão	Desoxirriboses (pentoses) ligadas aos grupos fosfato
	Forma helicoidal	Forma helicoidal
	Cada escada tem uma determinada quantidade de degraus.	Cada molécula de DNA tem uma determinada quantidade de bases nitrogenadas.
	A altura dos degraus da escada é a mesma ao longo de toda a estrutura.	A distância entre as bases nitrogenadas é igual por toda molécula.
	DIFERENÇAS	
	A escada, normalmente, está fixada ao chão e ao teto.	A molécula de DNA pode estar em diferentes estados dentro da célula (cromátide, eucromatina, heterocromatina).
Os degraus da escada são sempre iguais.	A ordem é definida pela sequência de pares de bases nitrogenadas.	

	Os degraus são constituídos de uma única estrutura.	Os nucleotídeos são constituídos por duas bases nitrogenadas unidas por ligações de hidrogênio (adenina com timina e citosina com guanina).
Reflexão	Conclusões	Os estudantes perceberam que tanto a molécula de DNA como a escada são estruturas formadas por unidades que se repetem? Ficou claro que a analogia compara a estrutura entre os dois domínios e não função?
	Aperfeiçoamentos	Ir a um local que tenha uma escada em espiral com os estudantes e observar as características do análogo antes da analogia pode facilitar a compreensão deles? Seria interessante trazer outra analogia para os estudantes para explicar a função do DNA? A analogia permite compreender que as moléculas de DNA são iguais em todos os organismos, variando somente quanto a ordem e o tamanho?
Como é utilizado em livros do PNLD	“... a molécula é constituída por duas cadeias de polinucleotídeos enrolados uma sobre a outra, formando uma dupla-hélice [...], semelhante a uma escada em caracol, cujos degraus são pares de bases nitrogenadas (A com T , e C com G). Embora em qualquer molécula de DNA existam sempre os mesmos tipos de degraus (AT e CG), o número de tipos de moléculas existentes é praticamente infinito, já que a sequência varia.” (JÚNIOR <i>et al</i> , 2017, p. 42)	

ANÁLOGO

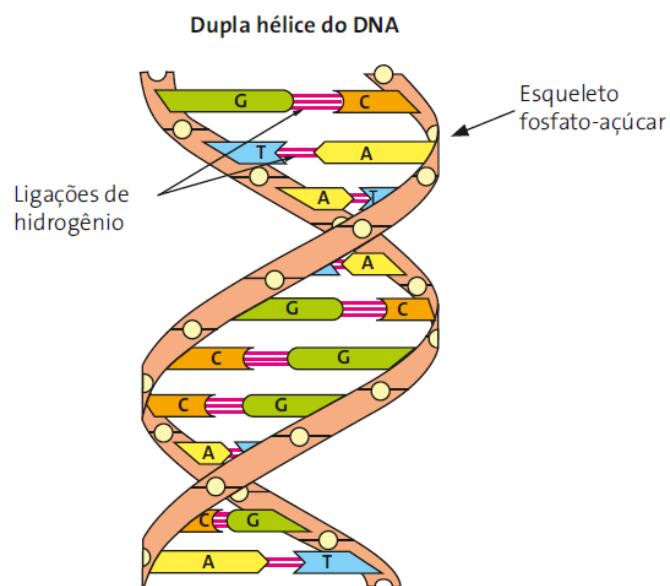
Figura 4 - Escada em espiral



Fonte: <https://www.flickr.com/photos/pikerslanefarm/3399267435>

ALVO

Figura 5 - Representação da molécula de DNA



Fonte: Lopes e Rosso (2017) p. 188

Referências bibliográficas

JÚNIOR, C., R.; SASSON, S.; JÚNIOR, N., C. **Biologia: ensino médio**. 12 ed. São Paulo: Saraiva, 2017.

LOPES, S.; ROSSO, S. **Bio**. 3 ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

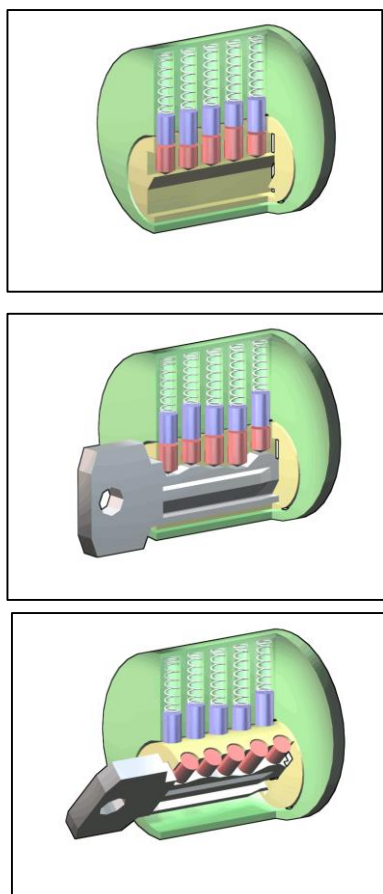
Guia sobre o uso de analogias para o ensino de biologia celular
Segunda parte do guia:
Analogias mais usuais em biologia celular
nos livros didáticos de biologia do PNL D 2018

Analogia entre chave e fechadura com o substrato e enzima		
Foco	<p>Conceito</p> <p>As enzimas são catalisadores fundamentais para os processos biológicos agindo como reguladores das reações químicas nos organismos vivos. Elas fazem parte de um grupo específico de proteínas e desempenham sua função diminuindo o gasto de energia. Aceleram as reações químicas dos organismos, tanto de reações que sintetizam novas moléculas (anabolismo) como de reações que degradam moléculas (catabolismo). Cada enzima catalisa apenas uma reação, essa característica é definida pelas estruturas específicas e complementares entre os substratos e suas enzimas.</p>	
	<p>Análogo</p> <p>Fechaduras fazem parte do dia a dia dos estudantes, e mesmo que não saibam exatamente como o interior de uma fechadura funciona, faz parte do entendimento deles que para cada fechadura há uma chave de formato específico que funciona dentro dela.</p>	
	<p>Estudante</p> <p>Como conhecimento prévio, talvez os estudantes recordem sobre as enzimas digestórias e suas funções. A especificidade e a diversidade de enzimas nos processos biológicos provavelmente devem ser conceitos científicos desconhecidos para eles.</p>	
	<p>Tipo de Analogia</p> <p>Analogia do tipo funcional</p>	
Ação	SEMELHANÇAS	
	Chave/Fechadura	Substrato/Enzima
	Uma chave para cada fechadura	Um substrato para cada enzima
	Diferentes tipos de chaves e fechaduras	Diferentes tipos de substratos e enzimas
	A fechadura funciona por meio do movimento interno das engrenagens.	A enzima catalisa as reações químicas por meio da mudança da forma do seu sítio ativo.
	DIFERENÇAS	
	A chave não muda a sua estrutura após se encaixar.	O substrato se modifica após o encaixe na enzima.
	A fechadura não necessita de outras estruturas para funcionar.	Enzimas necessitam de cofatores e coenzimas para funcionar.
A fechadura não depende de fatores externos para funcionar.	A enzima depende de fatores como pH e temperatura para funcionar.	
O encaixe entre chave e fechadura deve ser perfeito para possibilitar a abertura da porta.	O encaixe entre o substrato e a enzima não é perfeito.	

	A fechadura só desempenha a função de fechar e abrir.	As enzimas desempenham uma grande variedade de funções.
Reflexão	Conclusões	A analogia permite ao estudante compreender que as enzimas são específicas aos seus substratos dentro da célula? As diferenças entre os dois domínios podem favorecer a compreensão global das funções das enzimas no ambiente celular? A estrutura dos análogos (chave/fechadura) permite compreender a estrutura das enzimas e dos substratos?
	Aperfeiçoamentos	Outros temas podem ser explorados com essa analogia, como inibidores enzimáticos ou anticorpos? Ao se elaborar uma situação hipotética com a fechadura da sala de aula que simbolize um processo celular facilitaria a compreensão da analogia?
Como é utilizado em livros do PNLD	“Enzimas catalisam quase todas as reações bioquímicas que ocorrem nos seres vivos. Cada enzima age apenas sobre certas reações. Parte dessa especificidade decorre das estruturas terciária e quaternária da molécula. Assim, existe uma combinação entre o formato da enzima e o formato das substâncias sobre as quais ela age, como uma chave com sua fechadura.” (CATANI <i>et al.</i> , 2016)	

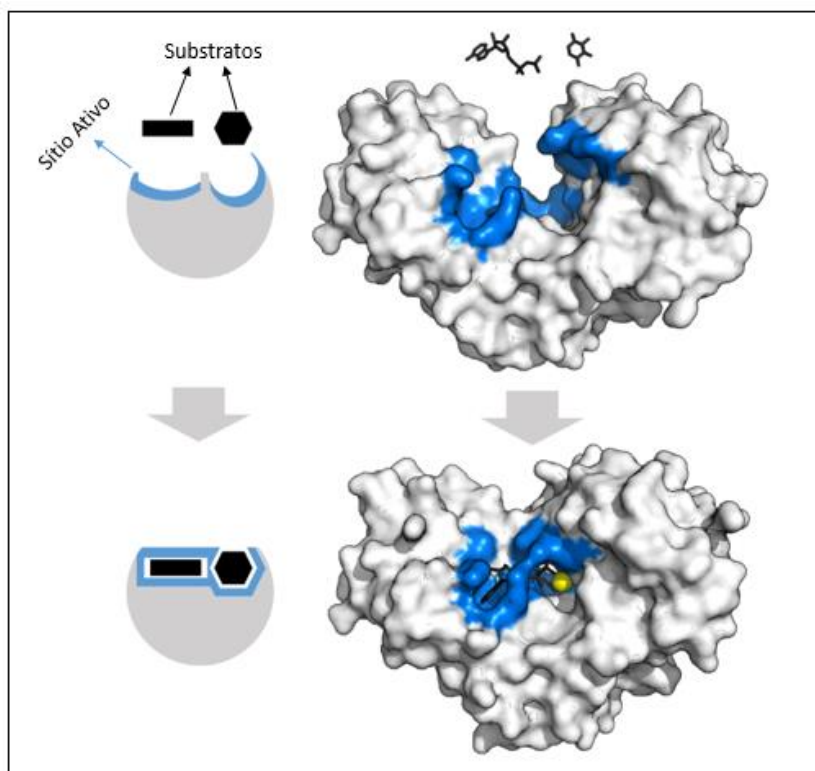
ANÁLOGO

Figura 6 - Uma chave abrindo uma fechadura



ALVO

Figura 7- Modelos de uma enzima catalisando uma reação química



Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hexokinase_induced_fit.svg

Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pin_tumbler_no_key.svg

Referência bibliográfica

CATANI, A. *et al.* **Ser Protagonista: Biologia**. 3ª ed. São Paulo: SM, 2016.

Guia sobre o uso de analogias para o ensino de biologia celular

Segunda parte do guia:

Analogias mais usuais em biologia celular nos livros didáticos de biologia do PNL D 2018

Analogia entre a moeda e o ATP		
Foco	Conceito	O ATP é uma molécula essencial para todos os seres vivos, por ser a principal fornecedora de energia dos processos biológicos. A molécula de ATP é constituída de uma base nitrogenada ligada a três grupos fosfato. A quebra de uma ligação entre os grupos fosfato libera energia transformando ATP em ADP e um grupo fosfato livre. A molécula de ATP é igual em todos os organismos vivos.
	Análogo	A todo momento pessoas compram e vendem algo utilizando-se de dinheiro. Assim, o sentido econômico de moeda como meio para realizar transações monetárias é compreendido pela maior parte dos estudantes.
	Estudante	Os estudantes sabem que os organismos vivos necessitam gastar energia a todo tempo para realizarem atividades. A origem dessa energia vem dos alimentos (energia química). Porém, é provável que o conhecimento da molécula de ATP como unidade energética e seus diferentes estados químicos ainda sejam temas científicos desconhecidos.
	Tipo de Analogia	Analogia do tipo funcional
Ação	SEMELHANÇAS	
	Moeda	ATP
	Unidade de valor monetário para os seres humanos.	Unidade de valor energético para os seres vivos.
	É usada em locais diferentes.	É usada em regiões celulares diferentes.
	Utilizada em diferentes situações do cotidiano.	Utilizada em diferentes processos celulares.
	DIFERENÇAS	
	Não muda o valor após seu uso.	Muda de valor após o uso (ATP transformasse em ADP).
Pode ter diferentes valores.	Valor definido pela energia liberada.	
Reflexão	Conclusões	Foi compreendida a ideia de que para as reações químicas ocorrerem há necessidade de energia liberada pelas moléculas de ATP? Os estudantes entenderam a analogia no sentido funcional e não estrutural? Ficou claro que o ATP é o fornecedor de energia universal de energia dos seres vivos?
	Aperfeiçoamentos	Comparações podem ser feitas para explicar a produção de energia dentro das células? Outras analogias podem ser utilizadas para explicar a estrutura e função das moléculas de ATP? Como realizar uma demonstração em sala de aula de uma transação monetária para explicar melhor a analogia?

Como é
utilizado em
livros do PNLD

“A estratégia energética dos seres vivos consiste em transferir a energia liberada na quebra de alimento para moléculas armazenadoras, capazes de circular livremente pela célula fornecendo energia aos processos vitais. O principal responsável pelo armazenamento temporário de energia intracelular é o **trifosfato de adenosina**, substância conhecida pela sigla ATP [...]. Alguns cientistas comparam o ATP a uma “moeda energética”, que circula dentro da célula e custeia os gastos metabólicos. “ (AMABIS; MARTHO, 2016, p. 140)

ANÁLOGO

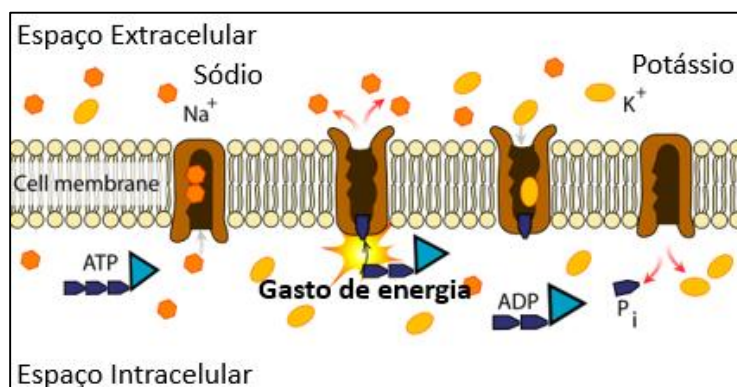
Figura 8 - Pessoa comprando algo com dinheiro



Fonte: <https://pixabay.com/pt/mercado-venda-dinheiro-vendida-3629753/>

ALVO

Figura 9 – Modelo de funcionamento da bomba de sódio e potássio



Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Scheme_sodium-potassium_pump-en.svg

Referência bibliográfica

AMABIS J., M.; MARTHO G., R. **Biologia moderna**. São Paulo: Moderna, 2016.

Guia sobre o uso de analogias para o ensino de biologia celular

Segunda parte do guia:

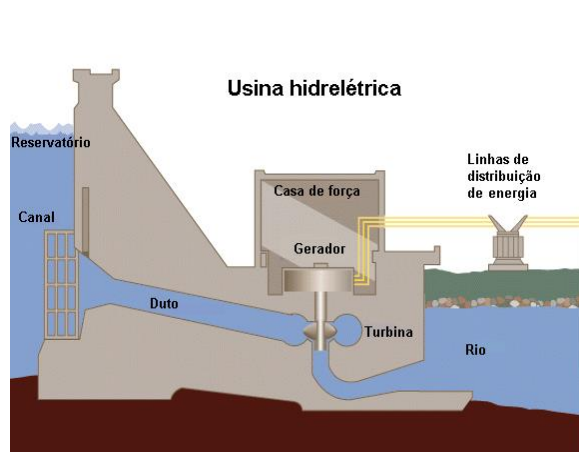
Analogias mais usuais em biologia celular nos livros didáticos de biologia do PNL D 2018

Analogia entre uma usina de energia e a mitocôndria		
Foco	Conceito	A mitocôndria é uma das organelas mais importantes das células, pois produz energia, na forma de ATP, por meio da transformação de compostos orgânicos como carboidratos, lipídios e proteínas. A mitocôndria possui uma membrana externa e interna, criando compartimentos no seu interior, assim como, DNA mitocondrial e ribossomos próprios. A produção de ATP ocorre em três etapas bioquímicas distintas: glicólise, ciclo de Krebs e cadeia transportadora de elétrons na qual ocorre a maior parte da produção de energia a partir da passagem de prótons (H ⁺) pela ATP sintase.
	Análogo	É esperado que os estudantes saibam que usinas de energia produzem energia a partir de uma fonte energética como os raios solares, movimento das águas, etc. Entretanto, talvez alguns alunos não saibam como o gerador da usina produz energia a partir da sua rotação. A diversidade de usinas pode ser explorada para compreender quais são as características comuns a todas as usinas geradoras de energia.
	Estudante	Os estudantes sabem que os seres vivos necessitam de energia para realizar todas as suas atividades e que a origem dessa energia vem dos alimentos consumidos. A mitocôndria pode também ser reconhecida como uma organela associada ao processo energético. Porém, como o processo de produção de energia acontece deve ser um tema científico ainda abstrato.
	Tipo de Analogia	Analogia do tipo funcional
Ação	SEMELHANÇAS	
	Usina de energia	Mitocôndria
	Produz energia para as cidades.	Produz energia para as células.
	Utiliza de uma fonte (mecânica ou luminosa) para a produção de energia elétrica.	Utiliza de uma fonte (carboidratos, lipídeos, proteínas) para a produção de ATP.
	Dentro da usina há um gerador que produz energia a partir de seu movimento.	Dentro da mitocôndria há a ATP sintase que produz ATP a partir da mudança de forma da enzima (movimento).
	DIFERENÇAS	
	Energia produzida pelas usinas é elétrica.	Energia produzida pelas mitocôndrias é química.
A transformação em energia elétrica ocorre em uma etapa.	A transformação em energia (GTP, ATP) ocorre em várias etapas bioquímicas: o	

		ciclo de Krebs e a fosforilação oxidativa, que ocorrem no interior da mitocôndria.
Reflexão	Conclusões	O processo de produção de energia dentro da mitocôndria ficou claro durante as comparações? As características do análogo (usina de energia) foram compreendidas pelos estudantes?
	Aperfeiçoamentos	Será que é necessário esclarecer melhor como uma usina de energia funciona para obter maior clareza durante as comparações da analogia? Essa analogia poderia ser utilizada para explicar outros processos como fotossíntese ou fermentação?
Como é utilizado em livros do PNLD	“Em certos pontos da membrana, entretanto, os prótons podem retornar à matriz mitocondrial, e, ao fazê-lo, de maneira semelhante ao que acontece em um gerador de usina hidrelétrica, mas em proporções muito menores, eles literalmente giram um rotor molecular. Esse processo, que gera ATP e é denominado quimiosmose.” (BIZZO, 2016, p. 143)	

ANÁLOGO

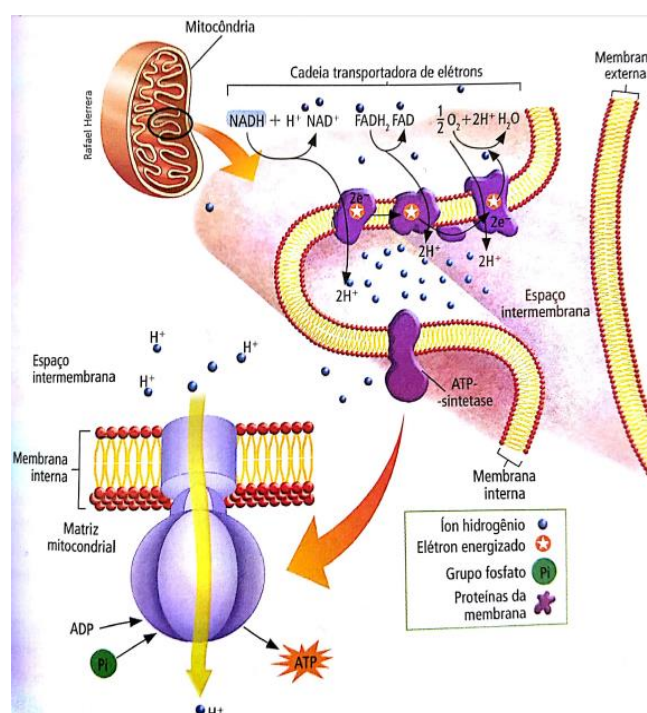
Figura 10 - Esquema de uma usina hidrelétrica



Fonte:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hydroelectric_dam_portuguese.PNG

ALVO

Figura 11 - Esquema do processo de respiração celular dentro das mitocôndrias



Fonte: Favaretto (2016) p. 129

Referências bibliográficas

BIZZO, N. **Biologia: Novas Bases**. São Paulo: IBEP. 2016.

FAVARETTO, J., A. **Biologia: unidade e diversidade**. São Paulo: FTD, 2016.