



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA
E TECNOLOGIA DE MATO GROSSO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU
MESTRADO ACADÊMICO EM ENSINO**

KATHERINE IASMIN LIMA ROSSITO CARNEIRO

**O TEMA CRISE CLIMÁTICA NOS LIVROS DIDÁTICOS DE
BIOLOGIA À LUZ DO CONHECIMENTO ESPECIALIZADO DE
PROFESSORES DE BIOLOGIA**

**CUIABÁ
2020**

KATHERINE IASMIN LIMA ROSSITO CANEIRO

**O TEMA CRISE CLIMÁTICA NOS LIVROS DIDÁTICOS DE
BIOLOGIA À LUZ DO CONHECIMENTO ESPECIALIZADO DE
PROFESSORES DE BIOLOGIA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu, Mestrado Acadêmico em Ensino no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso/IFMT em associação ampla com a Universidade de Cuiabá, como parte do requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino, área de concentração: Ensino, Currículo e Saberes Docentes e da Linha de Pesquisa: Ensino de Matemática, Ciências Naturais e suas Tecnologias, sob a orientação do Professor Dr. Geison Jader Mello.

**CUIABÁ/MT
2020**

Dados internacionais de catalogação na fonte

C289o Carneiro, Katherine Iasmin Lima Rossito
O tema Crise Climática nos livros didáticos de Biologia à luz do Conhecimento Especializado de Professores de Biologia / Katherine Iasmin Lima Rossito Carneiro – Cuiaba – MT, 2020.
91 f. : il. color.

Orientador(a) Prof. Dr. Geison Jader Mello
Dissertação. (CBA - Mestrado em Ensino) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Campus Cuiabá, 2020.
Bibliografia incluída

1. BTSK. 2. Crise Climática. 3. PNLD. 4. Coleções Didática. 5. Ensino de Biologia.
I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Bibliotecário(as): Jorge Nazareno Martins Costa (CRB1-3205)



Ministério da Educação
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Campus Cuiabá
ATA Nº 14/2020 - CBA-PPGEN/CBA-DPP/CBA-DG/CCBA/RTR/IFMT

ATA DE BANCA DE PÓS-GRADUAÇÃO

Cidade, data e horário	Cuiabá - MT, 14/12/2020 às 14h
Local	Webconferência (meet.google.com/akr-bsib-kgd)
Discente	KATHERINE IASMIM LIMA ROSSITO CARNEIRO
Matrícula	2019180660480
Curso de pós-graduação	Programa de Pós-Graduação - Mestrado em Ensino (PPGen)
Tipo de Exame	DEFESA DE MESTRADO
Título do trabalho	O TEMA CRISE CLIMÁTICA NOS LIVROS DIDÁTICOS DE BIOLOGIA À LUZ DO CONHECIMENTO ESPECIALIZADO DE PROFESSORES DE BIOLOGIA

Membros da Banca Examinadora	Instituição	Examinador
Prof. Dr. Geison Jader Mello	Instituto Federal de Mato Grosso - IFMT	Presidente
Profa. Dra. Cleonice T. Fernandes	Universidade de Cuiabá - UNIC	Interno
Profa. Dra. Giselly Rodrigues das Neves Silva Gomes	Secretaria de Estado de Educação de Mato Grosso - SEDUC MT	Externo
Profa. Dra. Edna Lopes Haridoim	Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT	Suplente
Prof. Dr. Jeferson Gomes Moriel Junior	Instituto Federal de Mato Grosso - IFMT	Suplente

PARECER DA BANCA EXAMINADORA

Concluídas as etapas de apresentação, arguição e avaliação do trabalho, a Banca Examinadora decidiu pela **APROVAÇÃO** do/a discente neste Exame. Foi concedido o prazo regulamentar do curso para que sejam efetuadas as correções sugeridas pela Banca Examinadora. Para constar, foi lavrada a presente Ata e assinada eletronicamente pelos membros da Banca Examinadora.

Notas. 1) O Presidente enviará esta ata à Secretaria do curso de Pós-Graduação com as assinaturas eletrônicas em até 48h. 2) Para assinar a ata pelo SUAP o Examinador Externo deve estar cadastrado no Módulo Administração - Prestador de Serviço. 3) O título de conclusão do discente será expedido após o discente cumprir todas as normativas do Curso e do IFMT.

Documento assinado eletronicamente por:

- Geison Jader Mello, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 14/12/2020 16:05:46.
- Cleonice Terezinha Fernandes, Cleonice Terezinha Fernandes - Membro de banca de pós-graduação - Universidade de Cuiabá (33005265000565), em 14/12/2020 16:06:59.
- Giselly Rodrigues das Neves Silva Gomes, Giselly Rodrigues das Neves Silva Gomes - Membro de banca de pós-graduação - Secretaria de Estado de Educação - Seduc (03507415000810), em 14/12/2020 16:31:37.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 14/12/2020. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifmt.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 123570
Código de Autenticação: 9287c5d1f4



DEDICATÓRIA

À minha mãe, minha irmã e minha amada avó (em memória), que são meus exemplos constantes de coragem, superação e amor. E a todas as mulheres que me motivam, com seus exemplos de empoderamento e que auxiliaram a construir minha identidade enquanto mulher negra, em busca de uma sociedade igualitária e respeitosa para com todas as minorias. Gratidão e admiração à todas!

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Pai Celestial pela oportunidade da vida e por todas as benesses por Ele concedidas para o meu crescimento intelectual e moral.

À minha mãe Janete, minha querida avó Gerlu (em memória), minha tia avó Cira e aos meus irmãos Márcio e Alessandro, pelo apoio irrestrito durante todos os anos de minha vida, por proporcionarem a possibilidade de ir atrás do meu sonho de estudar e “me tornar alguém”.

À minha amada irmã Karina que Deus me deu de presente como segunda mãe e que é o meu maior exemplo para a busca do meu crescimento pessoal e profissional.

Ao meu esposo Rafael que sempre esteve ao meu lado durante minha trajetória acadêmica, me apoiando, enxugando minhas lágrimas e me dando ânimo, mesmo nas situações mais difíceis.

Às minhas cunhadas Ana Stela e Giovana e meus sogros, Nilza e Sergio, por todo amor que recebo de vocês e por terem me acolhido tão bem nessa família.

Aos meus amigos do PPGEn e amigos em geral, todos tem um lugar especial no meu coração e fazem parte da construção da pessoa que sou atualmente.

Às minhas queridas irmãs científicas Tamara e Cláudia pela parceria e amizade tão bonita que criamos.

À Marcela Marques que desde o primeiro dia em que participei da reunião do grupo de pesquisa se colocou à disposição para me auxiliar em meu trabalho, retirando minhas dúvidas, sempre gentil e solícita e que me possibilitou uma excelente parceria para escrita de trabalhos acadêmicos.

Aos docentes do Programa de Pós-Graduação em Ensino pela valorosa formação durante as disciplinas.

Ao *TSK Group*, grupo de pesquisa que me apresentou o conhecimento especializado de professores e que contribuíram de forma tão valorosa para amadurecer e enriquecer as análises deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Geison Jader Mello pela orientação, incentivo, apoio irrestrito e tamanha gentileza para comigo neste processo. O senhor é um ser humano maravilhoso e me sinto muito honrada de ser sua orientanda.

“Ninguém caminha sem aprender a caminhar, sem aprender a fazer o caminho caminhando, refazendo e retocando o sonho pelo qual se pôs a caminhar”.

Paulo Freire

CARNEIRO, K. I. L. R. **O tema Crise Climática nos Livros Didáticos de Biologia à luz do Conhecimento Especializado de Professores de Biologia**. 2020. 91 p. Dissertação de Mestrado em Ensino - Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ensino, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT), Cuiabá, 2020.

RESUMO

O livro didático é um importante instrumento no aprendizado escolar, servindo de ponte para abordagem de conteúdos complexos e tornam a linguagem acadêmico-científica acessível a faixa etária estudantil. Levando em consideração a sua relevância, o objetivo geral deste trabalho foi caracterizar o conhecimento especializado sobre o tema Crise Climática presente nos livros didáticos de Biologia, indicados como adequados pelo Programa Nacional do Livro Didático (2018-2020), utilizando o modelo do Conhecimento Especializado de Professores de Biologia como ferramenta metodológica. A temática foi analisada nos livros de primeiro ou terceiro ano de seis coleções didáticas, nas quais destacamos trechos dos livros que se configurassem como episódios de ensino contendo conhecimento especializado. Foram analisados os temas “Efeito Estufa”, “Aquecimento Global”, “Destruição da Camada de Ozônio”, “Poluição” e “Sustentabilidade”. Utilizamos os procedimentos de pré-análise do conteúdo para sistematizar a escolha do corpus documental a ser analisado os quais foram reunidos *a priori*. Também utilizamos o instrumento de análise MTSK (*Mathematics Teacher's Specialized Knowledge*) para categorização dos trechos que se configuraram como episódios de ensino. Nas seis obras analisadas, identificamos o total de 148 conhecimentos especializados segundo o modelo do Conhecimento Especializado de Professores de Biologia. Percebemos que a temática crise climática é trabalhada de forma crítica e reflexiva nos livros didáticos, mas alguns trechos analisados podem desenvolver nos estudantes a sensação de que nada se faz para resolução desta problemática, descaracterizando o esforço de instituições de pesquisas nacionais e internacionais em produzir estudos sobre os impactos provenientes da crise climática e suas medidas de mitigação. No atual panorama político de nosso país, é de grande importância falar sobre a crise climática, uma vez que o negacionismo cresce à medida que os governantes se aproveitam da incredulidade social quanto as catástrofes ambientais, comumente vivenciados no Brasil e no mundo, intensificados pelo desenvolvimento nos diversos setores econômicos que invisibilizam seus impactos a longo prazo para o ambiente e a sociedade.

Palavras-chave: BTSK; Crise Climática; PNLD; Coleções Didáticas; Ensino de Biologia.

CARNEIRO, K. I. L. R. **The theme of Climate Crisis in Biology Textbooks in the light of the Biology Teacher's Specialized Knowledge.** 2020. 91 p. Master's Dissertation in Teaching - Stricto Sensu Graduate Program in Teaching, Federal Institute of Education, Science and Technology of Mato Grosso (IFMT), Cuiabá, 2020.

ABSTRACT

The textbook is an important tool in school learning, serving as a bridge to approach complex content and make academic-scientific language accessible to the student age group. Taking into account its relevance, the general objective of this work was to characterize the specialized knowledge on the theme Climate Crisis present in the textbooks of Biology, indicated as appropriate by the National Textbook Program (2018-2020), using the model of Biology Teacher's Specialized Knowledge as a methodological tool. The theme analyzed in the first or third grade books of six didactic collections, where we highlight excerpts from the books that configured as teaching episodes containing specialized knowledge. The themes "Greenhouse Effect", "Global Warming", "Destruction of the Ozone Layer", "Pollution" and "Sustainability" were analyzed. We used the procedures for content analysis, to systematize the choice of the documentary corpus to be analyzed, which were gathered a priori. We also used the MTSK (Mathematics Teacher's Specialized Knowledge) analysis instrument, to categorize the excerpts that were configured as teaching episodes. In the six analyzed works, we identified 148 specialized knowledge according to the model of Biology Teacher's Specialized Knowledge. We perceive that the thematic climate crisis developed a critical and reflective way in textbooks, but some excerpts analyzed may develop in students the feeling that nothing done to solve this problem, mischaracterizing the effort of national and international research institutions to produce studies about impacts arising from the climate crisis and its mitigation measures. In the current political panorama of our country, it is of great importance to talk about the climate crisis, since the negationism grows as the government takes advantage of the social incredulity about the environmental catastrophes, commonly experienced in Brazil and in the world, intensified by the development in the various economic sectors, which make their long-term impacts invisible to the environment and society.

Keywords: BTSK; Climate Crisis; PNLD; Didactic Collections; Biology teaching.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Recursos pedagógicos utilizados pelos professores de Biologia em sala de aula segundo pesquisa realizada com os estudantes	16
Figura 2 - Temperatura Global no ano de 2019, segundo ano mais quente desde 1880	22
Figura 3 - Crise climática e o negacionismo	23
Figura 4 – Anomalias da temperatura média anual e de precipitação no território brasileiro em 2019	26
Figura 5 - Média Anual de chuvas entre os anos de 1961 a 2019 comparados a Normal Climatológica	26
Figura 6 - Produção brasileira de grãos entre 1976 a 2019	27
Figura 7 - Número do rebanho de milhões de cabeça de bovinos no Brasil entre 1970 e 2017	27
Figura 8 – Ecologia rasa (antropocêntrica) e Ecologia profunda (holística)	29
Figura 9 - Estrutura do MTSK	34
Figura 10 - Estrutura do BTSK	35
Figura 11 – Conhecimentos encontrados no Livro “Biologia Moderna: Amabis & Martho”	46
Figura 12 – Conhecimentos encontrados no Livro “Biologia (Saraiva Educação)”	53
Figura 13 – Conhecimentos encontrados no Livro “Conexões com a Biologia”	59
Figura 14 – Conhecimentos encontrados no Livro “#contato Biologia”	65
Figura 15 – Conhecimentos encontrados no Livro “Integralis - Biologia: Novas Bases”	71
Figura 16 – Conhecimentos encontrados no Livro “Biologia Hoje”	77
Figura 17 – Total de conhecimentos encontrados nas seis coleções didáticas	78

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Sequência dos temas estruturais de Biologia da coleção Biologia Hoje	18
Quadro 2 - Sequência dos temas estruturais de Biologia da coleção Integralis - Biologia: Novas Bases	18
Quadro 3 – Sequência dos temas estruturais de Biologia da coleção Ser Protagonista – Biologia	19
Quadro 4 - Sequência dos temas estruturais de Biologia da coleção Biologia (Editora Saraiva)	19
Quadro 5 – Sequência dos temas estruturais de Biologia da coleção Biologia - Unidade e Diversidade	19
Quadro 6 - Sequência dos temas estruturais de Biologia da coleção Conexões com a Biologia	19
Quadro 7 - Sequência dos temas estruturais de Biologia da coleção Bio	19
Quadro 8 – Sequência dos temas estruturais de Biologia da coleção #Contato Biologia	20
Quadro 9 – Sequência dos temas estruturais de Biologia da coleção Biologia Moderna – Amabis & Martho	20
Quadro 10 – Sequência dos temas estruturais de Biologia da coleção Biologia (Editora AJS)	20
Quadro 11 – Domínios, subdomínios e categorias do BTKS	36
Quadro 12 – Informações referentes aos livros didáticos de Biologia que foram analisados	39
Quadro 13 – Instrumento de Análise MTKS	40
Quadro 14 – Evidências dos conhecimentos especializados do volume 3 da coleção C1	41
Quadro 15 – Evidências dos conhecimentos especializados do volume 1 da coleção C2	47
Quadro 16 - Evidências dos conhecimentos especializados do volume 1 da coleção C3	54
Quadro 17 - Evidências dos conhecimentos especializados do volume 3 da coleção C4	59
Quadro 18 - Evidências dos conhecimentos especializados do volume 3 da coleção C5	65
Quadro 19 - Evidências dos conhecimentos especializados do volume 3 da coleção C6	71
Quadro 20 - Conexões entre os subdomínios	80

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- BK - Conhecimentos da Biologia
- BNCC - Base Nacional Comum Curricular
- BTSK - *Biology Teacher's Specialized Knowledge*
- CCST – Centro de Ciências do Sistema Terrestre
- EA – Educação Ambiental
- INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
- IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change* (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas)
- IUCN - Internacional para a Conservação da Natureza
- KB – Conhecimento da Biologia
- KBT - Conhecimento do ensino de Biologia
- KBLS - Conhecimento dos Standards de aprendizagem da Biologia
- KFLB - Conhecimento das características da aprendizagem da Biologia
- KFLM – Conhecimento das características da aprendizagem de Matemática
- KMT - Conhecimento do Ensino de Matemática
- KMLS - Conhecimento dos parâmetros de aprendizagem de Matemática
- KNoS - Conhecimento da natureza da ciência
- KoBT - Conhecimento dos temas da Biologia
- KoT – Conhecimento dos Tópicos Matemáticos
- KoBT – Conhecimento dos temas da Biologia
- KPM – Conhecimento da Prática Matemática
- KSB - Conhecimento da estrutura da Biologia
- KSM – Conhecimento da Estrutura Matemática
- LBD - Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
- MK – Conhecimento Matemático
- MKT - *Mathematical Knowledge for Teaching*
- MTSK - *Mathematics Teacher's Specialized Knowledge*
- NC - Normal Climatológica
- OMM - Organização Meteorológica Mundial
- PCK - *Pedagogical Content Knowledge*
- PCN - Parâmetros Curriculares Nacionais
- PNLD - Programa Nacional do Livro Didático
- PNLEM - Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio
- PNUMA - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1 Ensino de Biologia.....	16
2.2 O Livro Didático	19
2.3 Mudanças Climáticas	23
2.4 Conhecimento Especializado de Professores de Biologia – BTKS	33
3 METODOLOGIA DA PESQUISA	40
3.1 Procedimentos Metodológicos.....	40
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	43
4.1 Análise da Coleção “Biologia Moderna: Amabis & Martho”	43
4.2 Análise da Coleção “Biologia (Saraiva Educação)”	48
4.3 Análise da Coleção “Conexões com a Biologia”	55
4.4 Análise da Coleção “#contato Biologia”	61
4.5 Análise da Coleção “Integralis - Biologia: Novas Bases”	67
4.6 Análise da Coleção “Biologia Hoje”	73
4.7 Discussão geral dos resultados.....	79
5 CONCLUSÃO.....	85
REFERÊNCIAS.....	87

1 INTRODUÇÃO

O Ensino Médio é a última etapa da formação acadêmica básica. Os discentes que antes aprendiam sobre Biologia, Química e Física em uma única disciplina, Ciências da Natureza, passam a ter disciplinas específicas para cada temática abordada dentro da área de Ciências da Natureza e suas tecnologias. Esse acontecimento causa uma ruptura na rotina estudantil demandando uma prática de ensino que promova olhares significativos para as ciências no processo de construção da aprendizagem.

Buscando otimizar esse processo de aprendizagem foi homologada em 2017, pela Portaria nº 1.570, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que buscou a reformulação dos Parâmetros Curriculares Nacionais, garantindo um patamar comum de aprendizagens a todos os estudantes brasileiros. A BNCC possui dez competências gerais que englobam todos os conhecimentos, habilidades, atitudes e valores esperados para o desenvolvimento dos educandos no decorrer do Ensino Básico (BRASIL, 2017a). Além das competências gerais, cada grande área também dispõe de competências específicas e habilidades que auxiliam no alcance destas competências.

Um dos principais instrumentos para cumprimento dessas competências e suas habilidades são os livros didáticos. Esses livros chegam até as escolas depois de criteriosa avaliação feita pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) que aprova as obras que sejam condizentes com o esperado para as etapas formativas a partir de 2018 e também com os preceitos da BNCC. Os exemplares são distribuídos gratuitamente aos alunos e podem ser reutilizados durante a vigência da aprovação, período este de três anos.

É uma das funções do livro didático apresentar os diversos conteúdos que serão trabalhados no decorrer do ano letivo conceituando-os, problematizando-os, convidando os estudantes a refletir sobre as temáticas abordadas. Para além de meros conceitos biológicos, as obras atuais buscam estimular a criticidade dos sujeitos, principalmente, nos temas tidos como controversos pela sociedade, em especial os problemas ambientais, como a crise climática e o desenvolvimento sustentável.

Diante da importância do trabalho da Educação Ambiental em sala de aula e na sociedade como um todo, bem como motivada pelas alterações climáticas ocorridas e percebidas nos últimos anos em âmbito municipal, estadual, nacional e mundial, como aumento de queimadas e diminuição do período de chuvas, este trabalho surge a partir de minhas inquietações sobre esta temática, enquanto educadora de Ciências e Biologia, percebendo o movimento atual em prol de refutar os conhecimentos científicos, pesquisas e constatações fomentadas por estes estudos, atrelado a ter oportunidade de conhecer o modelo teórico do Conhecimento Especializado de Professores de Biologia (LUÍS; CARRILLO,

2020). Quando comecei a participar do grupo de pesquisa *TSK Group*¹, que estuda o Conhecimento Especializado de Professores de Matemática, Física, Química e Biologia, aflora o desejo de verificar como são veiculados os estudos sobre a crise climática nos livros didáticos, por meio de seus conteúdos e recursos gráficos, devido a estes serem importantes instrumentos de ensino e aprendizagem nas redes públicas de nosso país.

Estas análises buscaram identificar a especialização dos conhecimentos mobilizados pelos autores dos livros didáticos fazendo uso do B_{TSK}² como ferramenta investigativa, procurando responder à pergunta: Quais são os conhecimentos especializados de professores de Biologia sobre mudanças climáticas mobilizados pelos autores dos livros didáticos de Biologia do triênio 2018-2020, aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático?

O objetivo geral da pesquisa é caracterizar o Conhecimento Especializado de Professores Biologia sobre o tema Mudanças Climáticas presente nos livros didáticos da área, indicados pelo Programa Nacional do Livro Didático 2018-2020.

São objetivos específicos:

1. Identificar e descrever as evidências de Conhecimento Especializado de professores de Biologia mobilizados pelos autores dos livros didáticos, na escrita dos conteúdos que abordem o tema Mudanças Climáticas;
2. Analisar e descrever as relações entre os domínios do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK) e do Conhecimento da Biologia (BK) e seus respectivos subdomínios.

Este trabalho está dividido em seis partes, sendo elas: introdução, fundamentação teórica, metodologia da pesquisa, resultados e discussão, conclusão e referências. A primeira apresenta a temática do trabalho, pergunta da pesquisa e os objetivos que os nortearam. A segunda parte, apresenta a fundamentação teórica, sendo desenvolvidos os tópicos referentes ao Ensino de Biologia, Livro Didático, Mudanças Climáticas e ao Conhecimento Especializado de professores de Biologia. Na metodologia da pesquisa, abordamos quais foram os procedimentos para obtenção dos dados e instrumentos utilizados para suas análises. A quarta parte, exhibe os resultados obtidos e a discussão oriunda das análises feitas. A quinta, apresenta a conclusão do trabalho, onde são tecidas reflexões sobre a pesquisa. E, a última parte, contém todas as referências utilizadas que embasaram esta pesquisa.

¹ *Teacher's Specialized Knowledge Research Group* (IFMT-CBA) - Grupo de pesquisa vinculado à *Red Iberoamericana MTSK*, que reúne pesquisadores da Espanha, Portugal, Chile, Brasil, Equador, Peru e México.

² Sigla na língua inglesa para: *Biology Teacher's Specialized Knowledge*

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção está dividida em quatro temáticas: Ensino de Biologia, O Livro Didático, Mudanças Climáticas e Conhecimento Especializado de Professores de Biologia – BTSK. Na primeira temática, abordamos o contexto histórico do Ensino de Biologia no Brasil, suas atualizações por meio das Leis de Diretrizes e Bases da Educação Nacional e Base Nacional Comum Curricular. Também são abordados, brevemente, como os grandes temas de conteúdos são ordenados e os recursos utilizados para ensiná-los.

A segunda temática, foi voltada para apresentação do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), seu processo de escolha e distribuição gratuita nas escolas brasileiras com ênfase nos livros de Biologia do Ensino Médio. Consta, ainda, a sequência de temas estruturais das coleções didáticas aprovadas no último triênio do PNLD.

Na terceira temática, tratamos das mudanças climáticas, seus impactos para a biodiversidade e seu processo de aceleração por meio das ações antrópicas. São apresentados os principais órgãos de estudo e acompanhamento global e nacional destas alterações, bem como, teóricos que discorrem a respeito sob olhar holístico. Por último, falamos da Educação Ambiental e sua importância para o ensino crítico do tema descrito.

E a quarta temática, discorremos sobre os estudos sobre a base de conhecimento de professores, os modelos teóricos desenvolvidos e seu percurso de especialização para as áreas da Ciências da Natureza até o modelo teórico Conhecimento Especializado de Professores de Biologia.

2.1 Ensino de Biologia

O Ensino de Biologia no Brasil teve seu início nos anos de 1920, em substituição à disciplina História Natural que abordava algumas das atuais áreas da Biologia. Essa mudança de nomenclatura foi “um movimento que buscava modernizá-la em meio ao que se entendia como a ‘boa’ ciência da época tornando-a menos descritiva e mais analítica” (BRASIL, 2017b). Por muitos anos, sofreu grande influência do ensino europeu até a homologação da primeira Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), de 20 de dezembro de 1961, que acrescentou novos assuntos no currículo da disciplina. Uma nova LDB foi homologada na década de 70, valorizando a formação tecnicista, prejudicando a formação básica dos estudantes e o ensino de Biologia. Na década de 90, o currículo já apresentava os conteúdos atuais e abrangia temas mais amplos, como origem da vida, citologia, histologia, ecologia, evolução, genética e as relações do ser humano com o meio ambiente. No fim desta década, foi homologada nova LDB e produzido os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN),

que buscou implantar um currículo nacional homogêneo. A Biologia é então agrupada às disciplinas de Física, Química e Matemática, formando a área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (KRASILCHIK, 2005).

Atualmente, a Biologia permanece na área de Ciências da Natureza e suas tecnologias, sendo uma das quatro áreas de conhecimento presentes na BNCC - Linguagens e suas tecnologias; Matemática e suas tecnologias; Ciências da Natureza e suas tecnologias; e Ciências Humanas e suas tecnologias. Para esta área, são apresentadas três competências específicas que visam a formação integral dos estudantes:

1. Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global.
2. Construir e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar decisões éticas e responsáveis.
3. Analisar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (BRASIL, 2017a, p. 539).

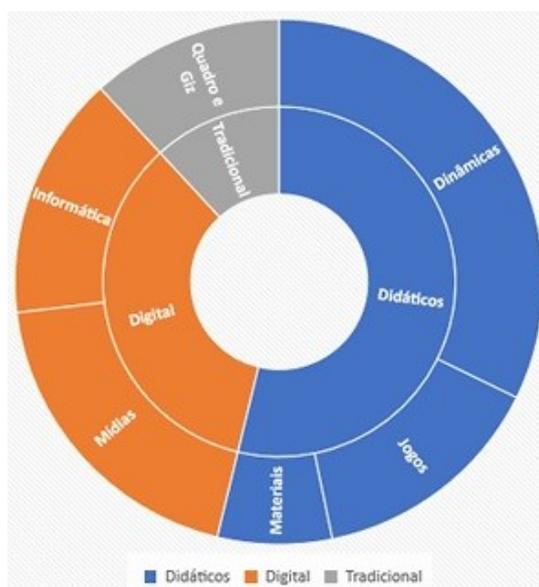
Na disciplina de Biologia são ensinados conteúdos sobre a vida terrestre, em todos os seus níveis de organização, desde seus estágios microscópicos até as interações com seus pares com maior nível de aprofundamento, levando em consideração a maturidade dos estudantes. É a Biologia responsável também por trabalhar as relações do ser humano - enquanto ser vivo e inserido neste grande sistema vivo com a natureza e seus impactos, sejam eles benéficos ou maléficos. É esperado que a disciplina possibilite a compreensão da ciência para a vida e contribua para as tomadas de decisões individuais e coletivas, com ética, responsabilidade e respeito (KRASILCHIK, 2005). Para alcançar estes objetivos, são estruturados seis grandes temas (COSTA, 2013), que devem ser trabalhados no decorrer do Ensino Médio, seguindo a sequência de ensino-aprendizagem dos conteúdos microscópicos até chegar nos conteúdos macroscópicos ou o contrário:

1. Interação entre os seres vivos: reúne conteúdos que proporcionem o entendimento de que os seres vivos são interdependentes.
2. Qualidade de vida das populações humanas: relaciona as questões da saúde com as condições de vida das populações.
3. Identidade dos seres vivos: são abordadas características que diferenciam os sistemas vivos dos não vivos.
4. Diversidade da vida: caracteriza a diversidade da vida, sua distribuição em ambientes diversos e mecanismos que favorecem a ampla diversificação.
5. Transmissão da vida, ética e manipulação gênica: estuda os fundamentos da hereditariedade.
6. Origem e evolução da vida: busca compreender a origem da vida, na Terra e no Universo (COSTA, 2013, p. 45).

Um dos principais desafios do professor de Biologia é contextualizar os inúmeros conteúdos, muitos deles com palavras de difícil escrita e fala que não fazem parte do vocabulário dos estudantes. Dessa forma, para que estes assuntos sejam apreendidos de maneira satisfatória é preciso trabalhar com diferentes abordagens e instrumentos, ancorados na contextualização que possibilita a percepção dos temas no cotidiano dos educandos (DURÉ; ANDRADE; ABÍLIO, 2018). O ensino interdisciplinar também otimiza a compreensão de diversos assuntos, possibilitando debates mais amplos, atuando na construção de melhores cenários de vivência em sociedade e interação com o meio ambiente (BRASIL, 2017b).

A instrumentação busca estratégias que vão além do ensino tradicional e passivo, pautado na transmissão de conteúdos de maneira maçante. Sua utilização visa exemplificar estes conteúdos, de maneira a torná-los visíveis e entendíveis. Existem diversos recursos que tem esta finalidade, como por exemplo aulas experimentais, aulas de campo, utilização de materiais didáticos como jogos, construção de maquetes, bem como recursos audiovisuais etc. Segundo Nicola e Paniz (2016, p. 357), “quando o recurso utilizado demonstra resultados positivos, o aluno torna-se mais confiante, capaz de se interessar por novas situações de aprendizagem e de construir conhecimentos mais complexos”. Nas aulas de Genética, por exemplo, Cruz da Rocha e Roxo Esperandio (2016) investigaram a aprendizagem dos estudantes, aplicando questionários para turmas do 9º ano do Ensino Fundamental ao 3º do Ensino Médio, que evidenciou os recursos didáticos que melhor auxiliavam na compreensão dos conteúdos (Figura 1).

Figura 1 - Recursos pedagógicos utilizados pelos professores de Biologia em sala de aula segundo pesquisa realizada com os estudantes



Fonte: Adaptado de Cruz da Rocha; Roxo Esperandio (2016)

Apesar da infinidade de recursos didáticos facilitadores do ensino, muitos deles não são acessíveis a todos os professores e instituições de ensino devido ao custo para obtenção. Os principais utilizados, então, são os que demandam poucos recursos, como esquematizações no quadro e auxílio das imagens e esquemas trazidos nos livros didáticos. O livro didático de Biologia é ainda mais significativo, pois possibilita a compreensão e visualização dos conteúdos a níveis microscópicos. Quando as escolas não possuem recursos para viabilizar aulas laboratoriais e demais materiais didáticos é o livro didático que supre essas necessidades, por meio de sua riqueza em imagens, quadros, esquemas e sugestões de atividades práticas com materiais alternativos, auxiliando os docentes a atingir seus objetivos de ensino e expectativas de aprendizagem.

2.2 O Livro Didático

O livro didático é o principal material didático presente nas escolas e possui papel destacado no ensino formal em nosso país. Ele serve de suporte para o trabalho docente desde o século XIX, com objetivo de tornar o conhecimento científico mais acessível aos estudantes, viabilizando a transposição do saber científico para o saber escolar, em linguagem adequada para as etapas de desenvolvimento. Sua importância se supera quando analisado enquanto companheiro escolar durante todos os anos do Ensino Básico, fazendo parte da memória afetiva dos estudantes. Sua distribuição, de forma gratuita, é datada desde 1929 e, atualmente, é regulamentada pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), custeado pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) (BITTENCOURT, 2003; MANTOVANI, 2009; COSTA, 2013; RUMENOS, 2016).

Até chegar nas escolas, os livros passam por longo processo de avaliação, com editais de chamada para escolas e editoras, triagem das obras, criação dos guias para cada disciplina, que são encaminhados para as escolas cadastradas, análise das obras pela equipe gestora e professores das escolas, aquisição dos livros escolhidos (negociação com as editoras por meio de licitação), produção por parte das editoras, controle de qualidade e, por fim, a distribuição das obras para as escolas. Este formato avaliativo acontece desde 1985, a partir do decreto nº 91.542, que instituiu significativas modificações, como a participação dos professores no processo de indicação dos livros e sua reutilização pela vigência de três anos. Inicialmente, os livros foram distribuídos para as primeiras séries do Ensino Fundamental para algumas disciplinas. Sua abrangência foi ampliada com o passar dos anos e, atualmente, o processo é realizado para escolha dos livros utilizados em todas as etapas formativas do Ensino Básico, desde a Educação Infantil até obras literárias (CASSIANO, 2007; MANTOVANI, 2009; MELO, 2012; RUMENOS, 2016).

A distribuição de livros didáticos para o Ensino Médio teve início no ano de 2003, pela Resolução de nº 38, primeiramente para as disciplinas de Português e Matemática. Somente em 2005, com a Resolução nº 20, que o *Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio – PNLEM* foi ampliado e garantiu a distribuição de obras de todos os componentes curriculares. Desde sua implantação, o programa já avaliou e distribuiu milhares de livros didáticos. A última avaliação foi para o triênio 2018-2020. Segundo os dados estatísticos do PNLD 2018, 19.921 escolas foram beneficiadas com a compra de 89.381.588 exemplares, com valor total de aquisição de R\$ 879.770.303,13 (FNDE. Disponível em: <https://www.fnde.gov.br/index.php/programas/programas-do-livro/pnld/dados-estatisticos>).

O PNLD é, sem dúvida, um grande negócio para as editoras. Ter um livro de seu catálogo escolhido por diversas escolas brasileiras é a garantia de uma vendagem certa. A produção é feita a partir da encomenda estatal. Mesmo pagando um preço bem menor do que o valor de venda do material em livrarias, as compras do governo federal têm permitido que as editoras ampliem bastante o faturamento, já que o volume de negócios é muito grande (SILVA, 2012, p. 810).

A avaliação das obras didáticas de Biologia inscritas se fez por meio da articulação entre critérios eliminatórios comuns a todas as áreas e critérios eliminatórios específicos tanto da área das Ciências da Natureza quanto da disciplina escolar Biologia (BRASIL, 2017b). Após avaliação por pares, dez obras foram consideradas aptas para escolha dos professores e gestores das escolas cadastradas, constando as resenhas de cada uma no Guia de Livros Didáticos.

Os temas estruturais, que são trabalhados na disciplina da Biologia no Ensino Médio, são organizados nos livros aprovados pelo PNLD 2018 sob duas abordagens: micro ao macro ou macro ao micro. Os autores, em sua maioria, optam pela primeira abordagem, conforme apresentado nos quadros 1 a 10.

Quadro 1- Sequência dos temas estruturais de Biologia da coleção *Biologia Hoje*

<i>volume 1</i>	<i>volume 2</i>	<i>volume 3</i>
Visão geral da Biologia	Classificação dos seres vivos	Genética
Bioquímica	Reinos dos seres vivos e Vírus	Evolução
Biologia Celular	Anatomia e Fisiologia humana	Ecologia

Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro 2- Sequência dos temas estruturais de Biologia da coleção *Integralis - Biologia: Novas Bases*

<i>volume 1</i>	<i>volume 2</i>	<i>volume 3</i>
Visão geral da Biologia	Microbiologia	Fisiologia humana
Bioquímica	Reino Animalia	Genética
Biologia Celular	Microbiologia e Reino Plantae	Evolução
Embriologia		Ecologia

Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro 3- Sequência dos temas estruturais de Biologia da coleção *Ser Protagonista - Biologia*

<i>volume 1</i>	<i>volume 2</i>	<i>volume 3</i>
Visão geral da Biologia	Classificação dos seres vivos / Microbiologia	Genética
Biologia Celular	Reinos Plantae e Animalia	Evolução
Embriologia	Fisiologia humana	Ecologia
Histologia animal		

Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro 4- Sequência dos temas estruturais de Biologia da coleção *Biologia (Editora Saraiva)*

<i>volume 1</i>	<i>volume 2</i>	<i>volume 3</i>
Visão geral da Biologia/ Bioquímica	Classificação dos seres vivos / Microbiologia	Metabolismo celular
Ecologia	Reinos Plantae e Animalia	Genética
Biologia Celular	Fisiologia humana	Evolução
		Saúde humana

Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro 5- Sequência dos temas estruturais de Biologia da coleção *Biologia - Unidade e Diversidade*

<i>volume 1</i>	<i>volume 2</i>	<i>volume 3</i>
Visão geral da Biologia/ Bioquímica	Classificação dos seres vivos / Microbiologia	Ecologia
Biologia Celular	Reinos Plantae e Animalia	Biodiversidade
Embriologia	Fisiologia humana	Genética
Histologia e imunologia animal		Evolução

Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro 6- Sequência dos temas estruturais de Biologia da coleção *Conexões com a Biologia*

<i>volume 1</i>	<i>volume 2</i>	<i>volume 3</i>
Visão geral da Biologia	Evolução Humana	Paleobiologia
Evolução	Embriologia	Classificação dos seres vivos / Microbiologia
Ecologia / Biodiversidade	Histologia animal	Reinos Plantae e Animalia
Saúde humana	Genética	Fisiologia humana
Bioquímica / Biologia Celular	Biologia Molecular	

Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro 7- Sequência dos temas estruturais de Biologia da coleção *Bio*

<i>volume 1</i>	<i>volume 2</i>	<i>volume 3</i>
Visão geral da Biologia / Ecologia	Classificação dos seres vivos / Microbiologia	Embriologia / Fisiologia humana
Biologia e metabolismo Celular	Reino Plantae e Animalia	Genética
Bioquímica		Evolução

Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro 8- Sequência dos temas estruturais de Biologia da coleção #Contato Biologia

<i>volume 1</i>	<i>volume 2</i>	<i>volume 3</i>
Visão geral da Biologia	Classificação dos seres vivos / Microbiologia	Genética
Biologia Celular	Reino Plantae e Animalia	Evolução
Histologia animal		Ecologia
Embriologia	Fisiologia humana	Biodiversidade

Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro 9- Sequência dos temas estruturais de Biologia da coleção *Biologia Moderna – Amabis & Martho*

<i>volume 1</i>	<i>volume 2</i>	<i>volume 3</i>
Visão geral da Biologia	Classificação dos seres vivos / Microbiologia	Genética
Biologia Celular	Reinos Plantae e Animalia	Evolução
Metabolismo celular	Anatomia e Fisiologia humana	Ecologia
Embriologia		

Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro 10- Sequência dos temas estruturais de Biologia da coleção *Biologia (Editora AJS)*

<i>volume 1</i>	<i>volume 2</i>	<i>volume 3</i>
Ecologia	Classificação dos seres vivos / Microbiologia	Fisiologia Humana
Origem da vida e Biologia Celular	Reinos Plantae e Animalia	Genética
Embriologia e Histologia animal		Evolução

Fonte: Elaborado pela autora.

Apesar de passar por diversas fases de escolhas até sua utilização, os livros didáticos apresentam algumas falhas, que são superadas, pouco a pouco pelos seus autores e editoras. Segundo Silva (2012, p. 805), a principal justificativa para a permanência deste recurso didático nas escolas é pela “grande capacidade que editores e autores demonstraram ao longo da história da educação brasileira de adaptar o livro didático às mudanças de paradigmas, alterações dos programas oficiais de ensino, renovações de currículos e inovações tecnológicas”.

Outro ponto importante de discussão a respeito dos livros didáticos diz respeito a priorização destes para o ensino das disciplinas do Ensino Básico. Em nosso país, é cultural o ensino dos conteúdos segundo o que é veiculado pelos livros didáticos, sendo estes o recurso mais utilizado ou mesmo o único acessível para estudantes e professores (SILVA, 2012). Esta forte dependência gera prejuízos para ambas as partes; de um lado, a perspectiva livresca desestimula ricos debates, que auxiliam o desenvolvimento cognitivo e ético dos estudantes, resultando no ensino pautado na “decoreba”; do outro lado, os profissionais priorizam um único recurso didático, que em alguns momentos da transposição de certos conteúdos, da linguagem científica para a escolar, acabam perdendo características importantes que poderia ser complementadas a partir de outros instrumentos de ensino. Desta forma, os livros tendem a descaracterização da Ciência, uma vez que não apresentam a linha temporal de obtenção dos conhecimentos, principalmente sobre estudos considerados controversos no

âmbito científico e social.

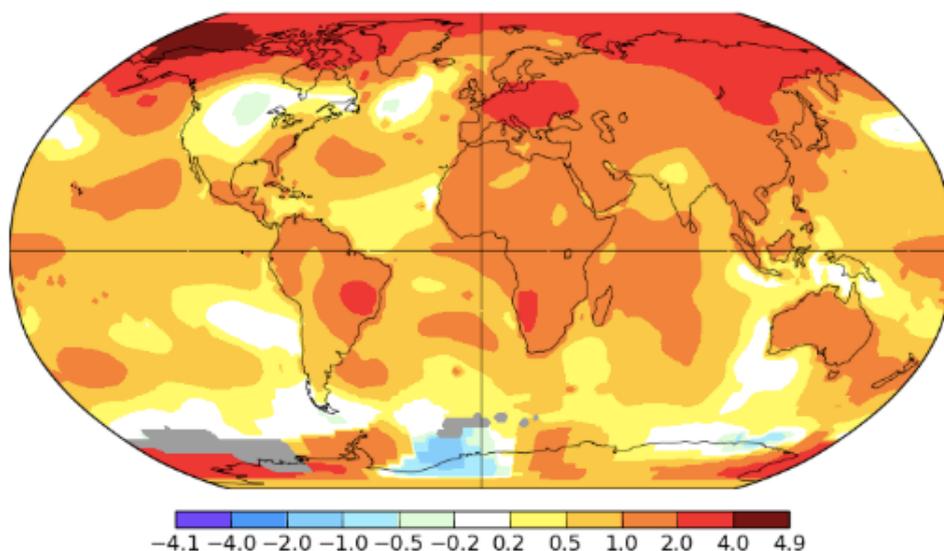
No Brasil, esse tipo de livro é o único que a maioria da população brasileira conhece ao término da escola básica. Geralmente, o indivíduo perde contato com a leitura. Assim, esse livro se constitui, em relação a outros, em poderosa ferramenta política, ideológica e cultural, pois reproduz e representa os valores da sociedade quanto à visão da ciência, da história, da interpretação de fatos e do próprio processo de transmissão do conhecimento (MARTINS; SALES; SOUZA, 2009, p. 17).

Estudos sobre mudanças climáticas, por exemplo, é um dos temas que merecem destaque no ambiente de ensino-aprendizagem, pois permite o trabalho de conteúdos da grade curricular de forma especializada, contextualizada e significativa. Autores como Barreto (2009), Costa (2013), Delaqua e Bassoli (2013), Rumenos (2016), Rumenos, Silva e Cavalari (2017) e Souza (2017), reforçam que os livros necessitam de abordagem crítica e reflexiva para tratar de temas que não estão em consenso no meio científico, pois estudar as causas e consequências destes eventos favorece a reflexão dos estudantes, quanto ao seu pertencimento no meio ambiente e fomenta discussões que abordem conceitos científicos. Desta forma, identificar como esses conceitos são abordados pelos livros didáticos se mostra de grande valia no atual panorama político e social que estamos vivenciando.

2.3 Mudanças Climáticas

O clima global é resultado da complexa interação entre a energia irradiada pelo Sol e variáveis físicas como massas líquidas, relevo, comunidades vegetais, entre outros, distribuídas heterogeneamente no espaço (FERREIRA et al., 2017). Quando há variações significativas no sistema climático global e quando estas possuem longa duração são classificadas como mudanças climáticas. Estes eventos fazem parte do processo evolutivo do planeta que já passou por períodos de glaciação e aquecimento ao longo de sua formação, mas nas últimas décadas, começou a ser investigada a aceleração dessas mudanças, devido aos diversos impactos que são percebidos. Segundo o Anuário Climático do Brasil - 2019, 2019, foi considerado o 43º ano consecutivo com temperaturas globais da terra e do oceano, nominalmente, acima da média (Figura 2). A temperatura média em todo o mundo em 2019 foi de 0,95°C acima da média do século 20 (TILIO NETO, 2010; SILVA, 2015; FERREIRA et al., 2017; RAMOS et al., 2020).

Figura 2 – Temperatura Global no ano de 2019, segundo ano mais quente desde 1880



Fonte: NASA; NOAA (2020)³

A alteração climática global é um assunto controverso entre os estudiosos da área. Há uma separação entre aqueles considerados céticos que associam as mudanças climáticas unicamente a processos naturais do planeta como vulcanismos, movimentação tectônica das placas e inclinação do planeta, sendo contrários à ideia que o aumento das emissões de gases de efeito estufa, em especial do dióxido de carbono, estejam ligados às causas antrópicas. Também existem cientistas que associam os eventos de aquecimento do globo e demais consequências exclusivamente a ação humana⁴ e um terceiro grupo que associam as mudanças climáticas às causas naturais e às interferências humanas, que vem acelerando seu processo consideravelmente, intensificando o efeito estufa natural do planeta (TILIO NETO, 2010; SILVA, 2015; RUMENOS, 2016; FERREIRA et al., 2017; REDE CLIMA, 2019). Este trabalho considera a terceira perspectiva, que associa as alterações climáticas atuais resultantes tanto da ação humanas como também dos processos naturais.

Os desafios ambientais que confrontam a sociedade são sem precedentes em seu escopo e complexidade. O cientista Paul Crutzen inventou o termo “Antropoceno” para ressaltar que a humanidade agora, de maneira coletiva, constitui uma força que é geológica no seu impacto, alterando o funcionamento dos sistemas geofísicos e biológicos do sistema planetário (LAHSEN; MARCOVITCH; HADDAD, 2017, p. 250).

Há, ainda, uma quarta parcela, que alarma os estudiosos do clima, pois não acredita que a crise climática exista, os negacionistas (Figura 3).

³ Disponível em: <https://www.giss.nasa.gov/research/news/20200115/>. Acesso em: junho/2020.

⁴ As ações humanas que induzem as alterações climáticas estão relacionadas a atividades econômicas crescentes nos últimos 50 anos, como o desmatamento (por corte e/ou queima de vegetação nativa) para a implantação de sistemas agropecuários (monoculturas e pecuária), exploração de energia (produção e queima de combustíveis fósseis), processos industriais e resíduos (tratamento de efluentes e resíduos sólidos) (BERTIER, 2020, p.66).

Figura 3 – Crise climática e o negacionismo



Fonte: PETT (2009)⁵

Figuras públicas que se aproveitam do desconhecimento da população para disseminar inverdades sobre esta problemática mundial e muitas outras nas diferentes áreas, como saúde, educação e a ciência em geral, fazendo uso do fundamentalismo religioso pautados por interesses econômicos.

Assim vemos um mundo onde a falha da modernidade e da ciência permite ser atacada por um fundamentalismo religioso. Isso põe certos riscos quando aliado ao poder político nos últimos tempos como a eleição de Trump, Bolsonaro e popularização da extrema direita que acredita na fácil fé das pessoas religiosas e as usa para suas finalidades de mercado e poder (COSTA, 2020).

O órgão de destaque mundial no estudo e produção de relatórios sobre as mudanças climáticas é o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), criado no ano de 1988 pela Organização das Nações Unidas (ONU), por meio do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), com o objetivo de reunir dados sobre as mudanças do clima no âmbito científico, para orientar a tomada de decisões dos dirigentes dos 195 países membros quanto as melhores ações para diminuir seus impactos locais e globais. Desde sua criação, o IPCC já entregou cinco relatórios de avaliação que integra os estudos

⁵ Tradução da pergunta: “E se for tudo uma grande farsa, e criarmos um mundo melhor para nada?”. Disponível em: <https://www.cartoonistgroup.com/cartoon/Joel+Pett%27s+Editorial+Cartoons/2009-12-07/41786/>. Acesso em: novembro/2020.

mais abrangentes sobre os impactos gerados pelas alterações climáticas e medidas de mitigação e adaptação a partir da colaboração de diversos pesquisadores (SILVA, 2015).

A constituição do IPCC é formada por três Grupos de Trabalho (GTs) — O GT I, O GT II e o GT III — e eles elaboram os seus relatórios do IPCC. O GT I é o grupo que lida com a base física das alterações climáticas. O Grupo de Trabalho II com Mudanças Climáticas, Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade, e o Grupo de Trabalho III com Mitigação das Alterações Climáticas (SILVA, 2015, pp. 93 e 94).

No âmbito nacional, após divulgação da compilação do quarto relatório do IPCC, foi promulgado o Decreto nº 6.263, em novembro de 2007, que criou o Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima com a função de elaborar a Política Nacional sobre Mudança do Clima e o Plano Nacional sobre Mudança do Clima (BRASIL, 2008). Desde então, diversas pesquisas são desenvolvidas em prol das políticas públicas nacionais sobre mudanças climáticas. O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), por meio do Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST), desenvolve pesquisas buscando respostas para segurança hídrica, alimentar e energética, assim como bem-estar da população. Igualmente relevante é o Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Mudanças Climáticas (INCT para Mudanças Climáticas), que atua em rede com 123 instituições desde 2008, em prol da mobilização “de pesquisa científica e tecnológica voltados ao desenvolvimento sustentável” (NOBRE; MARENGO; SOARES, 2017, p. 11). Destacamos também os estudos desenvolvidos pela Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais – Rede Clima, também pertencente ao INPE, que “atua para atender às necessidades nacionais de conhecimento científico sobre as Mudanças Climáticas Globais e para dar apoio à diplomacia brasileira nas negociações internacionais sobre o tema” por meio de análises nos moldes do IPCC, “com abordagens setoriais mais específicas para subsidiar a formulação de políticas públicas nacionais e internacionais” (REDE CLIMA, 2019, p. 7).

Apesar de contar com a colaboração de diversos pesquisadores e passar por rigorosa avaliação até que os relatórios sejam considerados completos, a neutralidade do IPCC é questionada devido aos resultados serem direcionados aos dirigentes dos países membros e estes fomentarem estas pesquisas, portanto as indicações de medidas a serem tomadas ou mesmo os exemplos apresentados de ambientes impactados possam favorecer os países desenvolvidos, detentores de mais tecnologias (TILIO NETO, 2010). Outras críticas também são tecidas quanto aos cálculos de aumento da temperatura global para os próximos anos, devido ao IPCC utilizar apenas modelos computacionais (LOVELOCK, 2009) e sobre a invisibilidade deste órgão, bem como do governo brasileiro, para com as vulnerabilidade de pessoas com deficiência, que segundo Gomes, Sato e Silva (2019, p. 141), “acaba refletindo nos currículos escolares, indicando que a vulnerabilidade educacional em torno dessas questões é alta”.

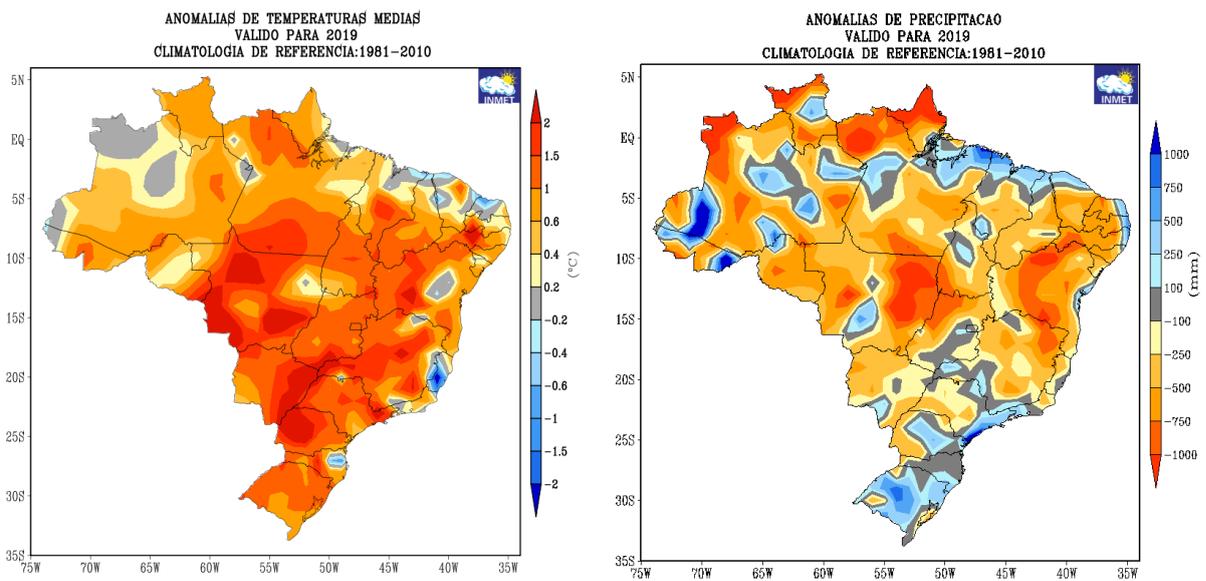
Muitos são os dados a respeito dos impactos das mudanças climáticas para toda a biodiversidade que resultam em alterações ambientais como desertificação, chuvas intensas, ondas de calor e frio extremo, tufões, acidificação de oceanos, branqueamento de corais, proliferação de microalgas, entre outros. Somente neste ano já pudemos ver diversos exemplos das alterações climáticas em nosso país, como diminuição do período de chuvas ou eventos de chuvas torrenciais que provocam a cheias de rios gerando alagamento de cidades e estradas. Mais recentemente foi observado o aumento da formação de ciclones extratropicais na região Sul, como o ciclone Bomba⁶ que gerou diversos danos, principalmente no estado de Santa Catarina, em junho de 2020.

Um evento de grande destaque foi a seca de 2014-2015 que afetou o Sudeste do Brasil, onde as consequências de uma estação chuvosa de verão deficiente (choveu menos de 50% do normal em 2014) geraram uma crise hídrica sem precedentes na história climática de São Paulo. Os reservatórios da Cantareira, que abastecem as grandes cidades da Região Metropolitana de São Paulo e regiões próximas, chegaram a liberar o volume morto para poder evitar a falta ou o racionamento de água (NOBRE; MARENGO, 2017, p. 15).

O Anuário Climático do Brasil do ano de 2019 compilou “um sumário dos principais aspectos climáticos e de desastres naturais observados no território brasileiro em 2019”, apresentando comparação com a Normal Climatológica (NC) que reúne dados da climatologia entre os anos de 1981 a 2010. Em relação as temperaturas médias, foram observadas temperaturas acima da NC nos estados de Mato Grosso (MT), Mato Grosso do Sul (MS), oeste do Paraná (PR) e da Bahia (BA), centro de Minas Gerais (MG) e Pernambuco (PE). Quanto ocorrência das chuvas, as regiões do centro, extremo Norte e Nordeste do país estiveram abaixo da NC e as regiões do oeste do Amazonas, leste do Acre, extremo norte do Nordeste, Sul e Sudeste do país tiveram precipitação acima da NC (Figura 4) (RAMOS et al., 2020). Segundo o Anuário, o ano de 2019 evidenciou, de modo geral, menor frequência de chuvas quando comparada com os últimos cinco anos e, quando comparados a Normal Climatológica, desde o ano de 2010, somente os anos de 2011 e 2013 ficaram com chuvas acima do previsto (Figura 5) (RAMOS et al., 2020).

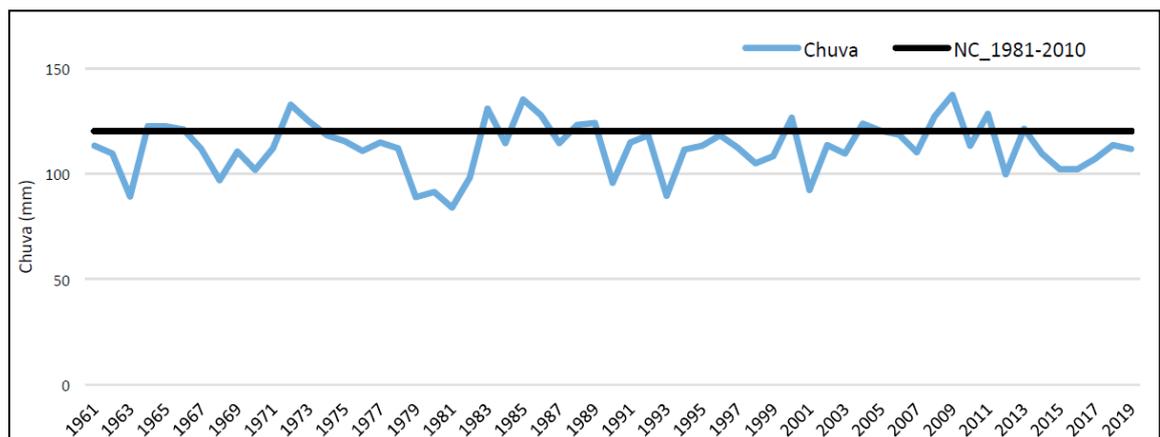
⁶ Pesquisa aponta elo entre mudanças climáticas e ciclone bomba. Disponível em: <https://www.terra.com.br/noticias/climatempo/pesquisa-aponta-elo-entre-mudancas-climaticas-e-ciclone-bomba,7bc6450815a7f4d91fde73f7eb2d6bd0k54nu0s2.html>

Figura 4 – Anomalias da temperatura média anual e de precipitação no território brasileiro em 2019



Fonte: RAMOS et al., 2020

Figura 5 – Média Anual de chuvas entre os anos de 1961 a 2019 comparados a Normal Climatológica



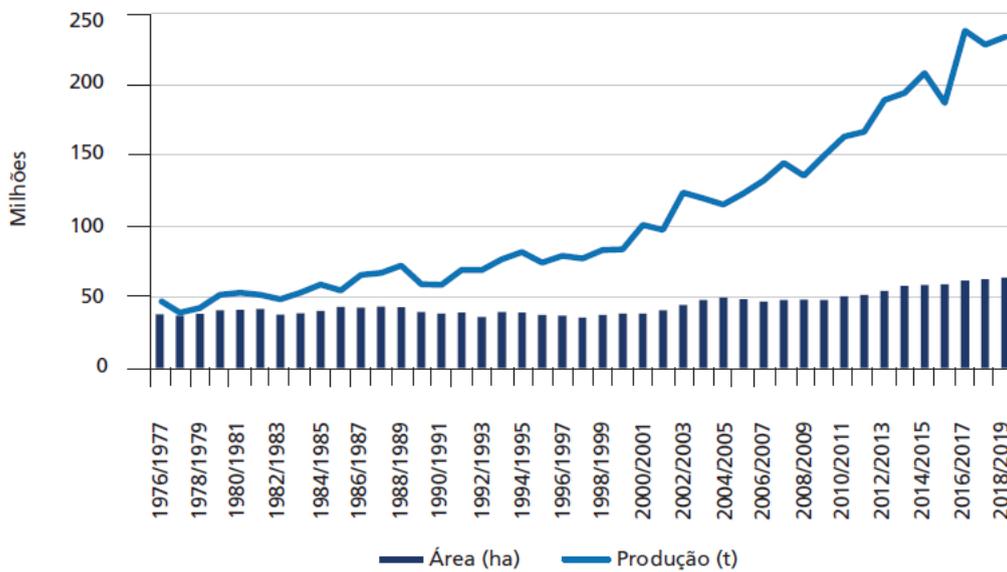
Fonte: RAMOS et al., 2020

Segundo os cientistas, o balanço de energia global passou a ser modificado em função da liberação excessiva de gases do efeito estufa que estariam aprisionando maior quantidade de calor na atmosfera (FERREIRA et al., 2017). Um dos grandes estudiosos sobre o tema e que corrobora com a visão de que as ações antrópicas estejam acelerando o processo natural de regulação térmica do planeta é o inglês James Lovelock, criador da Teoria de Gaia, que considera o planeta Terra um sistema vivo e interligado química, física e biologicamente, que se autorregula para manter a vida de todos os seres vivos a partir do seu balanço energético.

Para Lovelock, o sistema está entrando em colapso devido a quantidade de habitantes do planeta estar acima da capacidade de autorregulação, em decorrência de todas as intervenções e emissões de gases resultantes dos seres humanos, animais de estimação e criados para consumo,

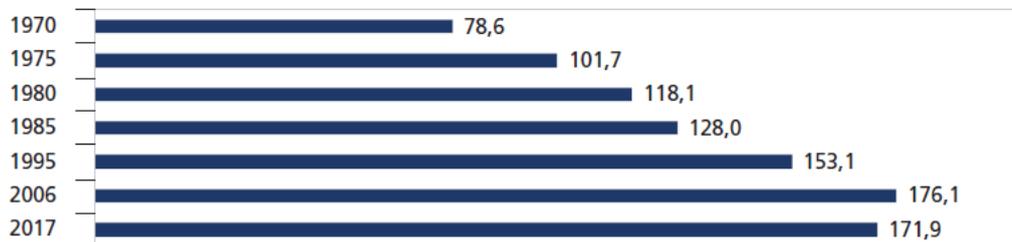
ocasionando o aumento da emissão de gases de efeito estufa, responsáveis pelo aumento da temperatura dos oceanos, derretimento de geleiras e, conseqüentemente, aumento da temperatura do globo como um todo (LOVELOCK, 2009). Quanto à criação de animais para abate, o agronegócio contribui fortemente para o aumento do produto interno bruto (PIB) de nosso país (TELES; RIGHETTO, 2019), que é um dos responsáveis pela degradação dos biomas brasileiros, especialmente o cerrado. Segundo Teles e Righetto (2019), a produção de grãos brasileira, nos últimos quarenta anos, teve um aumento de 397% (Figura 6), que está correlacionado ao aumento da pecuária, em especial aos bovinos, que apresentou um aumento de 117,7% no mesmo período (Figura 7), em razão de boa parte dos grãos produzidos são direcionados para a alimentação destes animais.

Figura 6 – Produção brasileira de grãos entre 1976 a 2019



Fonte: TELES; RIGHETTO (2019)

Figura 7 – Número do rebanho de milhões de cabeça de bovinos no Brasil entre 1970 e 2017



Fonte: TELES; RIGHETTO (2019)

Ainda considerando este mercado, se faz importante destacar a ideologia do carnismo, “um sistema de crenças que nos condiciona a comer carne de certos animais” (JOY, 2014, p. 31). Em seu livro *Porque amamos cachorros, comemos porcos e vestimos vacas*, aponta que a principal defesa do sistema produtor de carnes é a sua invisibilidade, ou seja, manter o processo de produção distante do

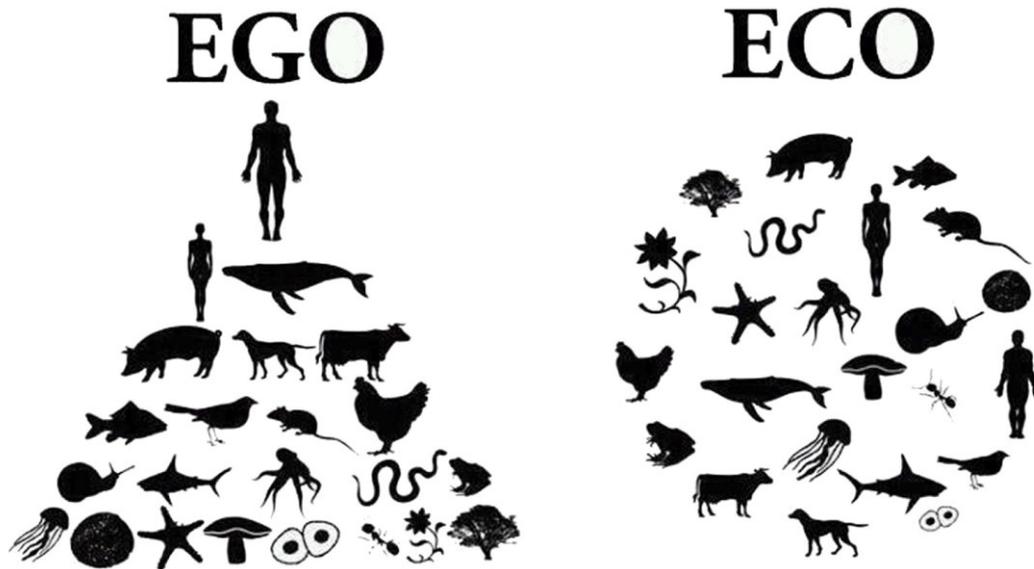
mercado consumidor, ocasionando apatia para com os animais entendidos como comestíveis. E esta apatia beneficia a indústria pecuária e permite a criação de milhares de animais que contribuem com o aumento das emissões de gases de efeito estufa. A autora apresenta números alarmantes a respeito da criação e abate desses animais nos Estados Unidos que passam pela invisibilidade simbólica do sistema:

Para ser exata, o agronegócio americano abate 10 bilhões de animais por ano, neste número não estão incluídos os estimados 10 bilhões de peixes e outros animais marinhos que são mortos anualmente. São 19.011 animais por minuto ou 317 animais por segundo. [...] A carne é um negócio grande. Na realidade a carne é um negócio muito grande – a indústria agropecuária nos Estados Unidos tem rendas anuais conjuntas próximas dos 125 bilhões de dólares (JOY, 2014, pp. 37 e 38).

Para Lovelock, os efeitos do aquecimento global ocasionarão desertificação em vários locais do globo, especialmente nas zonas próximas aos trópicos, decorrente do aumento da temperatura, inviabilizando a produção de alimentos e causando a extinção de espécies animais e vegetais, terrestres e aquáticas. As altas temperaturas também impossibilitarão a habitação humana nesses lugares. Outro efeito preocupante, segundo o autor, será a inundação de diversas áreas continentais e perda significativa da água doce, restando pouquíssimas áreas férteis para plantio e demais atividades de subsistência, estes locais são chamados por ele como oásis (LOVELOCK, 2009).

Outro autor que comunga da ideia apresentada por Lovelock, de todas as formas de vida estarem interligadas e serem importantes, é o austríaco Fritjof Capra. O autor, em seu livro *A Teia da Vida* (1996), apresentou sua preocupação com as mudanças do meio ambiente e falou sobre a importância de olhar sistemicamente para o nosso planeta, abordando o conceito da Ecologia Profunda, proposta pelo filósofo Arne Naess, que possui semelhança ao olhar da Teoria de Gaia. A Ecologia profunda, entendida como um novo paradigma segundo Capra (1996, p. 16), “reconhece a interdependência fundamental de todos os fenômenos, e o fato de que, enquanto indivíduos e sociedades, estamos todos encaixados nos processos cíclicos da natureza” (Figura 8).

Figura 8 – Ecologia rasa (antropocêntrica) e Ecologia profunda (holística)



Fonte: ALVES (2017)

Capra aponta que para alcançarmos a mudança de paradigma a partir do olhar da Ecologia profunda é preciso, além de mudarmos nossos pensamentos, haver mudanças de valores, a partir de um equilíbrio dinâmico entre tendências auto afirmativas (onde se evidencia a competição, expansão, quantidade e dominação) e integrativas (quando a conservação, cooperação, qualidade e parceria são evidenciadas).

A ecologia profunda reconhece o valor intrínseco de todos os seres vivos e concebe os seres humanos apenas como um fio particular na teia da vida. [...] Portanto, a ecologia profunda faz perguntas profundas a respeito dos próprios fundamentos da nossa visão de mundo e do nosso modo de vida modernos, científicos, industriais, orientados para o crescimento e materialistas. Ela questiona todo esse paradigma com base numa perspectiva ecológica: a partir da perspectiva de nossos relacionamentos uns com os outros, com as gerações futuras e com a teia da vida da qual somos parte (CAPRA, 1996, p. 17).

A educação é um importante instrumento para possibilitar a conscientização ecológica e reeducação ambiental frente as mudanças climáticas. A Educação Ambiental (EA) se deu a partir de movimentos de preservação do meio ambiente com a Conferência de Estocolmo como seu primeiro marco significativo na busca pelo equilíbrio da relação homem-natureza (SATO; SILVA; JABER, 2018; SILVA, 2019).

O movimento alertava que a produção científica não era neutra e que a industrialização desenvolvimentista era uma das grandes responsáveis pelos impactos ambientais. Para além do Produto Interno Bruto (PIB), a orientação pautava-se nas causas dos dilemas ambientais, ou seja, sem reivindicar somente as ciências e as tecnologias limpas no combate ao dano ambiental, a proposta surgia no combate à raiz que gerava a má distribuição de renda, pregando a minimização dos lucros para maximizar a qualidade de vida da maioria. Os ideários foram

pautados pela construção de sociedades sustentáveis (no plural), com propostas de empoderamento político, social e econômico, autonomia ética dos sujeitos e comunidades, múltiplos saberes, não violência e maior ênfase aos meios processuais do que aos produtos finais (SATO, 2008).

A principal contribuição da EA seria subsidiar os cidadãos, mais do que encontrar sua contribuição individual, a ter condições de participar das decisões coletivas que envolvem o tema (SILVA, 2013). Nesse contexto, ela é o agente transformador e sua ação deveria permear todas as disciplinas escolares, ampliando sua significação.

A adoção Institucional da EA no Brasil aconteceu em 1973; com a criação da Secretaria Especial do Meio Ambiente, consolidou-se na Política Nacional do Meio Ambiente (Lei 6.938/1981), na Constituição Federal do Brasil de 1988 e, principalmente, na Política Nacional de Educação Ambiental (Lei 9.795), sancionada em 1999 e, mais recentemente, nas Diretrizes Curriculares Nacionais para Educação Ambiental (DCNEA), parecer CNE/CP nº 14/2012 (CORTES JUNIOR; SÁ, 2017).

O Brasil apresenta importantes iniciativas educacionais ligadas às mudanças climáticas que estimulam este debate sob a interface com a educação Ambiental, conforme orientam as Diretrizes Curriculares da Educação Ambiental, programas educativos como a Conferência Nacional Infanto-juvenil pelo Meio Ambiente, o Projeto Escolas Sustentáveis e ainda as alterações ao art. 26, § 7, da Lei nº 9.394 (Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional), sugeridas pela Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), inserindo que “os currículos do ensino fundamental e médio devem incluir os princípios da proteção e defesa civil e a educação ambiental de forma integrada aos conteúdos obrigatórios” (GOMES; SATO; SILVA, 2019, p.139).

Quando nos PCNs, a Educação Ambiental era incluída dentro do tema transversal Meio Ambiente. Com a implementação da BNCC, a EA se apresenta tanto nas competências gerais como nas competências específicas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias e é mediada nas habilidades dentro de cada competência específica, possibilitando o trabalho mais amplo e crítico das mudanças climáticas, como pode ser observado nas habilidades EM13CNT105, EM13CNT203, EM13CNT206 e EM13CNT303:

(EM13CNT105) Analisar a ciclagem de elementos químicos no solo, na água, na atmosfera e nos seres vivos e interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da interferência humana sobre esses ciclos, para promover ações individuais e/ou coletivas que minimizem consequências nocivas à vida.

(EM13CNT203) Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, nos seres vivos e no corpo humano, interpretando os mecanismos de manutenção da vida com base nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia.

(EM13CNT206) Justificar a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta.

(EM13CNT303) Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos

dados, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações (BRASIL, 2017a, pp. 541,543, 545).

O livro didático é um grande auxiliar para o desenvolvimento das habilidades e competências específicas acerca das mudanças climáticas. Conforme abordado por Rumenos (2016) e Rumenos, Silva e Cavalari (2017), o assunto é apresentado nos livros didáticos de Ciências da Natureza (PNLD 2014), em sua maioria, com caráter tendencioso e sob olhar catastrófico, mesma abordagem utilizada pela mídia, no intuito de sensibilizar os cidadãos acerca dos eventos ocorridos. Para os livros didáticos do PNLD 2018, por se tratarem de obras para o Ensino Médio, etapa de formação em que os estudantes encontram-se mais maduros para aprendizagem, esperamos encontrar abordagens para além do olhar catastrófico, evidenciando as medidas de mitigação, políticas públicas desenvolvidas para amenizar os impactos atuais, a sustentabilidade, conceitos e propostas que viabilizem o sentimento de pertencimento ao ambiente e promovam a consciência ambiental, pois, segundo Silva (2015, p. 275), por meio desta e “juntamente com a reforma do sistema educacional e com a mudança do paradigma desenvolvimentista, fará que mais pessoas se integrem na defesa da natureza”.

2.4 Conhecimento Especializado de Professores de Biologia – BTKS

Os estudos sobre a base de conhecimento de professores foi iniciado por Lee Shulman (1986), com o modelo do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK⁷), que visava “denominar um conhecimento que diferencia um professor de uma dada disciplina de um especialista dessa mesma disciplina” (FERNANDEZ, 2015, p. 506). Shulman é um dos teóricos mais referenciados na área de formação docente, com valiosas “contribuições para o avanço de temáticas ligadas à aprendizagem da docência”, que buscou dar visibilidade ao “conhecimento de professores” sobre “o conteúdo específico, porém, atrelado à sua dimensão didática. Essa transformação do conteúdo em formas didaticamente poderosas é o que Shulman denomina de conhecimento pedagógico do conteúdo” (FERNANDEZ, 2011, p. 3; GOES, 2014, p. 25). Seus estudos buscaram a “valorização da atividade profissional dos professores elevando-a a um espaço de transformação e construção de conhecimentos específicos para a profissão”, além de igualar sua produção de conhecimentos práticos aos conhecimentos “que são produzidos na academia e que influenciam e são influenciados pelo PCK” (FERNANDEZ, 2015).

O modelo teórico proposto por Shulman visa a expor categorias que representem a base de conhecimento necessária aos professores para ensinar de modo a tipificar estes conhecimentos. Os Componentes propostos por Shulman (1987) são: (i) Conhecimento do conteúdo; (ii)

⁷ Sigla da língua inglesa para: *Pedagogical Content Knowledge*.

Conhecimento Pedagógico Geral; (iii) Conhecimento do Contexto Educativo; (iv) Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK); (v) Conhecimento Curricular; (vi) Conhecimento dos Aprendizes e suas Características; e (vii) Conhecimento dos Fins, Propósitos e Valores Educacionais e suas Bases Filosóficas e Históricas (LIMA; DARSIE; MELLO, 2020).

Pela valorização dada ao conhecimento de conteúdo específico, o PCK acabou recebendo mais atenção de pesquisadores das didáticas específicas em contraposição às didáticas gerais (FERNANDEZ, 2015). Desta forma, o modelo foi “explicado e ampliado por diversos pesquisadores que, de certa forma, acabam modificando e/ou ampliando a proposta original” (GOES, 2014, p. 37). A área de Ciências da Natureza e Matemática foi a que mais se destacou nesta perspectiva, conforme estado da arte desenvolvido por Goes e Fernandez (2018), que reuniu estudos sobre a produção mundial sobre o PCK entre os anos de 1986 a 2013.

Na área de Ciências da Natureza, o primeiro modelo voltado especificamente para o ensino de Ciências foi o proposto por Carlsen (1999 *apud* FERNANDEZ, 2015), Domínios dos Conhecimentos de professores de Ciências, seguido pelo modelo de “Magnusson, Krajcik e Borko (1999), Conhecimento Pedagógico do Conteúdo para o Ensino de Ciências, que enfatiza os componentes do PCK para o ensino de ciências” (FERNANDEZ, 2015, p. 512) e “apresenta uma vertente mais específica que se propõe modelar os conhecimentos de professores de Ciências, com elementos específicos desta área disciplinar” (LIMA; DARSIE; MELLO, 2020, p. 89). O modelo mais recente da área foi proposto em 2012 por diversos pesquisadores do PCK, que se reuniram no intuito de unificar as definições sobre o PCK no ensino de Ciências, dando origem ao PCK da Cúpula ou Modelo do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo da Cúpula (BALLERINI, 2014; LIMA; DARSIE; MELLO, 2020).

Neste modelo a base de conhecimento de professores de Ciência é dividida em dois grupos, a Base de conhecimento profissional de professores e o Conhecimento profissional específico do tópico. Desta forma faz-se uma distinção entre os conhecimentos relacionados à área disciplinar e aqueles relacionados a um tópico específico da disciplina ensinada. Mesmo abordando-os separadamente, o modelo sustenta que há constante interação entre estes dois grupos de conhecimentos (GESS-NEWSOME e CARLSON, 2013 *apud* LIMA; DARSIE; MELLO, 2020)

Na área da Matemática, destacamos os modelos desenvolvidos por Ball, Thames e Phelps (2008 *apud* MORIEL JUNIOR; WIELEWSKI, 2017), Conhecimento Matemático para o Ensino e o Conhecimento Especializado de Professores de Matemática (MTSK), proposto por Carrillo e colaboradores (2014), que buscaram acrescentar maiores contribuições ao PCK, abordando o tema de forma mais aprofundada. Este último modelo será mais detalhado devido a ser a base para a transposição feita para a área da Biologia.

O MTSK é um dos modelos teóricos que visa compreender os conhecimentos especializados que os professores possuem para ensinar Matemática e preencheu, de maneira mais satisfatória, as lacunas deixadas pelos modelos anteriores. Seu surgimento se deu como resposta as lacunas deixadas pelo MKT. Este modelo considera o caráter especializado do conhecimento dos professores de matemática de maneira integral, evitando comparações com outras áreas. Foi desenvolvido visando contemplar conhecimentos relativos: às definições e conceitos matemáticos; às conexões entre os conhecimentos matemáticos; à prática matemática; aos conhecimentos relativos à estratégia de ensino de Matemática; ao processo de aprendizagem matemática; e ao currículo (CARRILLO YAÑEZ et. al., 2014; SOARES, 2019).

O Conhecimento Especializado dos Professores de Matemática (MTSK) tem uma dualidade, pois é uma proposta teórica que modela o conhecimento central do conhecimento profissional do professor de matemática e é, por sua vez, uma ferramenta metodológica que permite analisar diferentes práticas do professor de matemática por suas categorias (FLORES; ESCUDERO; AGUILAR, 2013 *apud* CARRILLO et al., 2014, tradução nossa).

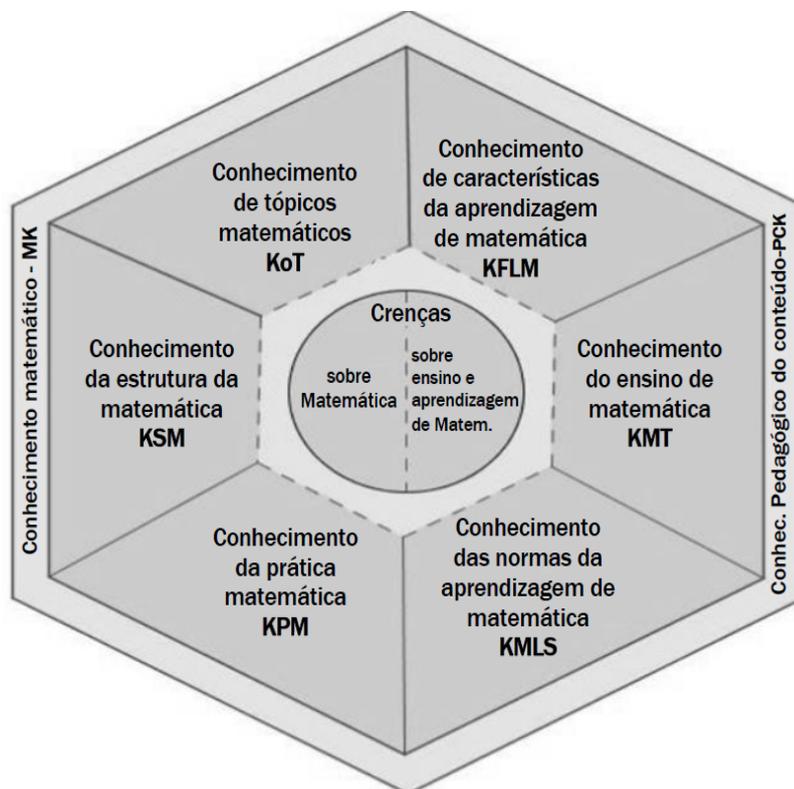
O modelo possui formato hexagonal (Figura 9) e segue a mesma divisão proposta por Shulman (1986), em dois grandes domínios, o Conhecimento Matemático - MK, e o Conhecimento Didático do Conteúdo – PCK. Cada domínio é dividido em três subdomínios: Conhecimento dos tópicos matemáticos (KoT); Conhecimento da Estrutura matemática (KSM); e Conhecimento da prática matemática (KPM), pertencentes ao domínio MK e Conhecimento das características da aprendizagem de matemática (KFLM), Conhecimento do ensino de matemática (KMT) e Conhecimento dos parâmetros da aprendizagem de matemática (KMLS), que pertencem ao domínio PCK. Cada subdomínio descreve o conhecimento especializado especificamente:

Knowledge of Topics – KoT (Conhecimento de Tópicos): contempla conhecimentos relativos a definições, propriedades, conceitos, teoremas, próprio do conteúdo matemático; Knowledge of the Structure of Mathematics – KSM (Conhecimento da Estrutura da Matemática): contempla as conexões existentes entre conceitos matemáticos, e; Knowledge of Practices in Mathematics – KPM (Conhecimento da Prática Matemática): contempla conhecimentos relativos a criação, dedução e desenvolvimento da matemática, ou seja, conhecimentos capazes de argumentar para criar novos conhecimentos matemáticos através de exemplos e contraexemplos; *Knowledge of Mathematics Teaching* – KMT (Conhecimento do Ensino de Matemática): este subdomínio contempla conhecimentos relativos a estratégias de ensino, recursos didáticos e teorias de ensino; *Knowledge of Features of Learning Mathematics* – KFLM (Conhecimento das Características de Aprendizagem de Matemática): este domínio contempla conhecimentos relativos à teoria de aprendizagem, assimilação, erros, dificuldades, formas de interação com um conteúdo matemático, interesses e expectativas; e *Knowledge of Mathematics Learning Standards* – KMLS (Conhecimento dos Parâmetros da Aprendizagem de Matemática): este domínio contempla conhecimentos relativos a metas, sequência dos conteúdos e expectativa de aprendizagem (CARRILLO et al., 2014. Traduzido por SOARES, 2019).

No centro de sua estrutura estão as concepções sobre ensino, aprendizagem e sobre a

matemática, nomeadas como crenças que permeiam entre os domínios. São elas: “Sobre a Matemática” e “Sobre o ensino e aprendizagem da Matemática”.

Figura 9 - Estrutura do MTSK



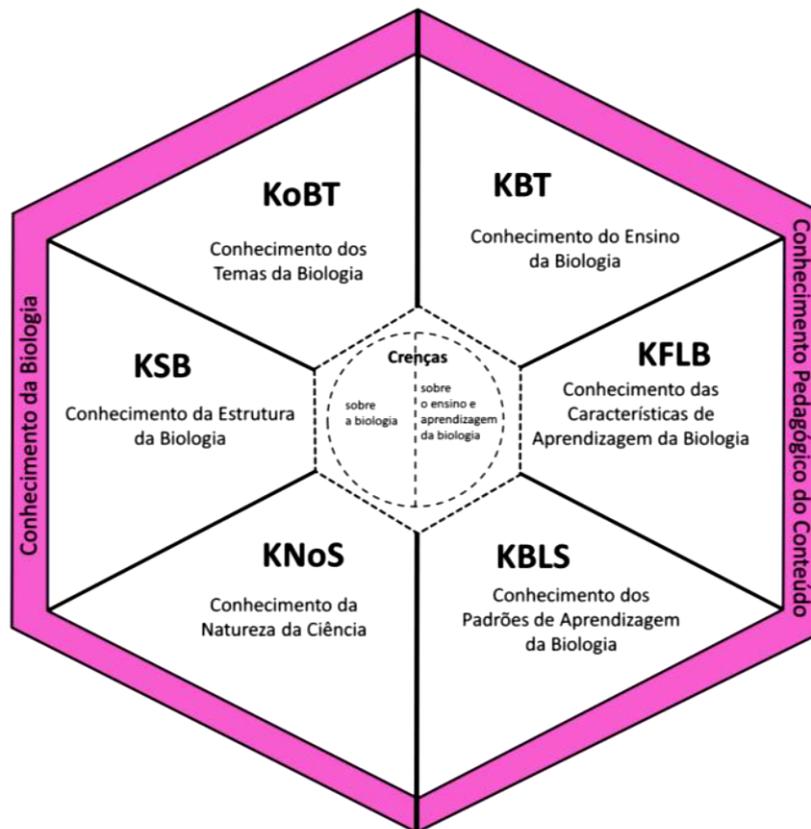
Fonte: CARRILLO et al. (2014), traduzido por Moriel Junior (2014)

Diante da contribuição significativa para a especialização dos conhecimentos trazidos pelo MTSK e buscando organizar quais são os conhecimentos necessários para ensinar Biologia, no ano de 2015 é iniciada a proposta de transposição do modelo para esta área formativa, originando o Conhecimento Especializado de Professores de Biologia – BTSK (LUÍS, 2015; LUÍS; CARRILLO, 2020).

As disciplinas de matemática e biologia têm diferenças muito profundas especialmente na natureza do conhecimento científico. Este aspeto confirma a especificidade do modelo do conhecimento especializado do professor de matemáticas à sua disciplina, mas abre também uma janela de oportunidade à criação de um modelo do conhecimento específico e próprio do professor de biologia. Assim, as diferenças epistemológicas entre as duas disciplinas proporcionam a possibilidade de produzir um modelo especializado do professor de biologia, sublinhando todas as diferenças que a natureza do conhecimento de ambas as disciplinas evidenciem (LUÍS; CARRILLO, 2020, p. 24).

Sua estrutura se assemelha ao MTSK, apresentando formato hexagonal, dois domínios e seis subdomínios (Figura 10).

Figura 10 - Estrutura do BTSK



Fonte: LUÍS; CARRILLO (2020)

Este modelo apresenta três domínios, sendo eles: Conhecimento da Biologia (KB) e Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK), cada um dividido em três subdomínios e Crenças, que possui dois subdomínios.

O domínio do conhecimento da biologia é caracterizado como o conhecimento aprofundado e abrangente do professor sobre o conteúdo, o conhecimento sobre as diferentes possibilidades de interação deste tema com outros e o conhecimento sobre os processos científicos. O domínio do conhecimento pedagógico do conteúdo inclui o conhecimento sobre as estratégias/recursos para o ensino da Biologia, sobre as características da aprendizagem dos alunos e o conhecimento das diretrizes do ministério e outros documentos orientadores. O domínio das crenças inclui as ideias próprias dos professores sobre a biologia, a produção do conhecimento científico, os estudantes, o ensino, a aprendizagem ou o currículo, presentes na tomada de decisões e nas formas de agir dos professores. Trata-se de um conhecimento subjetivo ou conhecimento implícito (LUÍS; CARRILLO, 2020, p. 24).

Os subdomínios do Conhecimento da Biologia são: Conhecimento dos temas da Biologia (KoBT), conhecimento sólido e consistente sobre os temas; Conhecimento da estrutura da Biologia (KSB), conhecimento da relação íntima e dependente entre um tema em estudo e outros através de uma característica comum; e Conhecimento da natureza da Ciência (KnoS), Conhecimento sobre como se produz e valida a ciência que constitui um componente central da literacia científica. Os subdomínios do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo são: Conhecimento do ensino da Biologia

(KBT), conhecimento das teorias de ensino, o conhecimento de estratégias, atividades, recursos, materiais no contexto do ensino das ciências e da biologia em particular; Conhecimento das características de aprendizagem da Biologia (KFLB), conhecimento que o professor tem sobre a forma como os alunos aprendem biologia e sobre as teorias de aprendizagem; e Conhecimento dos padrões de aprendizagem da Biologia (KBLS), conhecimento do professor sobre o que o aluno deve aprender num determinado ano de escolaridade e com que profundidade, que relações têm esses conteúdos com os que já aprendeu em anos anteriores e que relações tem com os conteúdos que irá aprender no futuro. Os subdomínios das Crenças são: Crenças sobre a natureza da ciência (BB), que integra as ideias pessoais sobre como acontecem as descobertas científicas e como se valida esse conhecimento ao nível das ciências; e Crenças sobre o ensino (BTLB), que integra as ideias relacionadas com a forma de estar do professor face ao ensino e à aprendizagem, que se reflete nas suas opções pedagógicas (LUÍS; CARRILLO, 2020). Cada subdomínio possui categorias que definem suas características, conforme reunido no quadro 11.

Quadro 11 - Domínios, subdomínios e categorias do BTKS

Domínios	Subdomínios	Categorias
Conhecimento da Biologia (<i>Biology Knowledge – BK</i>)	Conhecimento dos Temas da Biologia (<i>Knowledge of the Biology topics – KoBT</i>)	Conhecimento de conceitos da biologia e de exemplos associados.
		Conhecimento sobre leis, princípios e teorias da biologia.
		Conhecimento de factos e fenómenos biológicos.
		Conhecimento de procedimentos e técnicas de observação em biologia.
		Conhecimento de modelos associados ao conteúdo da biologia.
	Conhecimento da Estrutura da Biologia (<i>Knowledge of Structure of Biology– KSB</i>)	Conhecimento de Big Ideas.
Conhecimento da Natureza da Ciência (<i>Knowledge of the Nature of Science - KNoS</i>)	Conhecimento de métodos de investigação científica.	
	Conhecimento do estatuto da ciência e do conhecimento científico.	
Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (<i>Pedagogical Content Knowledge - PCK</i>)	Conhecimento do Ensino da Biologia (<i>Knowledge of Biology Teaching – KBT</i>)	Conhecimento de estratégias, ciclos e sequências de aprendizagem, técnicas e atividades para o ensino de um conteúdo da biologia.
		Conhecimento de recursos materiais, de linguagem ou virtuais de ensino associados a um conteúdo da biologia.
	Conhecimento das Características de Aprendizagem da Biologia (<i>Knowledge of the Features of Learning Biology - KFLB</i>)	Conhecimento das fortalezas e dificuldades associadas à aprendizagem de um conteúdo da biologia.
	Conhecimento dos padrões de Aprendizagem de Conteúdos da Biologia (KBLS)	Conhecimento das expectativas de aprendizagem do conteúdo da biologia num nível específico.
Conhecimento da sequenciação com os temas anteriores e posteriores a um determinado momento escolar.		
Crenças (<i>Beliefs</i>)	Subdomínio das Crenças sobre a Biologia (<i>Beliefs about Biology - BB</i>)	Crenças sobre a natureza da ciência.
	Crenças sobre a natureza da ciência.	Crenças sobre o Ensino.

Fonte: LUÍS; CARRILLO (2020)

As categorias detalham os conhecimentos que podem ser mobilizados em cada subdomínio do modelo, sendo elas:

Conhecimento dos Temas da Biologia - Categorias: *Conhecimento de conceitos da biologia e de exemplos associados.* Conhecimento das definições ou propriedades específicas que caracterizam os elementos ou conceitos biológicos e dos exemplos que ajudam a defini-lo; *Conhecimento sobre leis, princípios e teorias da biologia.* Conhecimento das leis, princípios e teorias associadas à reprodução das plantas; *Conhecimento de factos e fenómenos biológicos.* Conhecimento sobre os fatos como verdades dogmáticas e dos fenômenos biológicos enquanto processos e sequências de acontecimentos biológicos; *Conhecimento de procedimentos e técnicas de observação em biologia.* Conhecimento sobre os meios e instrumentos mais apropriados para realizar determinada observação bem como as técnicas a eles associados. Saber como desenvolver esse procedimento/observação e o momento mais adequado para o desenvolver; *Conhecimento de modelos associados ao conteúdo da biologia.* Conhecimento sobre estruturas, esquemas, modelos ou registos que permitem diferentes representações de um determinado conteúdo.

Conhecimento da Estrutura da Biologia - Categoria: *Conhecimento de Big Ideas.* Conhecimento amplo e abrangente do conteúdo que permite a sua integração e relação com outros temas. Esse conhecimento facilita ainda o encontro de aspetos e características comuns aos temas e a identificação daquilo que os distingue.

Conhecimento da Natureza da Ciência - Categorias: *Conhecimento de métodos de investigação científica.* Conhecimento sobre os vários métodos ao alcance dos cientistas que lhe permitem fazer novas descobertas científicas ou consolidar conhecimento. Conhecimento de que existem várias formas de se realizarem descobertas sem que se siga um método científico pré-estabelecido, a criatividade e a tentativa contribuem para os avanços no conhecimento assim como os progressos tecnológicos; *Conhecimento do estatuto da ciência e do conhecimento científico.* Conhecimento de que o conhecimento científico é fiável e duradouro, mas não é uma verdade absoluta. Está sujeito a alterações provocadas por novas descobertas devido a mudanças culturais, evolução das tecnologias ou novas formas de pensar.

Conhecimento do Ensino da Biologia - Categorias: *Conhecimento de estratégias, ciclos e sequências de aprendizagem, técnicas e atividades para o ensino de um conteúdo da biologia.* Conhecimento de estratégias, atividades, técnicas específicas para o ensino de um tópico da biologia e da sua potencialidade enquanto promotora de aprendizagem; *Conhecimento de recursos materiais, de linguagem ou virtuais de ensino associados a um conteúdo da biologia.* Conhecimento dos recursos disponíveis para o ensino de um tópico da biologia, das suas potencialidades e das suas limitações.

Conhecimento das características de aprendizagem da Biologia - Categoria: *Conhecimento das fortalezas e dificuldades associadas à aprendizagem de um conteúdo da biologia.* Conhecimento das concepções alternativas, ideias prévias, intuições dos alunos antes do ensino formal, sejam elas ideias muito distantes ou muito próximas do conhecimento escolar. Conhecimento dos conceitos, factos ou fenômenos que suscitam dificuldades ou são de fácil compreensão por parte dos alunos.

Conhecimento dos padrões de aprendizagem da biologia - Categorias: *Conhecimento das expectativas de aprendizagem de um tópico da biologia num nível específico.* Conhecimento dos conteúdos que devem ser apresentados aos alunos num nível de escolaridade específico. Integram-se também os procedimentos e capacidades que devem ser trabalhadas com os alunos desse nível não só sob indicação do Ministério da Educação e Ciência, mas também de associações ou entidades relevantes no âmbito educacional; *Conhecimento da sequenciação com os temas anteriores e posteriores a um determinado momento escolar.* Conhecimento sobre os conteúdos e capacidades que os alunos devem ter antes do ensino de determinado tema/contéudo, ou seja, conhecimento dos pré-requisitos para a aprendizagem de determinado tema. Inclui também que conteúdos serão trabalhados posteriormente.

Crenças sobre a Biologia - Categorias: *Crenças sobre a geração de conhecimento.* Estas crenças podem centrar-se numa visão moderna da ciência e integrar a ideia de que o conhecimento acumulação de observações metódicas e sistemáticas que permitem compreender e/ou identificar um acontecimento, uma realidade pré-existente; *Crenças sobre os métodos científicos.* Inclui a ideia de que para produzir ciência os cientistas seguem um conjunto de regras que consistem num método empírico que se inicia com a formulação de uma pergunta.

Crenças sobre o ensino e aprendizagem da biologia - Categoria: *Crenças sobre o ensino.* Estas crenças podem refletir um ensino mais transmissivo no qual o professor é detentor do conhecimento que transmite aos seus alunos e a eles cabe-lhes ouvir e memorizar para aprenderem; ou refletir um ensino por descoberta em que o professor propõe atividades que os alunos desenvolvem sozinhos. Aprendem os conteúdos científicos a partir das observações que realizam e descobrem pelo que observam (LUÍS; CARRILLO, 2020, pp. 28-31).

O BTKS também possui dupla funcionalidade, atuando tanto como modelo teórico quanto como ferramenta metodológica. Esta pesquisa utilizará o modelo baseado em sua segunda atribuição.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Nesta seção classificamos a pesquisa desenvolvida, descrevemos nosso objeto e critérios de escolha do mesmo, bem como, quais foram os procedimentos para obtenção dos dados e instrumentos utilizados para suas análises.

3.1 Procedimentos Metodológicos

Esta pesquisa é de natureza qualitativa (Minayo, 2002) e foi desenvolvida por meio da análise de seis coleções de livros didáticos de Biologia, presentes no Guia de Livros Didáticos aprovados pelo PNLD 2018. Este guia indicou a aprovação de dez coleções que estiveram em utilização no triênio de 2018-2020. Destas, foram escolhidas seis coleções didáticas, sendo elas as mais utilizadas pelas escolas da região cuiabana, que foram reunidas entre maio e julho de 2020, da seguinte forma:

- I. Contato com os professores que atuam na rede estadual para verificar se possuíam as obras e se poderiam emprestá-las.
- II. Consulta ao PDDE Interativo⁸ para verificar o resultado da escolha das obras das Escolas Estaduais de Cuiabá e Várzea Grande.
- III. Contato com as Escolas Estaduais de Cuiabá e Várzea Grande para solicitar o empréstimo ou doação dos livros didáticos.
- IV. Encaminhamento de requerimento de empréstimo dos livros para as escolas parceiras.

No Quadro 12, são apresentadas as seis coleções que foram analisadas, com seus os autores, título, volume a ser analisado e editora. Adotamos a nomenclatura “C” e um número em ordem crescente, para otimizar a identificação (RUMENOS, 2016).

⁸ Disponível em: <http://pddeinterativo.mec.gov.br/#>. Acesso em: junho de 2020.

Quadro 12 – Informações referentes aos livros didáticos de Biologia que foram analisados

NOMENCLATURA	AUTOR(ES)	TÍTULO	VOLUME	EDITORA
C1	MARTHO, G. R.; AMABIS, J. M.	Biologia Moderna - Amabis & Martho	3	Moderna
C2	SILVA J., C.; SASSON, S.; CALDINI J., N.	Biologia	1	Saraiva Educação
C3	RIOS, E. P.; THOMPSON, M.	Conexões com a Biologia	1	Moderna
C4	GODOY, L.; OGO, M.	#contato Biologia	3	Quinteto
C5	BIZZO, N.	Integralis - Biologia: Novas Bases	3	IBEP
C6	GEWANDSZNAJDER, F.; LINHARES, S.; PACCA, H.	Biologia Hoje	3	Editora Ática

Fonte: Adaptado de Rumenos (2016). Elaborado pela autora.

Destacamos que, apesar das coleções possuírem três volumes cada uma, analisamos apenas os volumes que incluíam conteúdos sobre mudanças climáticas, apresentados dentro da temática de Ecologia. Conforme abordado no capítulo anterior, os autores podem apresentar os temas estruturais sob a abordagem do micro ao macro ou o contrário. Devido a esta particularidade, apenas os volumes 1 e 3 das coleções foram escolhidos para análise, visto que os temas trabalhados no segundo volume das coleções são voltados para a “Classificação dos seres vivos”, “Microbiologia”, “Reinos” e “Fisiologia Animal”, como pode ser observado nos quadros de 1 a 10.

Desta forma, esta pesquisa se propôs identificar o Conhecimento Especializado de professores de Biologia nos temas “Efeito Estufa”, “Aquecimento Global”, “Destrução da Camada de Ozônio”, “Poluição” e “Sustentabilidade”, abordados, na maior parte dos livros didáticos, em três capítulos. A escolha destes temas se deu devido a sua relevância no âmbito científico e ocorrência em todas as obras. Para análise das obras, utilizamos os procedimentos de pré-análise do conteúdo, proposto por Bardin (2004), para sistematizar a escolha do *corpus* documental a ser analisado e reunidos *a priori*. Para isto, fizemos uso da leitura flutuante dos livros didáticos com o intuito de “conhecer o texto, deixando-se invadir por impressões” (BARDIN, 2004, p. 96).

Utilizamos o modelo teórico do Conhecimento Especializado de Professores de Biologia - BTKS (LUÍS; CARRILLO, 2020), enquanto ferramenta metodológica para categorização dos trechos que se configuraram como episódios de ensino, contendo conhecimentos especializados acerca da temática. Segundo Marques e Moriel Junior (2020 *apud* CARRILLO; ROJAS; FLORES, 2013, p. 257; MORIEL JUNIOR, 2014, p. 44), “os episódios correspondem a um fragmento da produção composto por uma sequência de ações, com sentido completo em si mesmo, com princípio e fim reconhecível”.

A análise dos dados se deu por meio do instrumento de análise MTSK (MORIEL JUNIOR; ALENCAR, 2019), conforme Quadro 13, foi adaptado para análise dos conhecimentos especializados de Biologia, presentes nos livros didáticos (MARQUES; MORIEL JUNIOR, 2020; MARQUES, 2020).

Quadro 13- Instrumento de Análise MTSK

Manifestação do Sujeito	Análise do Pesquisador		
Trecho	Conhecimento...	Associado a...	Que consiste em...
Trecho do episódio (Artigo, ano, linha ou página)	[subdomínio]	[categoria]	[Síntese do conhecimento]
...

Fonte: Moriel Junior; Alencar (2019)

Para a catalogação dos trechos contendo os episódios de conhecimento especializado, foi adotada a seguinte codificação: letra “C” e um número de 1 a 6, com referência as coleções de livros didáticos; letra “v” e um número de 1 a 3, indicando o volume da coleção analisada; letra “p”, identificando o número da página; letras “Pr”, identificando os parágrafos e um número em ordem crescente, sendo iniciados a cada página; e letra “L”, identificando as linhas e um número em ordem crescente, que também foram iniciados a cada parágrafo, conforme exemplo: **C10.v3.p180.Pr1.L2-5**.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção apresentamos os resultados obtidos da análise dos livros didáticos de cinco, das seis coleções do *corpus* documental desta pesquisa, fazendo uso do modelo do Conhecimento Especializado de Professores de Biologia para identificação e descrição das evidências extraídas de cada livro didático. Devido a não haver na bibliografia registros de análises do Conhecimento Especializado de Professores de Biologia em livros didáticos, os resultados foram discutidos com base no trabalho de Marques (2020), que também fez uso do modelo BTKS, mas direcionou seu olhar para análise dos conhecimentos especializados mobilizados por professores em artigos científicos enquadrados como Relatos de Experiência de Ensino⁹.

Em seguida, apresentamos os resultados e a discussão geral dos livros analisados.

4.1 Análise da Coleção “Biologia Moderna: Amabis & Martho”

Amabis, José Mariano; Martho, Gilberto Rodrigues. Biologia Moderna: Amabis & Martho. 1. edição. volume 3. São Paulo: Moderna, 2016.

Analisamos o volume 3 da coleção *Biologia Moderna: Amabis & Martho*, que abordou a temática mudanças climáticas em dois capítulos: *Relações Ecológicas* e *A humanidade e o ambiente*, sendo este último mais rico em informações e trechos destacados. O Quadro 14 detalha as evidências identificadas e suas respectivas análises.

Quadro 14- Evidências dos conhecimentos especializados do volume 3 da coleção C1

Manifestação do Sujeito	Análise do Pesquisador		
	Trecho	Conhecimento...	Associado a... Que consiste em...
Trecho do episódio (Artigo, ano, linha ou página)	[subdomínio]	[categoria]	[Síntese do conhecimento]
C1.v3.p.227.Pr3.L2-6: [Um estudo Internacional publicado recentemente pela revista científica <i>Science</i> indicou o acentuado declínio nas populações de grandes predadores. De acordo com o artigo, a perda de espécies no topo da cadeia alimentar, devido à ação humana, pode produzir grande impacto nos ecossistemas terrestres.]	da Natureza da Ciência - KNoS	Método e conhecimento científico	Uma citação de divulgação científica sobre os efeitos da crise climática, acentuada pela ‘ação humana’, que ‘indicou o acentuado declínio nas populações de grandes predadores’.
C1.v3.p.263.Pr2.L3-7: [Eis algumas das principais ameaças ao planeta: poluição; aumento da temperatura global; destruição da camada de ozônio; esgotamento de fontes de energia e de outros recursos naturais;	dos Temas da Biologia - KoBT	Conceitos e exemplos associados	‘Algumas das principais ameaças ao planeta’ devido ‘aos modelos vigentes de desenvolvimento industrial e tecnológico: poluição;

⁹ Do inglês *Professional and Pedagogical experience Repertoire* (PaP-eR), são trabalhos que devem nos permitir olhar para dentro de uma situação de ensino/aprendizagem onde é o conteúdo que molda a pedagogia. Os PaP-eRs abordam o ensino desse conteúdo nesse contexto e ajudam a ilustrar aspectos do PCK em ação (Loughran et al., 2001).

extinção de espécies. Isso se deve principalmente à explosão populacional humana e aos modelos vigentes de desenvolvimento industrial e tecnológico implementados pelo progresso científico.]			aumento da temperatura global; destruição da camada de ozônio; esgotamento de fontes de energia e de outros recursos naturais’.
C1.v3.p.264.Pr6.L1-4: [Em 1987, uma comissão de estudos ambientais enfatizou um conceito que amadureceu ao longo da década de 1970: o desenvolvimento sustentável . Segundo a comissão, desenvolvimento sustentável é aquele que leva em conta as necessidades atuais da humanidade sem comprometer a capacidade das futuras gerações de obter o necessário à sua vida.]	dos Temas da Biologia - KoBT	Conceitos e exemplos associados	Um consenso do conceito de desenvolvimento sustentável, amadurecido por uma comissão de estudos ambientais.
C1.v3.p.265.Pr1.L1-2: [Poluição (do latim poluere, manchar, poluir) é a presença concentrada no ambiente de determinadas substâncias ou agentes físicos, genericamente denominados poluentes.]	dos Temas da Biologia - KoBT	Conceitos e exemplos associados	Uma definição de poluição e poluentes: ‘presença concentrada no ambiente de determinadas substâncias ou agentes físicos, genericamente denominados poluentes’.
C1.v3.p.265.Pr2.L1-4: [As atividades humanas, principalmente nas sociedades industrializadas, geram diversos tipos de materiais poluentes: lixo dos mais diversos tipos, fumaça, resíduos industriais, gases liberados pelo escapamento de veículos motorizados etc., além de grande quantidade de resíduos orgânicos, como excrementos e urina.]	dos Temas da Biologia - KoBT	Conceitos e exemplos associados	Exemplos de poluentes gerados pela atividade humana: ‘lixo dos mais diversos tipos, fumaça, resíduos industriais, gases liberados pelo escapamento de veículos motorizados etc’.
C1.v3.p.266.Pr1.L2-4: [Em Londres, no inverno de 1952, as condições climáticas não permitiram a dispersão dos poluentes liberados pelos automóveis, pelas fábricas e pelos sistemas de aquecimento das residências, o que produziu efeitos dramáticos: mais de 4 mil pessoas morreram em poucos dias, em virtude de problemas respiratórios causados pelos poluentes que se concentraram na baixa atmosfera.]	dos Temas da Biologia - KoBT	Aplicações do Conteúdo	Utilização do evento climático ocorrido em Londres, em 1952, para contextualizar os efeitos que grandes quantidades de poluentes que não se dispersam de forma adequada pode causar.
C1.v3.p.266.Pr4.L1-3: [As principais fontes geradoras da poluição atmosférica são os motores de veículos, as indústrias (siderúrgicas, fábricas de cimento e de papel, refinarias etc.), a incineração de lixo doméstico e as queimadas de campos e florestas.]	dos Temas da Biologia - KoBT	Conceitos e exemplos associados	Tipificação de fontes de poluição atmosférica: ‘motores de veículos, as indústrias, a incineração de lixo doméstico e as queimadas de campos e florestas’.
C1.v3.p.266.Pr6.L1-5: [Um dos poluentes mais perigosos para os habitantes das grandes metrópoles é o	dos Temas da Biologia - KoBT	Conceitos e exemplos associados	Especificação da ‘principal fonte de emissão’ de monóxido de carbono à

<p>monóxido de carbono (CO), um gás incolor, inodoro, menos denso que outros gases do ar e extremamente tóxico para os seres humanos. Esse gás é produzido pela queima incompleta de moléculas orgânicas e sua principal fonte de emissão são os motores a combustão de veículos como automóveis, motocicletas, ônibus, caminhões etc.]</p>			<p>atmosfera: ‘são os motores a combustão de veículos como automóveis, motocicletas, ônibus, caminhões etc’.</p>
	<p>da Estrutura da Biologia - KSB</p>	<p>Relações entre diferentes conteúdos</p>	<p>Descrição do monóxido de carbono: ‘um gás incolor, inodoro, menos denso que outros gases do ar [...], produzido pela queima incompleta de moléculas orgânicas’.</p>
<p>C1.v3.p.266.Pr10.L1-4: [Ao reagir com o vapor d’água presente na atmosfera, esses óxidos (<i>dióxido de enxofre e dióxido de nitrogênio</i>) podem levar à formação de ácido sulfúrico (H₂SO₄) e ácido nítrico (HNO₃), que se dissolve nas nuvens, precipitando-se na forma de chuvas ácidas.]</p>	<p>dos Temas da Biologia - KoBT</p>	<p>Conceitos e exemplos associados</p>	<p>Uma definição da formação de chuvas ácidas: reação de óxidos com vapor d’água, que originam ‘ácido sulfúrico (H₂SO₄) e ácido nítrico (HNO₃), que se dissolve nas nuvens’.</p>
<p>C1.v3.p.267.Pr1.L1-6: [Em condições normais, as camadas mais baixas da atmosfera são mais quentes porque absorvem calor irradiado pela superfície terrestre. Por ser menos denso, o ar quente tende a subir, carregando poluentes eventualmente presentes em suspensão. O ar quente que sobe é substituído por ar frio que desce e este, ao se aquecer, voltar a subir. O movimento ascendente e descendente de ar, denominado corrente de convecção, é responsável pela dispersão dos poluentes atmosféricos continuamente produzidos em uma cidade.]</p>	<p>dos Temas da Biologia - KoBT</p>	<p>Conceitos e exemplos associados</p>	<p>Descrição da corrente de convecção, ‘responsável pela dispersão dos poluentes atmosféricos produzidos em uma cidade’.</p>
	<p>da Estrutura da Biologia - KSB</p>	<p>Relações entre os diferentes conteúdos</p>	<p>Caracterização de conteúdo da Física para contextualizar a dispersão de poluentes no ar por meio das correntes de convecção.</p>
<p>C1.v3.p.267.Pr3.L1-5: [Nos meses de inverno, devido ao resfriamento do solo, a camada baixa de ar atmosférico pode esfriar mais que a camada imediatamente superior, fenômeno denominado inversão térmica. Com isso, os movimentos de convecção são interrompidos e os poluentes deixam de se dispersar para as camadas mais altas da atmosfera, concentrando-se na camada de ar frio aprisionada entre a superfície e a camada de ar quente.]</p>	<p>dos Temas da Biologia - KoBT</p>	<p>Conceitos e exemplos associados</p>	<p>Caracterização da inversão térmica: ‘, a camada baixa de ar atmosférico pode esfriar mais que a camada imediatamente superior’, concentrando os poluentes atmosférico entre as camadas de ar frio e quente.</p>
<p>C1.v3.p.268.Pr1.L1-4: [Parte da radiação solar que chega à Terra é refletida pelas nuvens e pela superfície terrestre; outra parte é absorvida principalmente pelo solo e reirradiada para atmosfera na forma de calor (radiação infravermelha). Esse fenômeno natural é denominado efeito estufa e contribui para manter aquecida a superfície terrestre, impedindo a perda muito rápida de</p>	<p>dos Temas da Biologia - KoBT</p>	<p>Conceitos e exemplos associados</p>	<p>Uma explicação do efeito estufa: ‘parte da radiação solar que chega à Terra é refletida pelas nuvens e pela superfície terrestre; outra parte é absorvida principalmente pelo solo e reirradiada para atmosfera na forma de calor’.</p>

calor para o espaço.]			
<p>C1.v3.p.268.Pr2.L1-5: [O efeito estufa resulta principalmente da presença na atmosfera de vapor d'água, gás carbônico (CO₂), metano (CH₄) e dióxido de nitrogênio (NO₂), cujas moléculas têm capacidade de absorver calor. O aumento de alguns desses gases na atmosfera, em consequência das atividades antrópicas, vem provocando a intensificação do efeito estufa. Estima-se que, nos próximos anos, isso levará a um aumento significativo da temperatura média na superfície terrestre.]</p>	<p>dos Temas da Biologia - KoBT</p>	<p>Fatos e fenômenos biológicos</p>	<p>Uma definição dos principais elementos do efeito estufa e sua intensificação provocada em 'consequência do aumento de sua emissão por atividades antrópicas'.</p>
<p>C1.v3.p.268.Pr4.L2-7: [O metano resulta principalmente da decomposição da matéria orgânica. O aumento da população humana contribui para a maior produção de lixo e esgotos, o que está diretamente relacionado com a elevação da concentração de gás metano na atmosfera; o aumento das áreas alagadas para o cultivo de arroz, onde ocorre muita decomposição de matéria orgânica, também tem elevado a concentração de metano atmosférico. Outras fontes emissoras de metano são os rebanhos de gado bovino e caprino.]</p>	<p>dos Temas da Biologia - KoBT</p>	<p>Conceitos e exemplos associados</p>	<p>Exemplos de atividades humanas que aumentam a concentração de metano na atmosfera: 'lixos e esgotos; cultivo de arroz e rebanhos de gado bovino e caprino'.</p>
<p>C1.v3.p.268.Pr6.L1-3: [Alguns cientistas consideram conservadoras essas estimativas da ONU e acreditam que, se os gases responsáveis pelo efeito estufa continuarem a se acumular na atmosfera, devemos esperar uma elevação de até 4°C na temperatura média mundial nos próximos 50 anos.]</p>	<p>da Natureza da Ciência - KNoS</p>	<p>Métodos de investigação científica</p>	<p>Observações feitas por 'alguns cientistas' sobre o aumento dos 'gases responsáveis pelo efeito estufa na atmosfera', que elevarão 'até 4°C na temperatura média mundial'.</p>
<p>C1.v3.p.270.Pr3.L1-6: [Entre outros agentes, descobriu-se que a principal causa da destruição da camada de ozônio é a liberação, na atmosfera, de gases do grupo dos clorofluorcarbonetos, abreviadamente chamados de CFCs. Eles são gases sintéticos (isto é, produzidos em laboratórios industriais) utilizados em aerossóis e em compressores de geladeiras e também liberados durante a fabricação de certos tipos de plástico de embalagens. Os CFCs acumulam-se nas altas camadas da atmosfera, onde o cloro de suas moléculas reage com moléculas de ozônio, quebrando-as.]</p>	<p>dos Temas da Biologia - KoBT</p>	<p>Fatos e fenômenos biológicos</p>	<p>Uso de observações e pesquisas sobre a 'destruição da camada de ozônio' por meio da 'liberação, na atmosfera, de gases CFCs'.</p>
	<p>da Estrutura da Biologia - KSB</p>	<p>Relações entre os diferentes conteúdos</p>	<p>Utilização de conteúdo da Química para explicar o que são CFCs: 'do grupo dos clorofluorcarbonetos, são gases sintéticos e acumulam-se nas altas camadas da atmosfera, onde o cloro de suas moléculas reage com moléculas de ozônio'.</p>

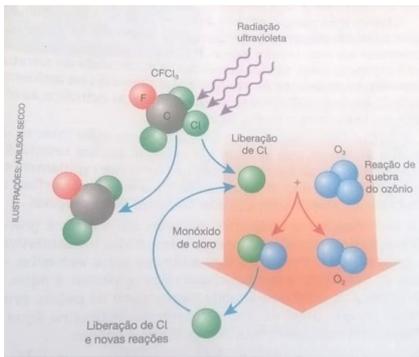
C1.v3.p.271.Pr1.L1-11:

[Representação esquemática da degradação do ozônio. A radiação ultravioleta, responsável pela produção de ozônio, também pode destruir esse gás se houver CFCs na atmosfera. Sob a ação da radiação ultravioleta, as moléculas de CFC quebram-se e libera um átomo de cloro que se combinam com o ozônio, formando gás oxigênio e monóxido de cloro. Como este último composto é instável, ele libera átomos de cloro e a reação de destruição do ozônio se amplia.]

do Ensino da
Biologia - **KBT**

Recursos para
ensinar

Uma ‘representação esquemática’ para facilitar a aprendizagem sobre a ‘degradação do ozônio’ na atmosfera.



da Estrutura da
Biologia - **KSB**

Relações entre os
diferentes
conteúdos

Uma apresentação da degradação do ozônio atmosférico de forma interdisciplinar (Química): ‘as moléculas de CFC quebram se me libera um átomo de cloro que se combinam com o ozônio, formando gás oxigênio e monóxido de cloro’.

C1.v3.p.272.Pr1.L1-6: [A forma mais comum e talvez a mais antiga de poluir as águas é por meio do lançamento de dejetos humanos e de animais domésticos em rios, lagos e mares. Por serem constituídos de material orgânico, esses dejetos aumentam a quantidade de nitratos e fosfatos, bem como de outros nutrientes presentes no ambiente aquático, fenômeno denominado **eutrofização** ou eutroficação.]

dos Temas da
Biologia - **KoBT**

Conceitos e
exemplos
associados

Caracterização do processo de eutrofização: ‘lançamento de dejetos humanos e de animais domésticos em rios, lagos e mares, que aumentam a quantidade de nitratos e fosfatos, bem como de outros nutrientes’.

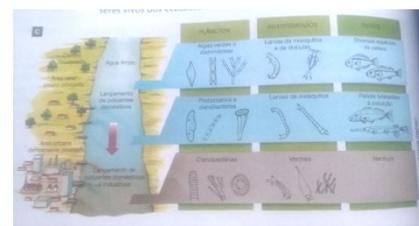
C1.v3.p.272.Pr78.L8-19:

[Representação esquemática da poluição de um rio ao longo de seu curso; o lançamento de esgotos e de resíduos industriais nos rios é uma das principais formas de poluição. O aumento da concentração de poluentes causa alteração da comunidade biológica que habita o rio, o que pode levar à sua eliminação.]

do Ensino da
Biologia - **KBT**

Recursos para
ensinar

Um recurso didático: ‘representação esquemática da poluição de um rio ao longo de seu curso’.



dos Temas da
Biologia - **KoBT**

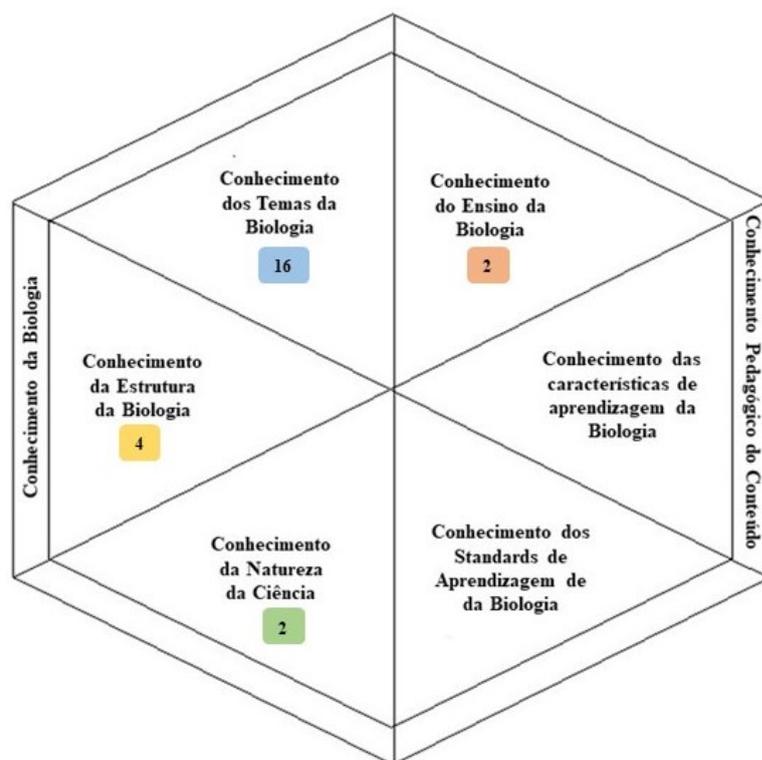
Conceitos e
exemplos
associados

Uma caracterização do resultado da poluição dos rios: ‘o aumento da concentração de poluentes causa alteração da comunidade biológica que habita o rio, o que pode levar à sua eliminação’.

Fonte: Amabis; Martho (2016). Elaborado pela autora.

A análise dos conhecimentos presentes neste livro resultou no total de 19 evidências e totalizou 24 conhecimentos, sendo 22 deles pertencentes ao domínio Conhecimento da Biologia e 2 pertencentes ao domínio Conhecimento Pedagógico do Conteúdo. Foram identificados quatro subdomínios do BTKS. Destes, apenas um subdomínio pertencia ao domínio do *Conhecimento Pedagógico do Conteúdo*, sendo ele o do Conhecimento do Ensino da Biologia, apresentando 2 conhecimentos. Em contrapartida, os três subdomínios do *Conhecimento da Biologia* foram contemplados na análise, com predominância do subdomínio Conhecimento dos Temas da Biologia, presente em 16 conhecimentos, seguido do subdomínio do Conhecimento da Estrutura da Biologia, presente em 4 conhecimentos e o subdomínio Conhecimento da Natureza da Ciência, presente em 2 conhecimentos (Figura 11).

Figura 11 – Conhecimentos encontrados no Livro “Biologia Moderna: Amabis & Martho”



Fonte: Adaptado de Luís; Carrillo (2020). Elaborado pela autora.

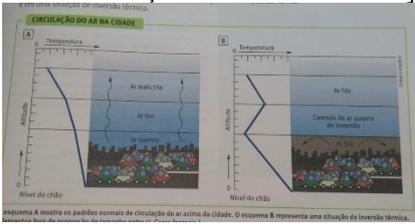
4.2 Análise da Coleção “Biologia (Saraiva Educação)”

Silva Júnior, César da; Sasson, Sezar; Caldini Júnior, Nelson. Biologia 1. 12ª edição. Volume 1. São Paulo: Saraiva, 2016.

Analisamos o volume 1 da coleção **Biologia**. Nesta obra, a temática mudanças climáticas em três capítulos: *Biomassas do mundo e fitogeografia do Brasil*; *Consumo, conservação e sustentabilidade*; e *Desenvolvimento Sustentável e biodiversidade*. O Quadro 15 detalha as evidências identificadas e suas respectivas análises.

Quadro 15- Evidências dos conhecimentos especializados do volume 1 da coleção C2

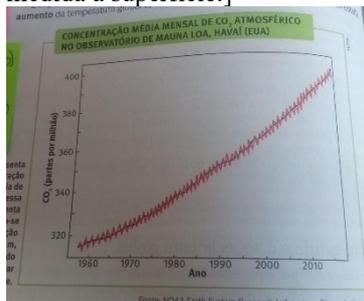
Manifestação do Sujeito	Análise do Pesquisador		
	Trecho	Conhecimento...	Associado a... Que consiste em...
Trecho do episódio (Artigo, ano, linha ou página)	[subdomínio]	[categoria]	[Síntese do conhecimento]
<p>C2.v1.p.110.Pr1.L1-5: [Caso se concretizem as projeções mais otimistas do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) e a temperatura nas áreas com remanescentes de Mata Atlântica aumentar até 2 graus Celsius, a distribuição geográfica das árvores desta floresta poderá ter redução de 30% em 2100. Se as estimativas mais pessimistas vingarem o aquecimento atingir a casa dos 4 graus Celsius, tal redução poderá chegar à 65%.]</p>	da Natureza da Ciência – KnoS	Método e conhecimento científico	Duas projeções, com estimativas otimistas e pessimistas, do IPCC sobre o aumento da temperatura e distribuição das árvores na Mata Atlântica em 2100.
<p>C2.v1.p.112.Pr6.L1-6: [Os físicos compararam o que ocorre na atmosfera terrestre aos fenômenos que permitem o aquecimento de uma estufa. Veja a figura, na página seguinte: na estufa, a luz atravessa livremente o vidro e é absorvida pelos objetos, que irradiam novamente sob forma de calor - ou radiação infravermelha. O vidro não deixa a maior parte do calor escapar, logo, permanece na estufa, aumentando a temperatura dos objetos.]</p> 	do Ensino da Biologia - KBT	Estratégias de ensino	Uma ilustração com o intuito de facilitar a compreensão de como ocorre o efeito estufa do planeta.
<p>C2.v1.p.113.Pr1.L1-4: [Da mesma forma, a atmosfera terrestre permite a entrada de luz, porém impede que a maior parte do calor escape devido, principalmente, a presença de CO₂ e vapor de água. Esse fenômeno, que é benéfico para a manutenção da vida, é chamado de efeito estufa.]</p>	dos Temas da Biologia - KoBT	Conceito e exemplos associados	Conceito de efeito estufa por meio de comparação com uma estufa de vidro: ‘na estufa, a luz atravessa livremente o vidro e absorvida pelos objetos, que irradiam novamente sob forma de calor - ou radiação infravermelha. O vidro não deixa a maior parte do calor escapar, logo, permanece na estufa, aumentando a temperatura dos objetos’.
<p>C2.v1.p.113.Pr1.L1-4: [Da mesma forma, a atmosfera terrestre permite a entrada de luz, porém impede que a maior parte do calor escape devido, principalmente, a presença de CO₂ e vapor de água. Esse fenômeno, que é benéfico para a manutenção da vida, é chamado de efeito estufa.]</p>	dos Temas da Biologia – KoBT	Conceito e exemplos associados	Definição do efeito estufa: ‘a atmosfera terrestre permite a entrada de luz, porém impede que a maior parte do calor escape devido, principalmente, a presença de CO ₂ e vapor de água’.
<p>C2.v1.p.141.Pr1.L1-4: [Uma das definições de sustentabilidade mais aceitas no mundo é a do relatório Brundtland, de 1987: “[...] desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das gerações vindouras satisfazerem as suas próprias necessidades”.]</p>	dos Temas da Biologia – KoBT	Conceito e exemplos associados	Uma definição de sustentabilidade: ‘desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das gerações vindouras satisfazerem as suas próprias necessidades’.
<p>C2.v1.p.144.Pr1.L1-4: [A poluição -</p>	dos Temas da	Conceito e	Caracterização do que

<p>seja ela do ar, da água ou do solo - pode ser definida como acréscimo de materiais ou de energia ao ambiente em quantidades que causem uma alteração indesejável e que possam ameaçar a sobrevivência ou as atividades do ser humano e dos demais organismos. Ao fator que causa a poluição chamamos poluente.]</p>	<p>Biologia – KoBT</p>	<p>exemplos associados</p>	<p>consiste a poluição e poluentes: ‘acréscimo de materiais ou de energia ao ambiente em quantidades que causem uma alteração indesejável. [...] Ao fator que causa a poluição chamamos poluente’.</p>
<p>C2.v1.p.146.Pr1.L1-7: [A inversão térmica é um fenômeno bastante frequente em várias cidades. Em São Paulo (SP), nos meses de inverno, há grande aumento dos poluentes no ar. Normalmente, as camadas inferiores da atmosfera são mais quentes do que as superiores; o ar quente, menos denso, sobe, carregando poluentes, e é substituído por ar frio. Em determinadas épocas, no entanto, as camadas inferiores podem ficar mais frias do que as superiores; como consequência, o ar não circula verticalmente, e a concentração de poluentes cresce.]</p>	<p>dos Temas da Biologia – KoBT</p>	<p>Conceito e exemplos associados</p>	<p>Descrição do fenômeno da inversão térmica nos meses de inverno: ‘Normalmente, as camadas inferiores da atmosfera são mais quentes do que as superiores; o ar quente, menos denso, sobe, carregando poluentes, e é substituído por ar frio. Em determinadas épocas, no entanto, as camadas inferiores podem ficar mais frias do que as superiores; como consequência, o ar não circula verticalmente, e a concentração de poluentes cresce’.</p>
<p>C2.v1.p.147.Pr1.L1-2: [Os esquemas abaixo representam como ocorre a circulação do ar em padrão normal e em uma situação de inversão térmica.]</p> 	<p>do Ensino da Biologia - KBT</p>	<p>Recursos para ensinar</p>	<p>Um recurso gráfico: Representação da circulação do ar nas cidades ‘em padrão normal e em uma situação de inversão térmica’ por meio de esquemas.</p>
<p>C2.v1.p.147.Pr2.L1-5: [A água pura é neutra, com pH igual a 7,0. A água da chuva costuma ser ligeiramente ácida, com pH 5,6. Isso porque, ao se combinar com o CO₂ do ar, forma-se H₂CO₃ (ácido carbônico). Em várias partes do planeta têm ocorrido chuvas ácidas com valores de pH ao redor de 4,0, ou seja, cerca de 25 vezes mais ácidos do que a chuva normal.]</p>	<p>da Estrutura da Biologia - KSB</p>	<p>Relações entre os diferentes conteúdos</p>	<p>Uma definição interdisciplinar (Química) sobre o pH da água da chuva: ‘A água pura é neutra, com pH igual a 7,0. A água da chuva costuma ser ligeiramente ácida, com pH 5,6. Isso porque, ao se combinar com o CO₂ do ar, forma-se H₂CO₃ (ácido carbônico)’.</p>
	<p>dos Temas da Biologia - KoBT</p>	<p>Conceito e exemplos associados</p>	<p>Uma demonstração do aumento da acidez das chuvas ácidas: ‘Em várias partes do planeta têm ocorrido chuvas ácidas com valores de pH ao redor de 4,0, ou seja,</p>

			cerca de 25 vezes mais ácidos do que a chuva normal’.
C2.v1.p.147.Pr3.L1-4: [Como se formam as chuvas ácidas? A queima de combustíveis por automóveis e indústrias libera na atmosfera óxidos de enxofre e de nitrogênio; esses ácidos reagem com a água da chuva, formando ácido sulfúrico e ácido nítrico, que a acidificam fortemente.]	dos Temas da Biologia – KoBT	Conceito e exemplos associados	Definição sobre a formação das chuvas ácidas: ‘A queima de combustíveis por automóveis e indústrias libera na atmosfera óxidos de enxofre e de nitrogênio; esses ácidos reagem com a água da chuva, formando ácido sulfúrico e ácido nítrico, que a acidificam fortemente’.
C2.v1.p.147.Pr5.L1-9: [As precipitações ácidas, seja sob a forma de chuva, seja de neve, tem também afetado seriamente os ecossistemas de água doce, ocasionando problemas de desenvolvimento e sobrevivência de muitos animais. Sabe-se que o pH é um fator de extrema importância para o funcionamento das enzimas e das proteínas do organismo. Os gametas dos animais - espermatozoides e o ovócitos II - são muito sensíveis às mudanças de pH, que prejudicam seriamente os ciclos reprodutivos. Em algumas lagoas da América do Norte com valores de pH abaixo de 5,0, os peixes desapareceram completamente.]	dos Temas da Biologia – KoBT	Conceito e exemplos associados	Um exemplo das consequências das precipitações ácidas para ecossistemas aquáticos: ‘Os gametas dos animais - espermatozoides e o ovócitos II - são muito sensíveis às mudanças de pH, que prejudicam seriamente os ciclos reprodutivos. Em algumas lagoas da América do Norte com valores de pH abaixo de 5,0, os peixes desapareceram completamente’.
C2.v1.p.148.Pr2.L1-6: [A radiação ultravioleta que chega à superfície da Terra, [...] é normalmente filtrada pela camada de ozônio (O ₃) da estratosfera. O ozônio é produzido a partir de moléculas de oxigênio (O ₂) em presença da radiação ultravioleta, mas constantemente se transforma novamente em oxigênio. Quando as duas reações ocorrem com a mesma intensidade, há equilíbrio entre o ozônio fabricado e o destruído.]	dos Temas da Biologia – KoBT	Conceito e exemplos associados	Uma definição sobre a produção das moléculas de ozônio: ‘O ozônio é produzido a partir de moléculas de oxigênio (O ₂) em presença da radiação ultravioleta, mas constantemente se transforma novamente em oxigênio’.
C2.v1.p.148.Pr3.L1-8: [Em 1985, observou-se, pela primeira vez, um grande buraco na camada de ozônio, pouco acima do Polo Sul, em que a quantidade de gás havia sido reduzida a 50%. Observou-se também, mais tarde, que outras regiões do planeta haviam sido afetadas. Essas “falhas” na camada de ozônio são provocadas por gases do tipo CFC (clorofluorcarbonos), usados em geladeiras e condicionadores de ar e também em latas de aerossóis (sprays),	dos Temas da Biologia - KoBT	Conceito e exemplos associados	Informações sobre redução da camada de ozônio e dos gases que provocam este fenômeno.

<p>entre outros. O gás escapa para atmosfera e libera átomos de cloro, que reagem com as moléculas de ozônio, transformando-as em oxigênio, o que provoca queda na concentração de ozônio na atmosfera.]</p>			
<p>C2.v1.p.149.Pr2.L1-6: [Novos dados da Nasa, agência espacial americana, apontam que o buraco na camada de ozônio na Antártida não diminuiu nos últimos quatro anos. O tamanho do rombo é equivalente ao território da América do Norte, com dimensões de 24,1 milhões de quilômetros quadrados. Em 2013, o buraco media 24 milhões de km².]</p>	<p>do Ensino da Biologia - KBT</p>	<p>Recursos para ensinar</p>	<p>Uma comparação para facilitar a visualização sobre a dimensão do buraco da camada de ozônio: ‘O tamanho do rombo é equivalente ao território da América do Norte, com dimensões de 24,1 milhões de quilômetros quadrados’.</p>
<p>C2.v1.p.149.Pr6.L1-6: [Você sabe o que é o efeito estufa? Quando entramos em um carro que tenha ficado exposto ao sol com os vidros fechados, sentimos como se tornou a alta temperatura no seu interior. Isso acontece porque a luz penetra livremente através dos vidros transparentes, é absorvida pelos assentos, pelo painel e pelos demais objetos e se converte em calor. Os vidros não deixam todo o calor sair por serem bons isolantes térmicos.]</p>	<p>dos Temas da Biologia – KoBT</p>	<p>Conceito e exemplos associados</p>	<p>Conceito do efeito estufa a partir da comparação com um ‘carro que tenha ficado exposto ao sol com os vidros fechados’.</p>
<p>C2.v1.p.149.Pr8.L1-4: [No fenômeno conhecido por efeito estufa, a energia luminosa atravessa livremente atmosfera, é absorvida pela Terra e convertida em calor na superfície. O calor é irradiado de volta, sob a forma de radiação infravermelha, mas grande parte dele fica retida, pela ação de “isolamento térmico” dos gases citados.]</p>	<p>dos Temas da Biologia – KoBT</p>	<p>Conceito e exemplos associados</p>	<p>Caracterização do efeito estufa: ‘a energia luminosa atravessa livremente atmosfera, é absorvida pela Terra e convertida em calor na superfície. O calor é irradiado de volta, sob a forma de radiação infravermelha, mas grande parte dele fica retida’.</p>
<p>C2.v1.p.150.Pr3.L1-6: [O Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (2014), também conhecido como 5º Relatório do IPCC (sigla em inglês), apontou que as emissões de gases estufa têm crescido sem cessar, estando atualmente nos níveis mais altos de já verificados na história. Os seis maiores produtores de gases responsáveis pelo efeito estufa, totalizando 70% dessa produção, são, na ordem: China, Estados Unidos, União Europeia, Federação Russa e Japão.]</p>	<p>da Natureza da Ciência – KnoS</p>	<p>Método e conhecimento científico</p>	<p>Dados sobre o crescimento das ‘emissões de gases estufa’ compilados no ‘5º Relatório do IPCC’.</p>
	<p>dos Temas da Biologia – KoBT</p>	<p>Conceito e exemplos associados</p>	<p>Menção aos ‘seis maiores países produtores de gases estufa’: ‘são, na ordem: China, Estados Unidos, União Europeia, Federação Russa e Japão’.</p>

C2.v1.p.150.Pr6.L1-11: [Na figura ao lado, a linha vermelha representa os valores médios mensais da concentração de CO₂ medida, indicando a existência de ciclos periódicos de variação dessa concentração; a linha preta representa os mesmos dados, porém eliminando-se a variação sazonal. Os dados dessa estação são obtidos a uma altitude de 3400 m, em regiões marinhas subtropicais do Hemisfério Norte, e podem não representar a média global medida à superfície.]



do Ensino da
Biologia - **KBT**

Recursos para
ensinar

Um recurso gráfico: figura representando ‘os valores médios mensais da concentração de CO₂ medida, indicando a existência de ciclos periódicos de variação dessa concentração [...] em regiões marinhas subtropicais do Hemisfério Norte’.

C2.v1.p.151.Pr4.L1-4: [Evidências das alterações climáticas decorrentes da atividade humana tem sido muito claras desde 1950, incluindo um declínio nas temperaturas mínimas extremas, um aumento das temperaturas máximas extremas, um aumento das marés mais altas e um aumento no número de episódios de alta pluviosidade em certas regiões do planeta.]

dos Temas da
Biologia –
KoBT

Conceito e
exemplos
associados

Observações sobre as ‘alterações climáticas decorrentes da atividade humana’: declínio nas temperaturas mínimas extremas, um aumento das temperaturas máximas extremas, um aumento das marés mais altas e um aumento no número de episódios de alta pluviosidade em certas regiões do planeta’.

C2.v1.p.153.Pr3.L1-9: [O gráfico à direita mostra a elevação da temperatura média da Terra (13,5°C) desde que ela começou a ser registrada oficialmente. Nos últimos 100 anos, o planeta ficou 1 °C mais quente. De 1980 para cá, a elevação se acentuou, um efeito do aquecimento global.]



do Ensino da
Biologia - **KBT**

Recursos para
ensinar

Um recurso gráfico que apresenta a elevação da temperatura média global entre os anos de 1850 e 2000.

C2.v1.p.158.Pr4.L1-7: [Você já reparou como, às vezes, um lago ou um tanque no qual existem muitos peixes ou aves aquáticas ficam com suas águas totalmente esverdeadas e exalando mau cheiro? Trata-se do fenômeno da **eutrofização** (ou

dos Temas da
Biologia -
KoBT

Conceito e
exemplos
associados

Uma definição ‘do fenômeno da eutrofização: proliferação acentuada de algas por causa do excesso de nutrientes na água’.

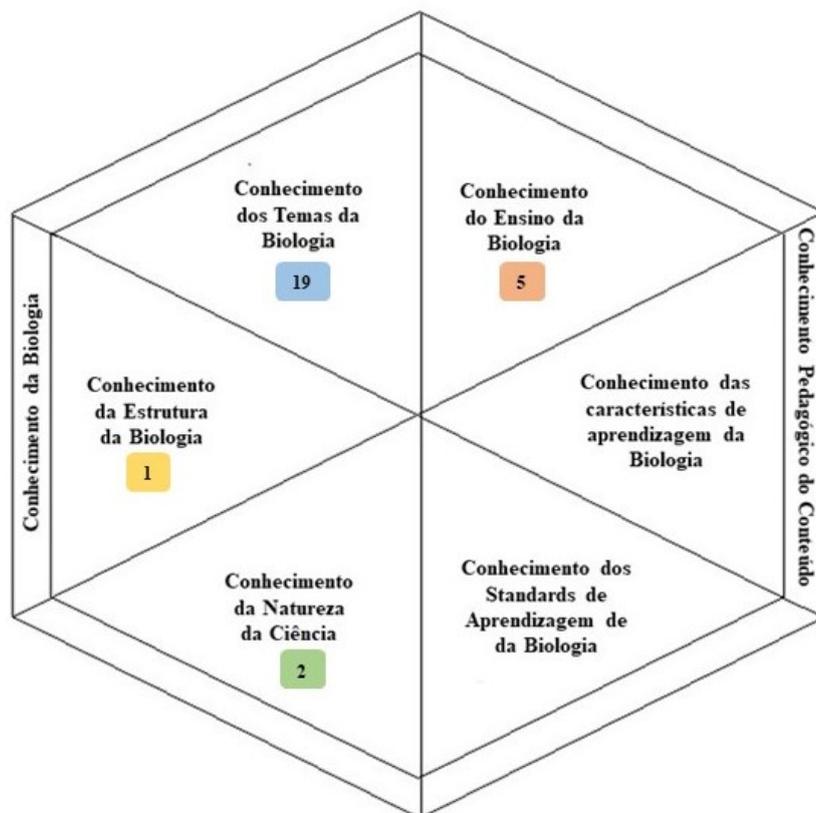
<p>eutroficação), no qual ocorre uma proliferação acentuada de algas por causa do excesso de nutrientes na água. Estes podem ter sido carregados por um rio (trazendo esgotos domésticos, restos de usina de açúcar ou de papel, ou, ainda, dejetos agrícolas ricos em nutrientes) ou ser resultado da alimentação lançado para aves ou peixes.]</p>			
<p>C2.v1.p.162.Pr5.L1-5: [O declínio da biodiversidade da Terra é uma consequência involuntária de múltiplos fatores que foram intensificados pela ação humana. [...]. Perda dos habitats, inclusive aquela causada pelas mudanças climáticas induzidas pelo homem; espécies invasoras (espécies exóticas daninhas, inclusive predadores, organismos causadores de doenças e concorrentes dominantes que expulsam os nativos); poluição, superpopulação humana, causa básica dos outros quatro fatores; e exploração excessiva (caça, pesca e coleta).]</p>	<p>dos Temas da Biologia – KoBT</p>	<p>Conceito e exemplos associados</p>	<p>Consequências das mudanças climáticas antrópicas: ‘Perda dos habitats, espécies invasoras, poluição, superpopulação humana e exploração excessiva’.</p>
<p>C2.v1.p.169.Pr6.L1-3: [Define-se desenvolvimento sustentável como “o desenvolvimento que satisfaz as necessidades da presente geração sem comprometer a capacidade das gerações futuras para satisfazer suas próprias necessidades”.]</p>	<p>dos Temas da Biologia – KoBT</p>	<p>Conceito e exemplos associados</p>	<p>Uma definição de desenvolvimento sustentável: ‘o desenvolvimento que satisfaz as necessidades da presente geração sem comprometer a capacidade das gerações futuras’.</p>
<p>C2.v1.p.173.Pr1.L1-6: [Como resultado de uma crescente preocupação em conhecer, com o máximo de precisão possível, o efetivo impacto ambiental ocasionado por um indivíduo, surgiu o conceito de pegada ecológica. Trata-se de um importante instrumento de avaliação, que se vale das informações fornecidas a respeito dos hábitos de consumo de uma pessoa para medir as quantidades de solo e água necessária para produzir os recursos e assimilar os resíduos gerados por ela.]</p>	<p>dos Temas da Biologia – KoBT</p>	<p>Conceito e exemplos associados</p>	<p>Caracterização de pegada ecológica: ‘um instrumento de avaliação, que se vale das informações fornecidas a respeito dos hábitos de consumo de uma pessoa para medir as quantidades de solo e água necessária para produzir os recursos e assimilar os resíduos gerados por ela’.</p>
<p>C2.v1.p.179.Pr4.L1-6: [Teoria de Gaia: Hipótese formulada pelo cientista inglês James Lovelock, nascido em 1919. Segundo Lovelock, a influência dos fatores abióticos sobre os seres vivos é tão importante quanto a influência dos seres vivos sobre esses fatores. Assim, o planeta Terra, nessa hipótese, se comportaria como uma espécie de “superorganismo”: um organismo vivo único, que teria a</p>	<p>dos Temas da Biologia - KoBT</p>	<p>Conceito e exemplos associados</p>	<p>Definição da Teoria de Gaia: ‘hipótese formulada por James Lovelock’ que considera o planeta como ‘um organismo vivo único, que teria a capacidade de regular seu clima e sua temperatura, eliminar seus detritos e combater suas doenças’.</p>

capacidade de regular seu clima e sua temperatura, eliminar seus detritos e combater suas doenças.]

Fonte: Silva; Sasson; Caldini (2016). Elaborado pela autora.

A análise dos conhecimentos presentes neste livro resultou no total de 22 evidências e totalizou 26 conhecimentos, sendo 21 deles pertencentes ao domínio Conhecimento da Biologia e 5 de conhecimento pertencentes ao domínio Conhecimento Pedagógico do Conteúdo. Assim como na obra anteriormente analisada, também foram identificados quatro subdomínios do BTSK. No domínio do *Conhecimento Pedagógico do Conteúdo* foram identificados 5 conhecimentos do subdomínio do Conhecimento do Ensino da Biologia. Já no domínio do *Conhecimento da Biologia*, pudemos identificar os três subdomínios, com predominância do subdomínio Conhecimento dos Temas da Biologia, presente em 19 conhecimentos, seguido do subdomínio do Conhecimento da Natureza da Ciência, presente em 2 conhecimentos e o subdomínio Conhecimento da Estrutura da Biologia, presente em 1 conhecimento (Figura 12).

Figura 12 – Conhecimentos encontrados no Livro “Biologia (Saraiva Educação)”



Fonte: Adaptado de Luís; Carrillo (2020). Elaborado pela autora.

4.3 Análise da Coleção “Conexões com a Biologia”

Thompson, Miguel; Rios, Eloci Peres. *Conexões com a Biologia. 2ª edição. Volume 1. São Paulo: Moderna, 2016.*

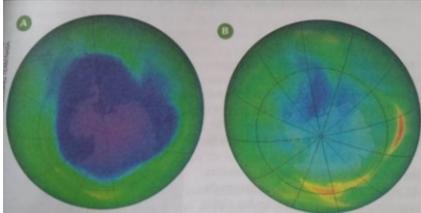
Analisamos o volume 1 da coleção *Conexões com a Biologia*. Nesta obra, a temática mudanças climáticas esteve presente em quatro capítulos: *Ciclos biogeoquímicos*; *Interferência humano no ambiente*; *Grandes impactos ambientais*; e *Desenvolvimento Sustentável*. O Quadro 16 detalha as evidências identificadas e suas respectivas análises.

Quadro 16- Evidências dos conhecimentos especializados do volume 1 da coleção C3

Manifestação do Sujeito	Análise do Pesquisador		
	Trecho	Conhecimento...	Associado a... Que consiste em...
Trecho do episódio (Artigo, ano, linha ou página)	[subdomínio]	[categoria]	[Síntese do conhecimento]
C3.v1.p.116.Pr1.L1-5: [Entre as condições favoráveis ao desenvolvimento da vida na Terra estão as temperaturas na superfície do nosso planeta. Um dos fatores que influenciam essas temperaturas é o efeito estufa, fenômeno que retém o calor na atmosfera.]	dos Temas da Biologia - KoBT	Conceito e exemplos associados	Uma função do efeito estufa: reter ‘calor na atmosfera’ que possibilita ‘condições favoráveis ao desenvolvimento da vida na Terra’.
C3.v1.p.116.Pr2.L1-10: [Após a Revolução Industrial, ocorrida em meados do século XVIII, a concentração de gases de efeito estufa vem crescendo exponencialmente, principalmente em decorrência da queima de combustíveis fósseis como fonte de energia. Por esse motivo, muitos cientistas acreditam que o mundo está passando por um processo de mudanças climáticas. Essas mudanças afetam o equilíbrio do clima e as consequências são verões mais quentes, invernos mais gelados, furacões e tempestades mais intensos e derretimento de calotas polares e picos nevados.]	dos Temas da Biologia - KoBT	Conceito e exemplos associados	Causas e consequências do crescimento da concentração de gases de efeito estufa após a Revolução Industrial.
	da Natureza da Ciência - KNoS	Método e conhecimento científico	Estudos científicos sobre as mudanças climáticas: ‘Essas mudanças afetam o equilíbrio do clima e as consequências são verões mais quentes, invernos mais gelados, furacões e tempestades mais intensos e derretimento de calotas polares e picos nevados’.
C3.v1.p.147.Pr4.L1-5: [A poluição atmosférica é causada, principalmente, pela queima de combustíveis fósseis como o carvão e derivados do petróleo, o que aumenta a concentração de dióxido de carbono (CO ₂) na atmosfera. Outras ações humanas também contribuem para a contaminação do ar: as queimadas aumentam a liberação de CO ₂ para o ambiente, e muitas indústrias lançam na atmosfera gases tóxicos como nitrogênio enxofre, entre outros exemplos.]	dos Temas da Biologia - KoBT	Conceito e exemplos associados	Caracterização da poluição atmosférica e seus efeitos negativos causados pelas ações humanas: ‘queima de combustíveis fósseis como o carvão e derivados do petróleo, queimadas’ e lançamento de gases tóxicos para a atmosfera.
C3.v1.p.148.Pr1.L1-5: [A poluição da água está relacionada, principalmente, ao lançamento de materiais poluentes como lixo, produtos químicos e esgoto sem tratamento. A falta de saneamento	dos Temas da Biologia - KoBT	Conceito e exemplos associados	Definição de poluição aquática e suas ameaças aos ecossistemas.

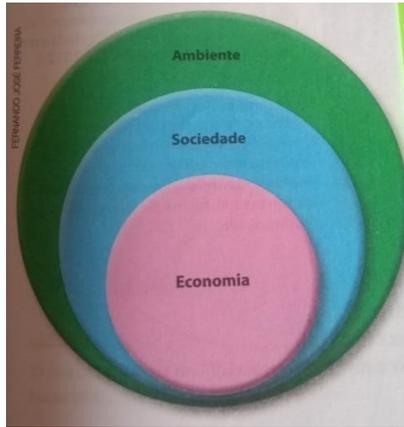
básico é uma das maiores ameaças aos ecossistemas aquáticos.]			
C3.v1.p.148.Pr2.L1-4: [A poluição do solo é causada, em geral, por lixo e componentes químicos descartados em locais impróprios em áreas urbana e industrial, bem como por pesticidas e fertilizantes empregados na agricultura.]	dos Temas da Biologia - KoBT	Conceito e exemplos associados	Causas da poluição do solo: ‘causada por lixo e componentes químicos descartados em locais impróprios, bem como por pesticidas e fertilizantes empregados na agricultura’.
C3.v1.p.148.Pr5.L1-5: [A inversão térmica ocorre quando o ar mais quente se sobrepõe a uma camada de ar mais frio e impede sua ascensão à atmosfera. Essa camada de ar frio, mais densa que a de ar quente, faz que os poluentes sejam mantidos próximos à superfície.]	dos Temas da Biologia - KoBT	Conceito e exemplos associados	Uma definição de como ocorre a inversão térmica: ‘quando o ar mais quente se sobrepõe a uma camada de ar mais frio e impede sua ascensão à atmosfera’.
C3.v1.p.148.Pr7.L1-6: [Em condições normais (A), vem próximo à superfície é aquecido e ascende, carregando os poluentes. Em períodos frios, pode ocorrer a inversão térmica (B): o ar próximo à superfície resfriado, ficando preso abaixo de uma camada de ar mais quente. Dessa forma, a poluição fica retida próxima à superfície.]			
	do Ensino da Biologia - KBT	Recursos para ensinar	Um esquema que exhibe o fluxo de ar em condições normais e com a inversão térmica e como o ar poluído se concentra.
C3.v1.p.152.Pr3.L1-5: [A partir da Revolução Industrial, algumas atividades humanas, principalmente a queima de combustíveis fósseis e o desmatamento, aumentaram significativamente as concentrações de dióxido de carbono (CO ₂), óxido nítrico (N ₂ O) e metano (CH ₄) na atmosfera. Esses gases são os principais responsáveis pelo aumento do efeito estufa .]	dos Temas da Biologia - KoBT	Conceito e exemplos associados	Alguns gases ‘responsáveis pelo aumento do efeito estufa , a partir da Revolução Industrial: dióxido de carbono (CO ₂), óxido nítrico (N ₂ O) e metano (CH ₄)’, oriundos, principalmente, ‘da queima de combustíveis fósseis e o desmatamento’.
C3.v1.p.152.Pr4.L1-10: [O efeito estufa é um fenômeno natural causado por gases como CO ₂ e H ₂ O, quem retém parte da radiação do Sol refletida	dos Temas da Biologia - KoBT	Conceito e exemplos associados	Descrição do efeito estufa e sua importância para manutenção da temperatura terrestre.

<p>pela superfície terrestre, impedindo que seja dissipada para o espaço. Se não fosse pelo efeito estufa, a temperatura média do planeta seria até 30 °C mais baixa, em torno de -15 °C. Assim, podemos dizer que esse fenômeno é necessário para a manutenção da vida como a conhecemos.]</p>			
<p>C3.v1.p.152.Pr6.L1-6: [A mudança na temperatura global tem desdobramentos complexos em outros aspectos do clima, como padrão de chuvas, o movimento das massas de ar, o nível do mar em sua composição química, o degelo das calotas polares, entre outros.]</p>	<p>dos Temas da Biologia - KoBT</p>	<p>Conceito e exemplos associados</p>	<p>Algumas alterações geradas pelas mudanças climáticas: ‘como padrão de chuvas, o movimento das massas de ar, o nível do mar em sua composição química, o degelo das calotas polares, entre outros’.</p>
<p>C3.v1.p.153.Pr1.L1-5: [O ozônio (O₃) é um gás que forma uma fina camada na estratosfera envolve a Terra. Essa camada representa apenas uma minúscula porcentagem dos gases presentes na atmosfera, mas exerce um papel importante na absorção de raios ultravioleta emitidos pelo Sol, que são prejudiciais a alguns tecidos biológicos.]</p>	<p>dos Temas da Biologia - KoBT</p>	<p>Conceito e exemplos associados</p>	<p>Definição do gás ozônio e sua importância: ‘é um gás que forma uma fina camada na estratosfera envolve a Terra. Essa camada [...]exerce um papel importante na absorção de raios ultravioleta emitidos pelo Sol’.</p>
<p>C3.v1.p.153.Pr2.L1-6: [Nos últimos cinquenta anos, observou-se uma diminuição de 20% da camada de ozônio sobre Antártida. Isso se deve, em especial, à emissão de gases de clorofluorcarbono, conhecidos como CFC. Na estratosfera, os raios ultravioleta decompõem esses gases, liberando gás cloro (Cl₂), que por sua vez decompõem as moléculas de ozônio. Cada molécula de gás cloro é capaz de destruir 10 mil moléculas de ozônio.]</p>	<p>da Natureza da Ciência - KNoS</p>	<p>Método e conhecimento científico</p>	<p>Uma observação feitas por estudiosos da redução da cama de ozônio: ‘Nos últimos cinquenta anos, observou-se uma diminuição de 20% da camada de ozônio sobre Antártida’.</p>
	<p>da Estrutura da Biologia - KSB</p>	<p>Relações entre os diferentes conteúdos</p>	<p>Uma definição interdisciplinar (Química) sobre a ação dos gases CFCs: ‘os raios ultravioleta decompõem esses gases, liberando gás cloro (Cl₂), que por sua vez decompõem as moléculas de ozônio. Cada molécula de gás cloro é capaz de destruir 10 mil moléculas de ozônio’.</p>
	<p>do Ensino da Biologia - KBT</p>	<p>Recursos para ensinar</p>	<p>Uma figura que mostra a ‘área com diminuição da camada de ozônio (em roxo) na Antártida em 2008 (A) e em 1979 (B)’.</p>

<p>C3.v1.p.153.Pr4.L1-4: [Imagens de área com diminuição da camada de ozônio (em roxo) na Antártida em 2008 (A) e em 1979 (B). Não existe de fato um buraco na camada de ozônio. O termo <i>buraco</i> é usado como uma metáfora para os locais onde há concentração do gás é muito pequena.]</p> 	<p>dos Temas da Biologia - KoBT</p>	<p>Conceito e exemplos associados</p>	<p>Uma explicação sobre o significado do ‘termo buraco’ da camada de ozônio terrestre: ‘é usado como uma metáfora para os locais onde há concentração do gás é muito pequena’.</p>
<p>C3.v1.p.153.Pr5.L1-6: [A acidez das chuvas aumentou nos últimos anos em decorrência do aumento das emissões de dióxido de enxofre (SO₂) e de nitrogênio (NO₂) na atmosfera, originados na queima de combustíveis fósseis. Além de causarem problemas respiratórios aos seres humanos, esses gases se combinam com o vapor de água da atmosfera e dão origem aos ácido sulfúrico e nítrico, que se precipitam com a chuva.]</p>	<p>dos Temas da Biologia - KoBT</p>	<p>Conceito e exemplos associados</p>	<p>Informações sobre o aumento da ‘acidez das chuvas’ em decorrência da ‘queima de combustíveis fósseis’ e suas consequências.</p>
<p>C3.v1.p.154.Pr2.L1-7: [O acúmulo de nutrientes em ecossistemas aquáticos é chamado eutrofização e acontecer naturalmente, mas em geral está associado a atividades humanas poluidoras. Esse acúmulo de nutrientes é uma condição ambiental favorável à proliferação excessiva de microrganismos aquáticos, podendo causar diversos problemas, como a turvação das águas, a diminuição do gás oxigênio dissolvido e a liberação de substâncias tóxicas.]</p>	<p>dos Temas da Biologia - KoBT</p>	<p>Conceito e exemplos associados</p>	<p>Uma definição da eutrofização e seus efeitos: ‘acúmulo de nutrientes em ecossistemas aquáticos [...]favorável à proliferação excessiva de microrganismos, podendo causar diversos problemas’.</p>
<p>C3.v1.p.155.Pr1.L1-3: [O termo sustentabilidade tem sido usado desde a década de 1980 para se referir a atividades produtivas que não degradam ou esgotam os recursos naturais.]</p>	<p>dos Temas da Biologia - KoBT</p>	<p>Conceito e exemplos associados</p>	<p>Descrição de sustentabilidade: ‘atividades produtivas que não degradam ou esgotam os recursos naturais’.</p>
<p>C3.v1.p.155.Pr1.L7-12: [Uma expressão que se originou destes estudos é o desenvolvimento sustentável, que é citado frequentemente não só por ecólogos e ambientalistas, mas também nas diversas mídias, como jornais, telejornais, revistas etc. De maneira simplificada, pode-se dizer que o desenvolvimento sustentável contempla o desenvolvimento social e econômico e a preservação ambiental com o objetivo de suprir as</p>	<p>dos Temas da Biologia - KoBT</p>	<p>Conceito e exemplos associados</p>	<p>Conceito de ‘desenvolvimento sustentável: contempla o desenvolvimento social e econômico e a preservação ambiental com o objetivo de suprir as necessidades atuais sem comprometer os recursos para as necessidades das gerações futuras’.</p>

necessidades atuais sem comprometer os recursos para as necessidades das gerações futuras.]

C3.v1.p.155.Pr6.L1-6: [Esse diagrama é utilizado para indicar a relação entre os “três pilares da sustentabilidade”. Note que a economia está subordinada à sociedade e esta está inserida no ambiente.]



do Ensino da
Biologia - **KBT**

Recursos para
ensinar

Uma representação
esquemática dos ‘três
pilares da
sustentabilidade’ e suas
subordinações.

C3.v1.p.161.Pr4.L1-4: [A energia eólica é produzida a partir da energia cinética dos ventos, que movimentam hélices ligadas a uma turbina e acionam um gerador elétrico. Apesar de ser uma energia limpa e renovável, quase não existem usinas eólicas produtoras de energia elétrica em nosso país.]

dos Temas da
Biologia - **KoBT**

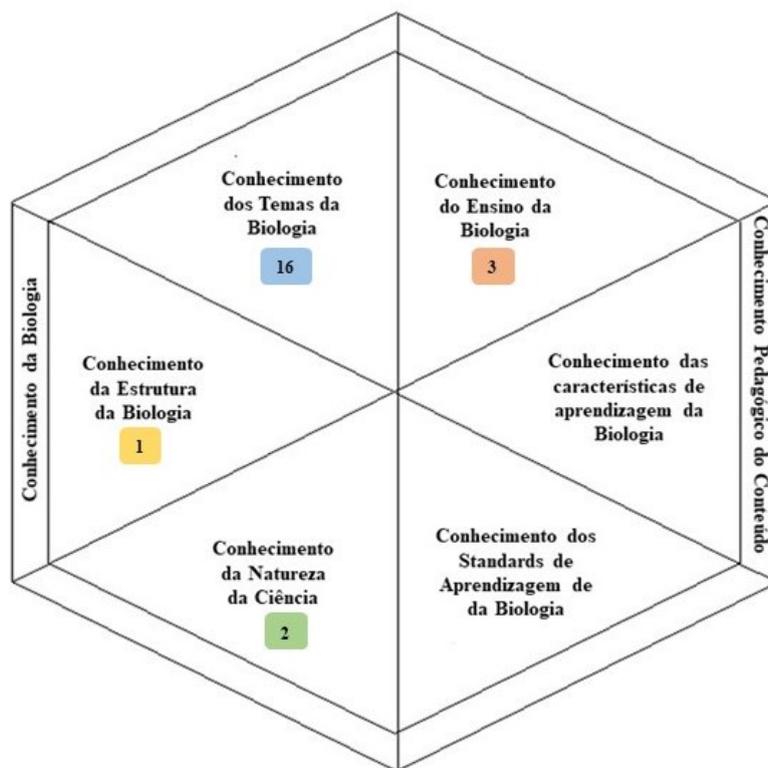
Conceito e
exemplos
associados

Uma explicação sobre a
produção da energia
eólica: ‘é produzida a
partir da energia cinética
dos ventos, que
movimentam hélices
ligadas a uma turbina e
acionam um gerador
elétrico’.

Fonte: Thompson; Rios (2016). Elaborado pela autora.

Esta obra reuniu o total de 19 evidências e totalizou 22 conhecimentos, sendo 19 deles pertencentes ao domínio Conhecimento da Biologia e 3 conhecimentos pertencentes ao domínio Conhecimento Pedagógico do Conteúdo. A mesma quantidade de subdomínios (quatro) foi identificada nas evidências deste livro, havendo diferença apenas no número de conhecimentos de cada um deles. No domínio do *Conhecimento Pedagógico do Conteúdo* foram identificados 3 conhecimentos do subdomínio do Conhecimento do Ensino da Biologia. No domínio do *Conhecimento da Biologia*, pudemos identificar os três subdomínios, com predominância do subdomínio Conhecimento dos Temas da Biologia, presente em 17 conhecimentos, seguido do subdomínio do Conhecimento da Natureza da Ciência, presente em 2 conhecimentos e o subdomínio Conhecimento da Estrutura da Biologia, presente em 1 conhecimento (Figura 13).

Figura 13 – Conhecimentos encontrados no Livro “Conexões com a Biologia”



Fonte: Adaptado de Luís; Carrillo (2020). Elaborado pela autora.

4.4 Análise da Coleção “#contato Biologia”

Ogo, Marcela Yaemi; Godoy, Leandro Pereira de. #contato biologia, 3º ano. 1ª edição. São Paulo: Quinteto, 2016.

Analisamos o volume 3 da coleção #contato *Biologia*. Nesta obra, a temática mudanças climáticas foi evidenciada em três capítulos: *Introdução à Ecologia e ciclos biogeoquímicos*; *Recursos naturais e biodiversidade*; *Problemas ambientais e biodiversidade*. O Quadro 17 detalha as evidências identificadas e suas respectivas análises.

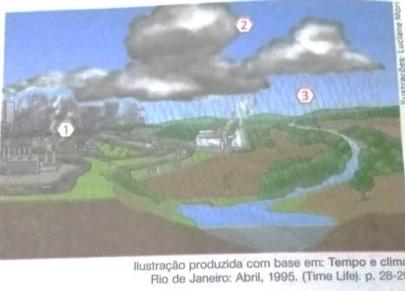
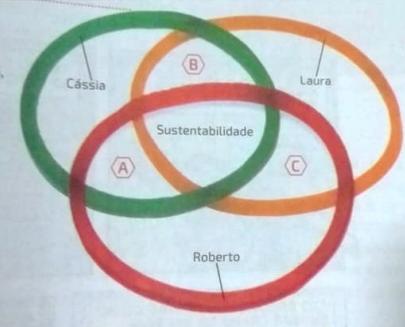
Quadro 17- Evidências dos conhecimentos especializados do volume 3 da coleção C4

Manifestação do Sujeito	Análise do Pesquisador		
	Trecho	Conhecimento..	Associado a... Que consiste em...
Trecho do episódio (Artigo, ano, linha ou página)	[subdomínio]	[categoria]	[Síntese do conhecimento]
C4.v3.p176.Pr2.L1-3: [Atualmente, o ciclo do carbono sofre intensa interferência das atividades humanas, que causam desequilíbrio entre a quantidade de carbono que é liberada na atmosfera e a que é fixada no ambiente e nos seres vivos.]	dos Temas da Biologia – KoBT	Conceito e exemplos associados	Uma constatação: ‘o ciclo do carbono sofre intensa interferência das atividades humanas, que causam desequilíbrio’ entre a quantidade emitida e absorvida.
C4.v3.p177.Pr1.L1-3: [O conceito de sequestro de carbono foi definido no protocolo de Kyoto, em 1997, e	dos Temas da Biologia - KoBT	Conceito e exemplos associados	Definição do sequestro de carbono: ‘processo de absorção de carbono da

trata do processo de absorção de carbono da atmosfera, visando conter ou reverter o acúmulo de CO ₂ .]		atmosfera, visando conter é ou reverter o acúmulo de CO ₂ '.
<p>C4.v3.p256.Pr1.L1-5: [O título da pintura acima, <i>No país negro</i>, se refere a uma região belga chamada Borinage, que, no século XIX, foi transformada devido à descoberta de jazidas de carvão mineral. A partir dessa descoberta, fábricas passaram a se estabelecer no local e cidades foram construídas ao redor. Além disso, a zona rural foi devastada, conferindo um aspecto obscuro à cidade, como retratado por Meunier.]</p> 	do Ensino da Biologia - KBT	Estratégia de ensino Uma representação (pintura) como exemplo sobre o impacto das alterações climáticas para o ambiente e seres vivos em consequência do uso intensivo da queima de combustíveis fósseis.
<p>C4.v3.p259.Pr2.L1-6: [Muitas pessoas vivem nas áreas litorâneas em todo o planeta, o que faz aumentar a quantidade de fontes poluidoras. Nesse ambiente, existem diversas formas de interferências humanas, como lançamento de resíduos provenientes de esgoto e de atividades industriais.]</p>	dos Temas da Biologia – KoBT	Exemplos de fontes poluidoras dos oceanos: 'lançamento de resíduos provenientes de esgoto e de atividades industriais'.
<p>C4.v3.p260.Pr4.L1-6: [Um problema relacionado à poluição da água é eutrofização, que consiste no excesso de nutrientes na água. Ela pode ocorrer naturalmente ou ser acelerada pela interferência humana. O excesso de material orgânica (nutrientes) oriundos da poluição causa a multiplicação das algas, que, quando morrem, começam a se decompor, dando origem à proliferação de microrganismos decompositores que consomem gás oxigênio.]</p>	dos Temas da Biologia – KoBT	Conceito de eutrofização e como ocorre: as algas se multiplicam pelo excesso de nutrientes da água e os microrganismos que decompõem estas algas já mortas consomem o oxigênio que seria destinado ao consumo de outros organismos.
<p>C4.v3.p262.Pr1.L1-4: [Outro aspecto importante do ar atmosférico está relacionado à temperatura do planeta Terra, em um fenômeno chamado de efeito estufa natural. Quando a radiação solar atravessa a atmosfera, parte dela é retida por alguns gases atmosféricos, aquecendo o planeta.]</p>	dos Temas da Biologia – KoBT	Definição de efeito estufa e sua importância para o aquecimento da Terra: 'Quando a radiação solar atravessa a atmosfera, parte dela é retida por alguns gases atmosféricos, aquecendo o planeta'.

<p>C4.v3.p262.Pr1.L4-6: [Da radiação solar que chega à superfície terrestre, parte dela retorna ao espaço. O restante é absorvido pelo vapor-d'água e por gases do efeito estufa, entre eles o CO₂, e retorna à superfície na forma de calor. Veja abaixo.]</p>	<p>do Ensino da Biologia - KBT</p>	<p>Recursos para ensinar</p>	<p>Uma representação esquemática para facilitar a visualização do efeito estufa natural.</p>
			
<p>C4.v3.p262.Pr5.L1-4: [A combustão é um tipo de reação química que libera gases e partículas. Muitos dos produtos dessa reação química são poluentes, os quais têm causado diversos problemas ao ambiente, como a poluição atmosférica, a intensificação do efeito estufa, a inversão térmica e a chuva ácida.]</p>	<p>dos Temas da Biologia – KoBT</p>	<p>Conceito e exemplos associados</p>	<p>Caracterização da combustão e dos problemas causados ao ambiente: ‘é um tipo de reação química que libera gases e partículas [...],os quais têm causado diversos problemas ao ambiente, como a poluição atmosférica, a intensificação do efeito estufa, a inversão térmica e a chuva ácida’.</p>
<p>C4.v3.p264.Pr1.L1-5: [Os poluentes atmosféricos podem ser classificados em poluentes primários e poluentes secundários. Os poluentes primários são emitidos pelas fontes poluidoras diretamente para o ambiente (monóxido de carbono, fuligem, óxidos de nitrogênio, óxidos de enxofre, hidrocarbonetos, aldeídos). Os poluentes secundários resultam de ações dos poluentes primários com outros compostos químicos, como o gás ozônio.]</p>	<p>dos Temas da Biologia – KoBT</p>	<p>Conceito e exemplos associados</p>	<p>Classificação dos poluentes atmosféricos: ‘Os poluentes primários são emitidos pelas fontes poluidoras diretamente para o ambiente (monóxido de carbono, fuligem, óxidos de nitrogênio, óxidos de enxofre, hidrocarbonetos, aldeídos). Os poluentes secundários resultam de ações dos poluentes primários com outros compostos químicos, como o gás ozônio’.</p>
<p>C4.v3.p264.Pr2.L1-5: [De acordo com os processos responsáveis pela liberação dos poluentes, a poluição atmosférica pode ser causada por fontes fixas ou móveis. As fontes móveis são fontes em movimento, como os veículos, trens, aviões e embarcações marítimas. Nas fontes fixas, os poluentes são lançados de um ponto específico, como chaminés, e, geralmente, provêm de processos industriais de usinas termelétricas.]</p>	<p>dos Temas da Biologia – KoBT</p>	<p>Conceito e exemplos associados</p>	<p>Classificação quanto as fontes de poluição atmosférica: pode ser causada por fontes fixas ou móveis. As fontes móveis são fontes em movimento, como os veículos. [...]Nas fontes fixas, os poluentes são lançados de um ponto específico, como chaminés’.</p>
<p>C4.v3.p264.Pr3.L1-9: [Alguns gases são bastante poluentes, como os óxidos de nitrogênio (conhecido como NO_x). O óxido de nitrogênio (N₂O) é incolor e provém de fontes naturais, de motores a combustão, termelétricas, indústrias e fertilizantes. Seu aumento pode</p>	<p>da Estrutura da Biologia - KSB</p>	<p>Relações entre os diferentes conteúdos</p>	<p>Uma definição e classificação interdisciplinar (Química) sobre os óxidos de nitrogênio: ‘O óxido de nitrogênio (N₂O) provém de fontes naturais, de motores a combustão. Seu aumento pode intensificar o efeito estufa. O óxido nítrico</p>

<p>intensificar o efeito estufa, causando modificações climáticas em todo o planeta. O óxido nítrico (NO) é um poluente primário, incolor e inodoro, produzido naturalmente por microrganismos ou pela combustão. Ele pode reagir com o gás ozônio, destruindo a camada de ozônio, e é um dos principais gases do efeito estufa. O dióxido de nitrogênio (NO₂) tem coloração avermelhada, é tóxico e irritante para as mucosas, e está presente em altas concentrações nas grandes cidades.]</p>		<p>(NO) é um poluente primário, produzido naturalmente por microrganismos ou pela combustão. é um dos principais gases do efeito estufa. O dióxido de nitrogênio (NO₂) é tóxico e irritante para as mucosas, e está presente em altas concentrações nas grandes cidades’.</p>
<p>C4.v3.p264.Pr4.L1-4: [Entre os problemas relacionados aos óxidos de nitrogênio destaca se o smog fotoquímico (<i>smoke</i> = fumaça + <i>fog</i> = nevoeiro). Trata-se de um conjunto de reações químicas desses óxidos com compostos orgânicos voláteis, gerados a partir da combustão incompleta de hidrocarbonetos.]</p>	<p>da Estrutura da Biologia - KSB</p> <p>Relações entre os diferentes conteúdos</p>	<p>Conceito interdisciplinar (Química) sobre o ‘smog fotoquímico: Trata-se de um conjunto de reações químicas desses óxidos com compostos orgânicos voláteis, gerados a partir da combustão incompleta de hidrocarbonetos’.</p>
<p>C4.v3.p266.Pr2.L2-4: [Em dias frios, ocorre a inversão térmica, na qual uma camada de ar quente fica sobre o ar mais frio. Os poluentes encontram uma camada de ar quente, que bloqueia o seu movimento, promovendo seu acúmulo próximo à superfície terrestre.]</p>	<p>dos Temas da Biologia – KoBT</p> <p>Conceito e exemplos associados</p>	<p>Explicação sobre como ocorre a inversão térmica: ‘uma camada de ar quente fica sobre o ar mais frio. Os poluentes encontram uma camada de ar quente, que bloqueia o seu movimento, promovendo seu acúmulo próximo à superfície terrestre’.</p>
<p>C4.v3.p266.Pr4.L1-4: [A água da chuva natural tem pouca acidez, por causa do ácido carbônico formado na reação química com o gás carbônico da atmosfera. A intensificação da emissão de poluentes como o óxido de nitrogênio e o dióxido de enxofre, que se transformam os ácidos nítrico e sulfúrico, respectivamente, tornam a água da chuva mais ácida.]</p>	<p>dos Temas da Biologia – KoBT</p> <p>Conceito e exemplos associados</p>	<p>Explicação de como as chuvas se tornam mais ácidas: ‘A intensificação da emissão de poluentes como o óxido de nitrogênio e o dióxido de enxofre, que se transformam os ácidos nítrico e sulfúrico, respectivamente, tornam a água da chuva mais ácida’.</p>
<p>C4.v3.p266.Pr5.L1-13: [1- Emissão de poluentes. 2- Ao entrar em contato com as gotículas de água presentes na atmosfera, o dióxido de enxofre os óxidos de nitrogênio passam por diversas reações químicas, formando ácidos. 3- A solução aquosa, que se precipita em forma de chuva ácida,</p>	<p>dos Temas da Biologia – KoBT</p> <p>Conceito e exemplos associados</p>	<p>Etapas de formação da chuva ácida.</p>

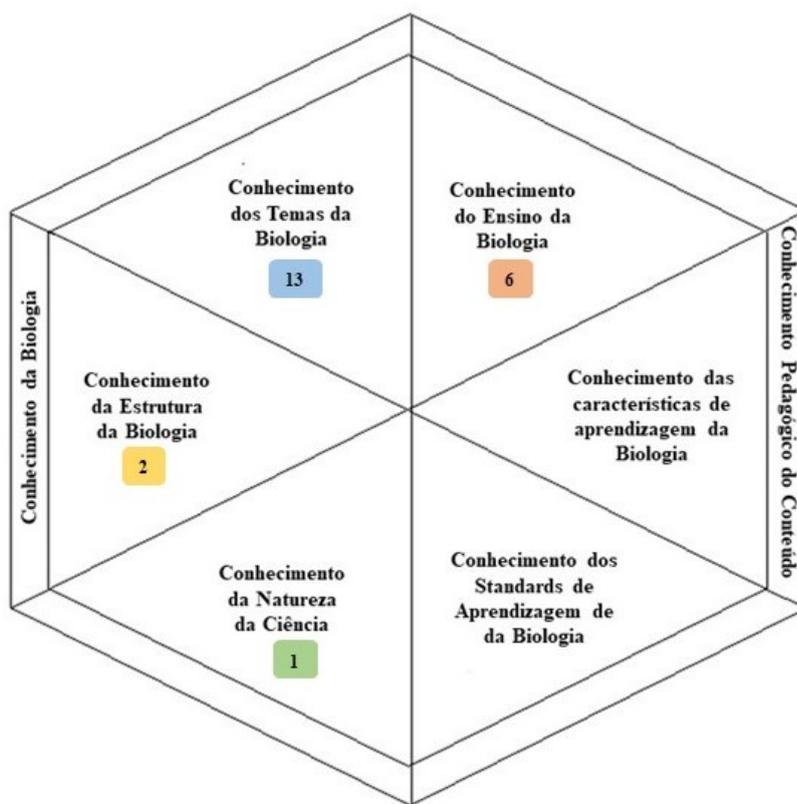
<p>pode chegar a ser 1000 vezes mais ácido que a chuva natural.]</p> 	<p>do Ensino da Biologia - KBT</p>	<p>Recursos para ensinar</p>	<p>Uma representação esquemática para facilitar a visualização da formação das chuvas ácidas.</p>
<p>C4.v3.p273.Pr2.L1-4: [Em uma aula cujo tema é a sustentabilidade, a professora de biologia de Cássia, Roberto e Laura pediu a cada um deles que pegasse um elástico de cor diferente. Em seguida, determinou que fizesse em uma intersecção entre eles.]</p>	<p>do Ensino da Biologia - KBT</p>	<p>Estratégia de ensino</p>	<p>Estratégia de ensino do tema sustentabilidade de forma contextualizada e prática.</p>
<p>C4.v3.p273.Pr3.L1-16: [A professora pediu-lhes que considerassem que o elástico verde representava desenvolvimento social, o amarelo, o desenvolvimento econômico e o vermelho, a conservação ambiental. E questionou o que significa intersecção entre eles. Ela, então, explicou que a sustentabilidade considera essas três áreas.]</p> 	<p>do Ensino da Biologia - KBT</p>	<p>Estratégia de ensino</p>	<p>Estratégia para ensinar sobre sustentabilidade com uso de analogia para representar os três pilares da sustentabilidade.</p>
<p>C4.v3.p273.Pr5.L1-2: [Assim, a sustentabilidade busca o desenvolvimento de uma sociedade, almejando igualdade entre as pessoas, na qual todos respeitam o ambiente e os recursos naturais.]</p>	<p>dos Temas da Biologia – KoBT</p>	<p>Conceito e exemplos associados</p>	<p>Definição de sustentabilidade: ‘a sustentabilidade busca o desenvolvimento de uma sociedade, almejando igualdade entre as pessoas, na qual todos respeitam o ambiente e os recursos naturais’.</p>
<p>C4.v3.p280.Pr1.L1-3: [Nas últimas décadas, a concentração de gases do efeito estufa na atmosfera aumentou muito rapidamente, intensificando o efeito estufa natural elevando a temperatura global média do planeta. A esse fenômeno deu-se o nome de aquecimento global.]</p>	<p>dos Temas da Biologia - KoBT</p>	<p>Conceito e exemplos associados</p>	<p>Caracterização do aquecimento global: ‘Nas últimas décadas, a concentração de gases do efeito estufa na atmosfera aumentou muito rapidamente, intensificando o efeito estufa natural elevando a</p>

<p>C4.v3.p280.Pr5.L1-4: [Observe que as variações na temperatura média global começaram a aumentar a partir de 1900, período no qual as emissões de poluentes atmosféricos já estavam acontecendo.]</p>  <p>Variações na temperatura média global entre 1840 e 2000</p>	<p>do Ensino da Biologia - KBT</p>	<p>Recursos para ensinar</p>	<p>temperatura global média do planeta’.</p> <p>Utilização de recurso gráfico para facilitar a visualização da alteração climática mundial.</p>
<p>C4.v3.p280.Pr9.L1-5: [Os efeitos das mudanças climáticas não são percebidos somente nas regiões polares. De acordo com o Painel Intergovernamental das Mudanças Climáticas (IPCC), outros ecossistemas que possuem grande probabilidade de serem prejudicadas e de perderem biodiversidade são os recifes de corais, as áreas costeiras úmidas e os cumes das altas montanhas.]</p>	<p>da Natureza da Ciência - KNoS</p>	<p>Método e conhecimento científico</p>	<p>Exemplos de locais impactados pelas mudanças climáticas segundo comprovações científicas reunidas pelo IPCC: ‘outros ecossistemas que possuem grande probabilidade de serem prejudicadas e de perderem biodiversidade são os recifes de corais, as áreas costeiras úmidas e os cumes das altas montanhas’.</p>

Fonte: Ogo; Godoy (2016). Elaborado pela autora.

Esta obra reuniu o total de 21 evidências e totalizou 22 conhecimentos, sendo 16 deles pertencentes ao domínio Conhecimento da Biologia e 6 conhecimentos pertencentes ao domínio Conhecimento Pedagógico do Conteúdo. A mesma quantidade de subdomínios (quatro) foi identificada nas evidências deste livro, havendo diferença apenas no número de conhecimentos de cada um deles. No domínio do *Conhecimento Pedagógico do Conteúdo* foram identificados 6 conhecimentos do subdomínio do Conhecimento do Ensino da Biologia. No domínio do *Conhecimento da Biologia*, pudemos identificar os três subdomínios, com predominância do subdomínio Conhecimento dos Temas da Biologia, presente em 13 conhecimentos, seguido do subdomínio do Conhecimento da Estrutura da Biologia, presente em 2 conhecimentos e o subdomínio Conhecimento da Natureza da Ciência, presente em 1 conhecimento (Figura 14).

Figura 14 – Conhecimentos encontrados no Livro “#contato Biologia”



Fonte: Adaptado de Luís; Carrillo (2020). Elaborado pela autora.

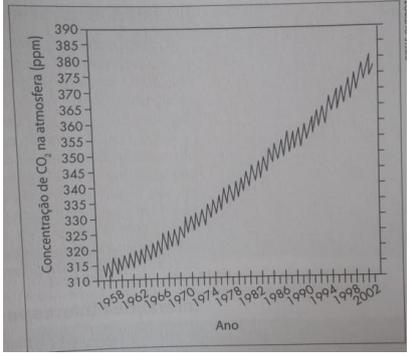
4.5 Análise da Coleção “Integralis - Biologia: Novas Bases”

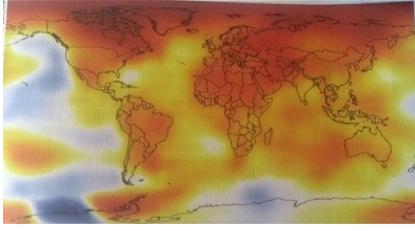
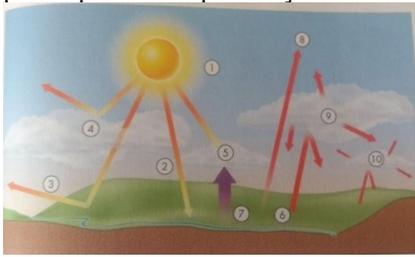
Bizzo, Nélío. *Integralis - Biologia: Novas Bases. 1ª edição. Volume 3. São Paulo: IBEP, 2016.*

Analisamos o volume 3 da coleção *Integralis - Biologia: Novas Bases*. Nesta obra, a temática mudanças climáticas foi evidenciada em dois capítulos: *Bases da Ecologia* e *A perspectiva socioambiental*. O Quadro 18 detalha as evidências identificadas e suas respectivas análises.

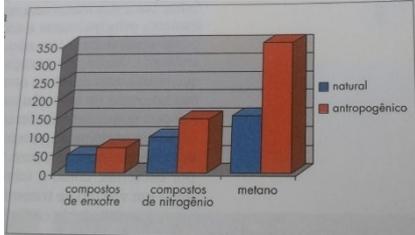
Quadro 18- Evidências dos conhecimentos especializados do volume 3 da coleção C5

Manifestação do Sujeito	Análise do Pesquisador		
	Trecho	Conhecimento...	Associado a... Que consiste em...
Trecho do episódio (Artigo, ano, linha ou página)	[subdomínio]	[categoria]	[Síntese do conhecimento]
C5.v3.p.212.Pr2.L1-7: [Atualmente, o ciclo do carbono passou a ser estudado mais detalhadamente em razão da preocupação com as mudanças climáticas globais. A atmosfera retém calor e atua como uma estufa, porque a água e alguns gases, como gás carbônico (CO ₂) e metano (CH ₄), têm grande capacidade de reter calor. As diversas atividades humanas relacionadas a esses gases se intensificaram a partir de 1750, com a	dos Temas da Biologia - KoBT	Conceito e exemplos associados	Dados sobre o ciclo do carbono e o porque este ganhou destaque nos estudos atuais, tendo seu nome atualizado para ‘ <i>ciclo moderno do carbono</i> ’.

<p>Revolução Industrial, e têm sido incluídas nos estudos, compondo o que se denomina <i>ciclo moderno do carbono</i>.]</p>			
<p>C5.v3.p.213.Pr1.L1-9: [O aumento da concentração de gás carbônico na atmosfera (Gráfico 8.2) tem sido correlacionado com o aumento da temperatura média do planeta, o chamado aquecimento global. Há evidências muito concretas de que os dois fenômenos estejam relacionados, embora alguns cientistas atribuam as mudanças a outras fatores. Esse assunto será visto com maior profundidade no próximo capítulo.]</p>	<p>da Natureza da Ciência - KNoS</p>	<p>Método e conhecimento científico</p>	<p>Estudos científicos sobre o aquecimento global: ‘Há evidências muito concretas de que os dois fenômenos estejam relacionados, embora alguns cientistas atribuam as mudanças a outras fatores’.</p>
	<p>da Estrutura da Biologia - KSB</p>	<p>Estrutura do conteúdo</p>	<p>Uma ordenação do conteúdo aquecimento global: ‘Esse assunto será visto com maior profundidade no próximo capítulo.’</p>
<p>C5.v3.p.227.Pr6.L1-4: [A sustentabilidade pode ser definida como a capacidade de desenvolver processos produtivos e de gerar riquezas pela apropriação de recursos naturais sem provocar o esgotamento da natureza e degradação socioambiental.]</p>	<p>dos Temas da Biologia - KoBT</p>	<p>Recursos para ensinar</p>	<p>Um recurso gráfico para visibilizar ‘o aumento da concentração de gás carbônico na atmosfera’.</p>
<p>C5.v3.p.228.Pr8.L1-8: [Diversas observações realizadas ao longo do século XX têm demonstrado que as temperaturas médias do planeta estão se elevando. Como vimos no Capítulo 8, novas rotas marítimas se tornaram possíveis em virtude do derretimento do gelo do hemisfério norte, principalmente em regiões próximas ao Polo Norte.]</p>	<p>da Natureza da Ciência - KNoS</p>	<p>Conceito e exemplos associados</p>	<p>Definição de sustentabilidade: ‘a capacidade de desenvolver processos produtivos e de gerar riquezas pela apropriação de recursos naturais sem provocar o esgotamento da natureza’.</p>
<p>C5.v3.p.229.Pr1.L1-5: [Estudos recentes evidenciaram o aumento de temperatura em todo o mundo, mas sobretudo das áreas setentrionais do hemisfério norte. Observando o mapa do sintetiza esses resultados (Figura 9.7), percebe-se como as áreas setentrionais do hemisfério norte sofreram elevação mais acentuada de temperatura média.]</p>	<p>da Natureza da Ciência - KNoS</p>	<p>Método e conhecimento científico</p>	<p>Estudos sobre a elevação das temperaturas médias do planeta: ‘Diversas observações realizadas ao longo do século XX têm demonstrado que as temperaturas médias do planeta estão se elevando’.</p>
	<p>da Estrutura da Biologia - KSB</p>	<p>Estrutura do conteúdo</p>	<p>Uma ordenação do conteúdo: retomada dos conceitos trabalhados no capítulo anterior.</p>

	<p>do Ensino da Biologia - KBT</p>	<p>Recursos para ensinar</p>	<p>Um recurso gráfico que evidencia o aquecimento global, 'sobretudo das áreas setentrionais do hemisfério norte'.</p>
<p>C5.v3.p.229.Pr3.L1-4: [Essas variações de temperatura são acompanhadas pelo aumento da quantidade de certos gases na atmosfera, como gás carbônico, metano e óxidos de nitrogênio. Esses gases, assim como o vapor de água, têm o poder de reter calor, sendo responsáveis pelo chamado <i>efeito estufa</i>.]</p>	<p>dos Temas da Biologia - KoBT</p>	<p>Conceito e exemplos associados</p>	<p>Exemplo dos gases atmosféricos responsáveis pelo efeito estufa: 'gás carbônico, metano e óxidos de nitrogênio'.</p>
<p>C5.v3.p.229.Pr4.L1-8: [Figura 9.8 Esquema do efeito estufa. (1) O Sol é a fonte de energia radiante. (2) Parte da radiação solar atinge a superfície da Terra. (3) Parte dessa radiação é refletida pela superfície. (4) Outra parte é refletida pelas nuvens. (5) Partículas e gases absorvem parte da radiação na atmosfera. (6) Uma parte da energia que chega é convertida em calor. (7) Outra parte da energia absorvida promove a evaporação da água. (8) Uma pequena parte da radiação é devolvida para o espaço. (9) As nuvens refletem de volta uma parte da radiação que recebem da superfície. (10) Os gases do efeito estufa refletem de volta uma parte da radiação emitida pela superfície do planeta.]</p> 	<p>do Ensino da Biologia - KBT</p>	<p>Recursos para ensinar</p>	<p>Esquema simplificado do efeito estufa natural explicitado em etapas que são enumeradas de 1 a 10.</p>
<p>C5.v3.p.230.Pr1.L1-5: [O efeito estufa é fundamental para a existência de vida no planeta, pois, ao reter calor, estabiliza a temperatura do planeta diminuindo as variações entre o dia a noite, bem como ao longo do ano.]</p>	<p>dos Temas da Biologia - KoBT</p>	<p>Conceito e exemplos associados</p>	<p>Importância do efeito estufa para a vida terrestre: 'ao reter calor, estabiliza a temperatura do planeta diminuindo as variações entre o dia a noite, bem como ao longo do ano'.</p>
<p>C5.v3.p.230.Pr3.L1-7: [O aumento da quantidade dos gases ligados ao efeito estufa na atmosfera pode, quase certamente, ser apontado como uma das causas das mudanças climáticas de dimensão global. O aumento da temperatura média do planeta tem tido,</p>	<p>dos Temas da Biologia - KoBT</p>	<p>Conceito e exemplos associados</p>	<p>Esclarecimentos sobre o aumento da emissão de gases de efeito estufa e sua relação com o aquecimento global.</p>

como vimos, efeitos muito notáveis, ligados à perda de habitat terrestres e aquáticos.]			
C5.v3.p.230.Pr6.L1-5: [Por sua baixa densidade, uma vez liberado no ambiente, o CFC sobe até grandes altitudes, onde participa de uma série de reações em cadeia que transforma o ozônio (O ₃) e gás oxigênio (O ₂). Isso diminui a quantidade de ozônio e, conseqüentemente, reduz a proteção contra raios ultravioleta.]	dos Temas da Biologia - KoBT	Fatos e fenômenos biológicos	Definição da atuação dos CFCs: 'Por sua baixa densidade, uma vez liberado no ambiente, o CFC sobe até grandes altitudes, onde participa de uma série de reações em cadeia que transforma o ozônio (O ₃) e gás oxigênio (O ₂)'.
C5.v3.p.230.Pr9.L1-4: [Os gases que destroem a camada de ozônio (CFC) também contribuem para o efeito estufa, portanto existe certa ligação entre a destruição da camada de ozônio e o aquecimento global. No entanto, os gases que substituem os CFC e não destroem a camada de ozônio têm a mesma contribuição para o efeito estufa.]	dos Temas da Biologia - KoBT	Conceito e exemplos associados	Relação entre os CFCs e demais gases que os substituíram com o efeito estufa.
C5.v3.p.231.Pr4.L1-4: [As pesquisas de Lovelock sobre os mecanismos de equilíbrio da atmosfera e dos oceanos o levaram a propor uma hipótese batizada de "hipótese Gaia", segundo a qual os mecanismos de compensação ambiental do planeta devem ser vistos como os de um organismo.]	da Natureza da Ciência - KNoS	Método e conhecimento científico	Pesquisas desenvolvidas por James Lovelock sobre a autoregulação do planeta que 'o levaram a propor uma hipótese batizada de "hipótese Gaia".
C5.v3.p.232.Pr2.L1-3: [Considera-se poluído o ar que contém gases, partículas microscópicas sólidas ou gotículas em suspensão (aerossóis) em quantidade que excedem a capacidade da atmosfera de dissipá-los ou de incorporá-los aos ecossistemas.]	dos Temas da Biologia - KoBT	Conceito e exemplos associados	Descrição sobre as características que o ar deve possuir para ser considerado poluído.
C5.v3.p.232.Pr3.L1-6: [Existem fontes naturais de poluição, como as erupções vulcânicas e os incêndios no cerrado ou nas savanas provocados por descargas elétricas atmosféricas. No Brasil, as fontes mais importantes de poluição do ar estão ligadas à atividade humana (poluição antropogênica), como as emissões de motores de caminhões, ônibus, motos e automóveis, à atividade industrial e aos incêndios florestais provocados.]	dos Temas da Biologia - KoBT	Conceito e exemplos associados	Tipos de fontes de poluição do ar: podem ser provenientes de 'fontes naturais' ou 'ligadas à atividade humana. No Brasil, as principais fontes são emissões de motores, atividades industriais e incêndios florestais provocados'.
C5.v3.p.232.Pr5.L1-2: [A <i>poluição atmosférica sulfurosa</i> resulta da queima de carvão fóssil, nas indústrias ou nas casas, o que era muito comum na cidades britânicas.]	dos Temas da Biologia - KoBT	Conceito e exemplos associados	Uma definição de ' <i>poluição atmosférica sulfurosa</i> : resulta da queima de carvão fóssil, nas indústrias ou nas casas, o que era muito comum na cidades britânicas'.

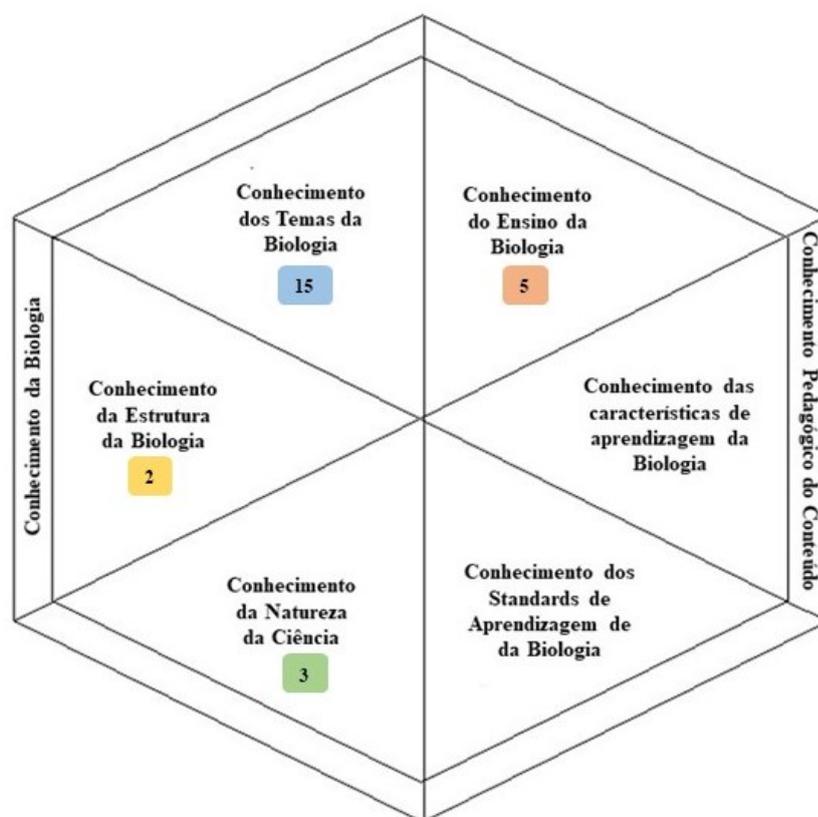
<p>C5.v3.p.232.Pr6.L1-5: [Com o advento do gás liquefeito de petróleo (GLP), o carvão fóssil deixou de ser usado em residências nas grandes cidades. Os compostos de enxofre e nitrogênio são liberados com a fumaça e reagem na atmosfera, originando ácidos sulfúrico, nítrico e nítrico, que tornam a chuva ácida, a ponto de correr peças de mármore em fachadas, pisos ou estátuas.]</p>	<p>dos Temas da Biologia - KoBT</p>	<p>Fatos e fenômenos biológicos</p>	<p>Reação dos compostos liberados com a fumaça resultante do uso do GLP.</p>
<p>C5.v3.p.233.Pr2.L1-5: [Outra forma de poluição atmosférica é a denominada fotoquímica, resultado de reações químicas que dependem da energia da luz solar na atmosférica. Ela produz substâncias muito perigosas, como os compostos de nitrogênio e ozônio.]</p>	<p>dos Temas da Biologia - KoBT</p>	<p>Conceito e exemplos associados</p>	<p>Explicação sobre como as chuvas se tornam mais ácidas, a ‘ponto de correr peças de mármore em fachadas, pisos ou estátuas’.</p>
<p>C5.v3.p.233.Pr4.L1-7: [O Gráfico 9.1 sintetiza uma estimativa da quantidade de substâncias poluidoras lançadas anualmente em todo o planeta, de acordo com sua origem natural ou outra polêmica. Nota-se que a atividade humana é mais significativa para a produção de compostos poluentes do que as causas naturais.]</p> 	<p>do Ensino da Biologia - KBT</p>	<p>Recursos para ensinar</p>	<p>Um recurso gráfico que apresenta ‘uma estimativa da quantidade de substâncias poluidoras lançadas anualmente em todo o planeta’.</p>
<p>C5.v3.p.233.Pr5.L1-5: [Incêndios florestais (Figura 9.16) produzem muitos compostos de enxofre, nitrogênio e outros, bem como grande quantidade de partículas, na forma de poeira de carvão. Todos esses materiais são prejudiciais à saúde humana e ao ambiente, e constituem uma perigosa combinação da poluição sulfurosa com a poluição fotoquímica.]</p> 	<p>dos Temas da Biologia - KoBT</p>	<p>Conceito e exemplos associados</p>	<p>Consequências dos incêndios florestais: ‘produzem muitos compostos de enxofre, nitrogênio e outros, bem como grande quantidade de partículas, [...]prejudiciais à saúde humana e ao ambiente, e constituem uma perigosa combinação da poluição sulfurosa com a poluição fotoquímica’.</p>
<p>C5.v3.p.235.Pr2.L1-6: [O aumento exagerado de nutrientes de um corpo de água em razão das atividades humanas é chamado de <i>eutrofização</i>, e</p>	<p>dos Temas da Biologia - KoBT</p>	<p>Conceito e exemplos associados</p>	<p>Conceito de <i>eutrofização</i>: aumento exagerado de nutrientes de um corpo de água em razão das</p>

<p>a perda de transparência é um dos indicadores mais imediatos. Em situação normal, os corpos de água mantêm a capacidade de assimilar e integrar aos ciclos de matéria os nutrientes eventualmente recebidos.]</p>	<p>atividades humana’.</p>
<p>C5.v3.p.238.Pr4.L1-6: [As regiões costeiras recebem carga poluidora das cidades, com grande volume de matéria orgânica. Como vimos, um dos primeiros sinais de que o limite do ecossistema foi ultrapassado é justamente a diminuição dos níveis de oxigênio (Figura 9.27). Com o tempo e a redução da carga poluidora, o ecossistema processa a matéria orgânica e os níveis de oxigênio dissolvido voltam a subir, em um processo de recuperação ambiental.]</p>	<p>dos Temas da Biologia - KoBT</p> <p>Conceito e exemplos associados</p> <p>Dados sobre a poluição aquática proveniente das cidades nas ‘regiões costeiras’.</p>
	<p>do Ensino da Biologia - KBT</p> <p>Recursos para ensinar</p> <p>Um mapa que apresenta a diminuição dos níveis de oxigênio em regiões costeiras do mundo: Em vermelho, locais com baixa oxigenação; em amarelo, locais com diminuição da oxigenação; e em verde, locais que estão recuperando seus níveis.</p>

Fonte: Bizzo (2016). Elaborado pela autora.

Esta obra reuniu o total de 20 evidências e totalizou 26 conhecimentos, sendo 21 deles pertencentes ao domínio Conhecimento da Biologia e 5 conhecimentos pertencentes ao domínio Conhecimento Pedagógico do Conteúdo. Nesta obra, identificamos quatro subdomínios. No domínio do *Conhecimento Pedagógico do Conteúdo* foram identificados 5 conhecimentos, todos eles do subdomínio do Conhecimento do Ensino da Biologia. No domínio do *Conhecimento da Biologia*, pudemos identificar os três subdomínios, com as seguintes quantificações: o subdomínio Conhecimento dos Temas da Biologia apresentou em 15 conhecimentos; o subdomínio do Conhecimento da Estrutura da Biologia apresentou 2 conhecimentos e o subdomínio Conhecimento da Natureza da Ciência apresentou 3 conhecimentos (Figura 15).

Figura 15 – Conhecimentos encontrados no Livro “Integralis - Biologia: Novas Bases”



Fonte: Adaptado de Luís; Carrillo (2020). Elaborado pela autora.

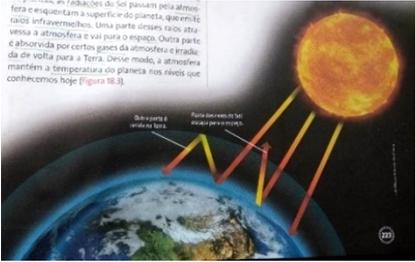
4.6 Análise da Coleção “Biologia Hoje”

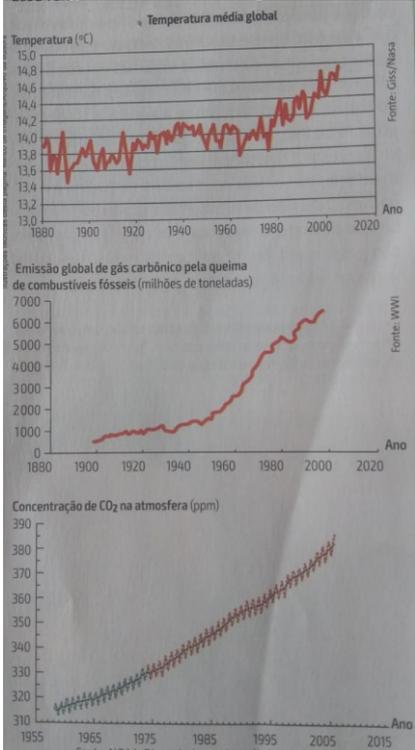
Linhares, Sérgio; Gewandsnajder, Fernando; Pacca, Helena. *Biologia Hoje*. 3ª edição. Volume 3. São Paulo: Ática, 2016.

Analisamos o volume 3 da coleção *Biologia Hoje*. Nesta obra, a temática mudanças climáticas foi evidenciada em três capítulos: *O campo de estudo da Ecologia*; *Ciclos Biogeoquímicos*; e *Poluição*. O Quadro 19 detalha as evidências identificadas e suas respectivas análises.

Quadro 19 - Evidências dos conhecimentos especializados do volume 3 da coleção C6

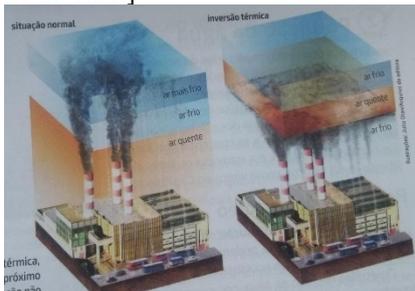
Manifestação do Sujeito		Análise do Pesquisador	
Trecho	Conhecimento...	Associado a...	Que consiste em...
Trecho do episódio (Artigo, ano, linha ou página)	[subdomínio]	[categoria]	[Síntese do conhecimento]
C6.v3.p.170.Pr1.L1-5: [A poluição do ar e da água, a desertificação do solo, o esgotamento de recursos naturais, a excessiva produção de lixo e a diminuição da biodiversidade são alguns dos efeitos colaterais da ação do ser humano sobre o ambiente ao longo da História.]	dos Temas da Biologia - KoBT	Conceito e exemplos associados	Exemplo de efeitos da ‘ação do ser humano sobre o ambiente: poluição do ar e da água, a desertificação do solo, o esgotamento de recursos naturais, a excessiva produção de lixo e a diminuição da biodiversidade’.
C6.v3.p.173.Pr1.L1-9: [A preocupação com a poluição do ar é	dos Temas da Biologia - KoBT	Conceito e	Conceito histórico sobre a poluição do ar e seus ‘efeitos

<p>algo antigo. Há registros de reclamação sobre os efeitos da poluição na saúde desde a Grécia antiga. Mas foi durante a Revolução Industrial que ocorreu a primeira grande queda na qualidade do ar das cidades, principalmente na Inglaterra, na Alemanha e nos Estados Unidos devido à intensa queima de carvão para mover as máquinas de aquecer as casas.]</p>		<p>exemplos associados</p>	<p>para a saúde’.</p>
<p>C6.v3.p.223.Pr2.L1-7: [De maneira semelhante ao que ocorre na estufa de plantas, as radiações do Sol passam pela atmosfera esquentam a superfície do planeta, que emite raios infravermelhos. Uma parte desses raios atravessa atmosfera vai para o espaço. Outra parte é absorvida por certos gases da atmosfera irradiada de volta para a Terra. Desse modo, a atmosfera mantém a temperatura do planeta nos níveis que conhecemos hoje (figura 18.3).]</p> 	<p>dos Temas da Biologia - KoBT</p>	<p>Conceito e exemplos associados</p>	<p>Caracterização de como o efeito estufa natural ocorre.</p>
	<p>do Ensino da Biologia - KBT</p>	<p>Recursos para ensinar</p>	<p>Esquema para facilitar a visualização do efeito estufa natural.</p>
	<p>do Ensino da Biologia - KBT</p>	<p>Estratégias de ensino</p>	<p>Uso de analogia para facilitar a aprendizagem: ‘De maneira semelhante ao que ocorre na estufa de plantas, as radiações do Sol passam pela atmosfera esquentam a superfície do planeta, que emite raios infravermelhos’.</p>
<p>C6.v3.p.223.Pr3.L1-7: [Esse efeito da atmosfera sobre a temperatura da Terra é chamado efeito estufa, pois lembra o que acontece nas estufas de vidro. Ele mantém a temperatura média da Terra em torno de 15 °C e, sem ele, o planeta estaria permanentemente coberto por uma camada de gelo e sua temperatura média estaria em torno de -18 °C.]</p>	<p>do Ensino da Biologia - KBT</p>	<p>Estratégias de ensino</p>	<p>Uso de analogia que justifica a denominação efeito estufa: ‘Esse efeito da atmosfera sobre a temperatura da Terra é chamado efeito estufa, pois lembra o que acontece nas estufas de vidro’.</p>
	<p>dos Temas da Biologia - KoBT</p>	<p>Conceito e exemplos associados</p>	<p>Propriedades do efeito estufa: ‘mantém a temperatura média da Terra em torno de 15 °C e, sem ele, o planeta estaria permanentemente coberto por uma camada de gelo e sua temperatura média estaria em torno de -18 °C’.</p>
<p>C6.v3.p.223.Pr4.L1-6: [Diversos gases na atmosfera colaboram para o efeito estufa, entre eles: o vapor de água, o gás carbônico, o gás metano, o dióxido de nitrogênio e os clorofluorcarbonos (CFCs). O gás carbônico é o principal gás para o efeito estufa. sendo responsável por cerca de 63% do efeito.]</p>	<p>dos Temas da Biologia - KoBT</p>	<p>Conceito e exemplos associados</p>	<p>Exemplos de gases que ‘colaboram para o efeito estufa: o vapor de água, o gás carbônico, o gás metano, o dióxido de nitrogênio e os clorofluorcarbonos (CFCs)’.</p>
<p>C6.v3.p.224.Pr1.L1-8: [Nas últimas décadas, a temperatura média da Terra</p>	<p>dos Temas da</p>	<p>Conceito e</p>	<p>Causas do aquecimento global: ‘cada vez menos</p>

<p>tem aumentado. Os cientistas acreditam que isso ocorra devido à intensificação do efeito estufa. Medidas feitas por satélites comprovam que cada vez menos radiação infravermelha escapa para o espaço. Ao mesmo tempo, vem aumentando a quantidade dessa radiação que volta para a Terra. Esse fenômeno é chamado aquecimento global.]</p>	<p>Biologia - KoBT</p>	<p>exemplos associados</p>	<p>radiação infravermelha escapa para o espaço. Ao mesmo tempo, vem aumentando a quantidade dessa radiação que volta para a Terra’.</p>
<p>C6.v3.p.224.Pr3.L1-4: [Veja nos gráficos da figura 18.4 como o aumento da temperatura média do planeta acompanha o aumento da emissão de gás carbônico pelo ser humano e o aumento da concentração desse gás na atmosfera.]</p>  <p>The figure consists of three vertically stacked line graphs sharing a common x-axis representing years from 1880 to 2020. The top graph, titled 'Temperatura média global', shows a fluctuating but overall upward trend in global temperature from approximately 13.8°C in 1880 to about 14.8°C in 2020. The middle graph, titled 'Emissão global de gás carbônico pela queima de combustíveis fósseis (milhões de toneladas)', shows a steady increase from near zero in 1880 to over 6,000 million tons by 2020. The bottom graph, titled 'Concentração de CO2 na atmosfera (ppm)', shows a consistent rise from about 315 ppm in 1955 to nearly 400 ppm in 2015. All three graphs indicate a strong positive correlation between human activity (emissions) and environmental changes (temperature and CO2 levels).</p>	<p>da Natureza da Ciência - KNoS</p>	<p>Método e conhecimento científico</p>	<p>Estudos científicos sobre o aquecimento global: ‘Nas últimas décadas, a temperatura média da Terra tem aumentado. Os cientistas acreditam que isso ocorra devido à intensificação do efeito estufa’.</p>
<p>C6.v3.p.224.Pr7.L1-9: [Em 2014, um relatório do Painel Intergovernamental Sobre Mudança Climática (IPCC, do inglês <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>) - elaborado por um comitê de especialistas de vários países, com base na análise de mais de 3000 artigos científicos - concluiu que muito provavelmente (com probabilidade maior do que 95%) o aquecimento global se deve principalmente ao aumento das emissões de gás carbônico provocados</p>	<p>do Ensino da Biologia - KBT</p>	<p>Recursos para ensinar</p>	<p>Recurso gráfico que evidencia que ‘aumento da temperatura média do planeta acompanha o aumento da emissão de gás carbônico pelo ser humano’.</p>
<p>C6.v3.p.224.Pr7.L1-9: [Em 2014, um relatório do Painel Intergovernamental Sobre Mudança Climática (IPCC, do inglês <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>) - elaborado por um comitê de especialistas de vários países, com base na análise de mais de 3000 artigos científicos - concluiu que muito provavelmente (com probabilidade maior do que 95%) o aquecimento global se deve principalmente ao aumento das emissões de gás carbônico provocados</p>	<p>da Natureza da Ciência - KNoS</p>	<p>Método e conhecimento científico</p>	<p>Apresentação de informações compiladas pelo IPCC sobre o aquecimento global: ‘Em 2014, um relatório do Painel Intergovernamental Sobre Mudança Climática concluiu que muito provavelmente o aquecimento global se deve principalmente ao aumento das emissões de gás carbônico provocados pelo ser humano’.</p>

pelo ser humano.]		
C6.v3.p.225.Pr1.L1-4: [O aumento da temperatura pode provocar o degelo de parte das calotas polares e o derretimento do gelo das montanhas, o que pode causar a subida do nível dos mares.]	dos Temas da Biologia - KoBT	Conceito e exemplos associados
C6.v3.p.225.Pr2.L1-4: [O aquecimento do planeta também poderá interferir nos caminhos das correntes de ar e de água e alterar o regime de chuvas, afetando mais profundamente o clima de várias regiões.]	dos Temas da Biologia - KoBT	Conceito e exemplos associados
C6.v3.p.225.Pr4.L1-7: [A seca, a falta de água e os problemas na agricultura poderão fazer com que 600 milhões de pessoas sejam atingidas pela fome e pela desnutrição até o fim deste século. Outro fator negativo seria a proliferação de insetos (que se reproduzem melhor em climas mais quentes) que atacam plantações ou que transmitem microrganismos patogênicos.]	dos Temas da Biologia - KoBT	Conceito e exemplos associados
C6.v3.p.225.Pr5.L1-9: [O IPCC calcula que entre 20% e 30% das espécies do planeta podem ser extintas caso as de temperaturas globais aumenta em até 2,5 °C. Em relação à Amazônia, estudos realizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) indicam que o aumento da temperatura, aliado ao desmatamento, transformaria parte da floresta em savana, o que, entre outros efeitos, levariam a considerável perda de biodiversidade.]	da Natureza da Ciência - KNoS	Método e conhecimento científico
C6.v3.p.225.Pr6.L1-6: [Particularmente atingidos serão os recifes de corais: o aumento da concentração de gás carbônico já está provocando elevação da acidez da água, o que, em conjunto com o aumento da temperatura da água, pode provocar a morte das algas associadas aos corais, resultando na morte desses animais (figura 18.5).]	dos Temas da Biologia - KoBT	Conceito e exemplos associados
	do Ensino da Biologia - KBT	Recursos para ensinar
		Exemplos das consequências do aumento da temperatura global: ‘pode provocar o degelo de parte das calotas polares e o derretimento do gelo das montanhas, o que pode causar a subida do nível dos mares’.
		Outras consequências do aquecimento global: ‘poderá interferir nos caminhos das correntes de ar e de água e alterar o regime de chuvas’.
		Repercussão mundial dos impactos do aquecimento global: ‘A seca, a falta de água e os problemas na agricultura poderão fazer com que 600 milhões de pessoas sejam atingidas pela fome e pela desnutrição. Outro fator negativo seria a proliferação de insetos’.
		Estudos científicos desenvolvidos pelo IPCC e Inpe sobre os impactos do aumento da temperatura do planeta: ‘20% e 30% das espécies do planeta podem ser extintas caso as de temperaturas globais aumenta em até 2,5 °C. Em relação à Amazônia, estudos indicam que o aumento da temperatura, aliado ao desmatamento, transformaria parte da floresta em savana’.
		Impactos do aumento da concentração de CO ₂ nos oceanos em consequência do aquecimento global: ‘está provocando elevação da acidez da água, o que, em conjunto com o aumento da temperatura da água, pode provocar a morte das algas associadas aos corais, resultando na morte desses animais’
		Utilização de imagem do branqueamento dos recifes de corais para facilitar a compreensão do de seu processo.

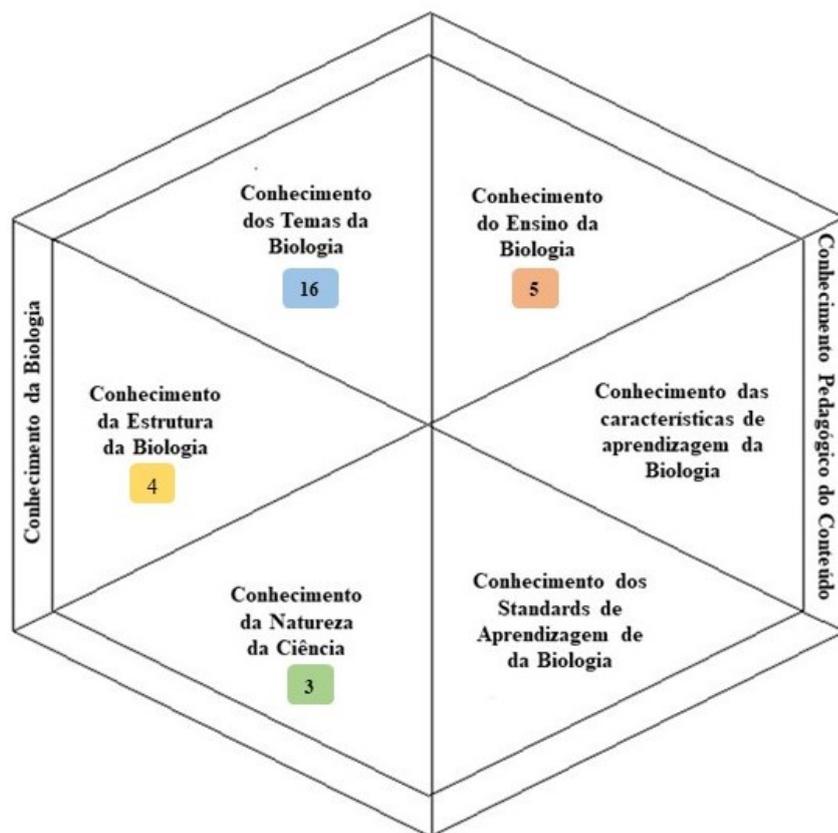
<p>C6.v3.p.225.Pr11.L1-2: [Figura 18.5 O branqueamento dos corais indica que as algas associadas aos pólipos morreram. Sem essa associação, os pólipos perdem grande parte do suprimento nutritivo, o que pode levá-los à morte.]</p> 	<p>dos Temas da Biologia - KoBT</p>	<p>Conceito e exemplos associados</p>	<p>Definição de branqueamento de corais: ‘indica que as algas associadas aos pólipos morreram. Sem essa associação, os pólipos perdem grande parte do suprimento nutritivo, o que pode levá-los à morte’.</p>
<p>C6.v3.p.227.Pr3.L1-6: [A camada de ozônio vem sendo destruída por gases liberados para aviões supersônicos (que voam acima de 20 km de altitude), cinzas de vulcões e, principalmente, pelos clorofluorcarbonos (CFCs), grupo de gases usados na indústria, com destaque para CF₂Cl₂ e CFCl₃.]</p>	<p>dos Temas da Biologia - KoBT</p>	<p>Conceito e exemplos associados</p>	<p>Exemplo de gases que causam a destruição da camada de ozônio: ‘por gases liberados para aviões supersônicos (que voam acima de 20 km de altitude), cinzas de vulcões e, principalmente, pelos clorofluorcarbonos (CFCs), grupo de gases usados na indústria, com destaque para CF₂Cl₂ e CFCl₃’.</p>
<p>C6.v3.p.227.Pr4.L1-5: [Os CFCs são compostos muito estáveis e sobem lentamente até a estratosfera, onde começam a destruir o ozônio. Além disso, também colaboram para o aumento do efeito estufa, como vimos no ciclo do carbono.]</p>	<p>dos Temas da Biologia - KoBT</p>	<p>Conceito e exemplos associados</p>	<p>Uma definição da composição dos CFCs: ‘são compostos muito estáveis e sobem lentamente até a estratosfera, onde começam a destruir o ozônio’.</p>
	<p>da Estrutura da Biologia - KSB</p>	<p>Estrutura do conteúdo</p>	<p>Uma ordenação do conteúdo apresentado anteriormente: ‘como vimos no ciclo do carbono’.</p>
<p>C6.v3.p.228.Pr5.L1-5: [O aumento da passagem de radiação ultravioleta provocado pela progressiva destruição da camada de ozônio pode reduzir a fotossíntese - comprometendo as colheitas - e destruir o fitoplâncton - provocando desequilíbrios nos ecossistemas aquáticos.]</p>	<p>dos Temas da Biologia - KoBT</p>	<p>Conceito e exemplos associados</p>	<p>Consequências da destruição da camada de ozônio: ‘O aumento da passagem de radiação ultravioleta pode reduzir a fotossíntese e destruir o fitoplâncton’.</p>
<p>C6.v3.p.264.Pr45L1-7: [Outros poluentes do ar são os hidrocarbonetos, compostos de carbono e hidrogênio emitidos por veículos e fábricas na queima de combustíveis.]</p>	<p>da Estrutura da Biologia - KSB</p>	<p>Relações entre diferentes conteúdos</p>	<p>Uma definição interdisciplinar (Química) de hidrocarbonetos: ‘compostos de carbono e hidrogênio emitidos por veículos e fábricas na queima de combustíveis’.</p>

<p>C6.v3.p.264.Pr6.L1-10: [Em situação normal, a temperatura do ar diminui com o aumento da altitude, uma vez que as camadas inferiores do ar são aquecidas pelo reflexo dos raios solares no solo. Com o aquecimento, o ar próximo ao solo fica menos denso que o ar mais frio nas camadas superiores, o que faz surgir correntes de convecção, que facilitam a dispersão dos poluentes: uma de ar quente, que sobe; outra de ar frio, que desce e substitui o ar que subiu.]</p>	<p>dos Temas da Biologia - KoBT</p>	<p>Conceito e exemplos associados</p>	<p>Caracterização de como ocorre a circulação do ar e dispersão dos poluentes em situação normal: ‘Com o aquecimento, o ar próximo ao solo fica menos denso que o ar mais frio nas camadas superiores, o que faz surgir correntes de convecção, que facilitam a dispersão dos poluentes’.</p>
<p>C6.v3.p.264.Pr7.L1-9: [A convecção é uma forma de transmissão do calor, estudada em Física, que ocorre principalmente em líquidos e gases. Quando esquentamos água numa panela, por exemplo, a camada no fundo se aquece primeiro, fica menos densa (a distância média entre as moléculas aumenta) e sobe, enquanto a água da parte de cima mais fria desce e substitui a água que subiu. O processo se repete, formando correntes de convecção.]</p>	<p>da Estrutura da Biologia - KSB</p>	<p>Relações entre diferentes conteúdos</p>	<p>Uma definição interdisciplinar (Física) sobre a convecção: ‘é uma forma de transmissão do calor, que ocorre principalmente em líquidos e gases. Quando esquentamos água numa panela, por exemplo, a camada no fundo se aquece primeiro, fica menos densa e sobe, enquanto a água da parte de cima mais fria desce e substitui a água que subiu’.</p>
<p>C6.v3.p.264.Pr8.L1-4/8-9: [Porém, em certas condições atmosféricas, como após a passagem de uma frente fria, uma camada de ar quente pode ficar sobre uma camada de ar frio próximo ao solo (figura 20.2). Essa situação é conhecida como inversão térmica e ocorre com mais frequência no inverno.]</p>	<p>dos Temas da Biologia - KoBT</p>	<p>Conceito e exemplos associados</p>	<p>Definição de inversão térmica: ‘em certas condições atmosféricas, como após a passagem de uma frente fria, uma camada de ar quente pode ficar sobre uma camada de ar frio próximo ao solo’.</p>
 <p>Diagrama comparando a situação normal de convecção com a inversão térmica. Na situação normal, o ar quente sobe e o ar frio desce, permitindo a dispersão dos poluentes. Na inversão térmica, uma camada de ar frio fica sobre uma camada de ar quente, impedindo a dispersão dos poluentes.</p>	<p>do Ensino da Biologia - KBT</p>	<p>Recursos para ensinar</p>	<p>Utilização de esquema para facilitar a visualização da circulação de ar em situação normal e em inversão térmica.</p>
<p>C6.v3.p.272.Pr1.L1-5: [O desmatamento por queimadas, prática realizada para preparar o terreno para a agricultura, aumenta o aquecimento global e destrói os microrganismos decompositores responsáveis pela reciclagem dos nutrientes.]</p>	<p>dos Temas da Biologia - KoBT</p>	<p>Conceito e exemplos associados</p>	<p>Exemplo de prática que ‘aumenta o aquecimento global: ‘O desmatamento por queimadas, prática realizada para preparar o terreno para a agricultura, aumenta o aquecimento global e destrói os microrganismos decompositores responsáveis pela reciclagem dos nutrientes’.</p>

Fonte: Linhares; Gewandsnajder; Pacca (2016). Elaborado pela autora.

Esta obra reuniu o total de 21 evidências e totalizou 28 conhecimentos, sendo 23 deles pertencentes ao domínio Conhecimento da Biologia e 5 conhecimentos pertencentes ao domínio Conhecimento Pedagógico do Conteúdo. Nesta obra, também foram identificados 4 subdomínios. No domínio do *Conhecimento Pedagógico do Conteúdo* foram identificados 5 conhecimentos, todos eles do subdomínio do Conhecimento do Ensino da Biologia. No domínio do *Conhecimento da Biologia*, pudemos identificar os 3 subdomínios, com as seguintes quantificações: o subdomínio Conhecimento dos Temas da Biologia apresentou em 16 conhecimentos; o subdomínio do Conhecimento da Estrutura da Biologia apresentou 4 conhecimentos e o subdomínio Conhecimento da Natureza da Ciência apresentou 3 conhecimentos (Figura 16).

Figura 16 – Conhecimentos encontrados no Livro “Biologia Hoje”

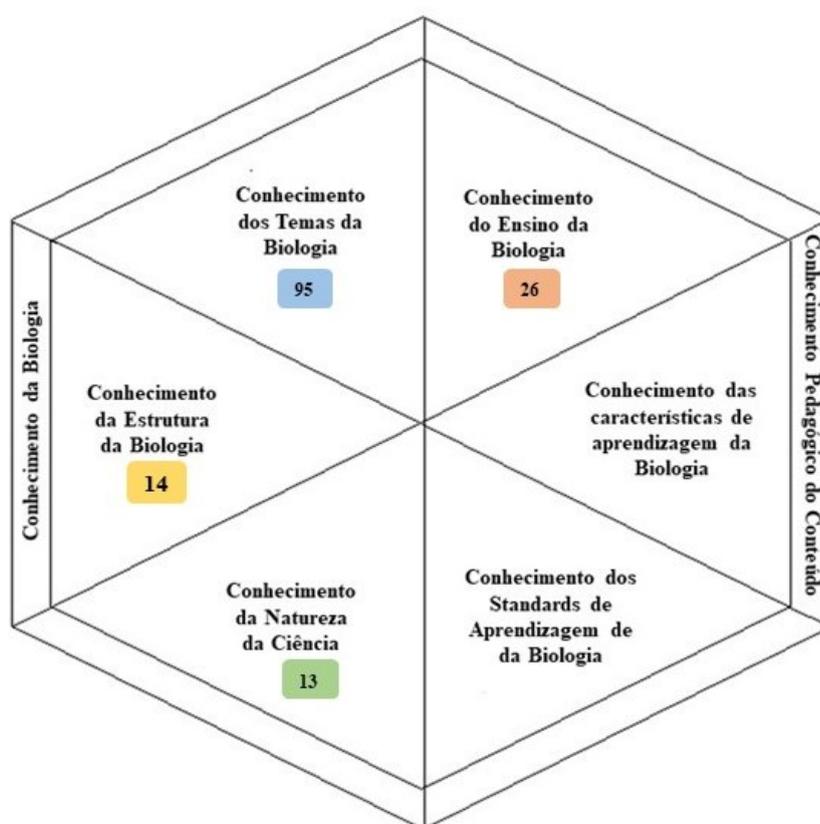


Fonte: Adaptado de Luís; Carrillo (2020). Elaborado pela autora.

4.7 Discussão geral dos resultados

As seis coleções analisadas totalizaram 148 conhecimentos. Destes, 122 fazem parte do domínio do *Conhecimento da Biologia* e 26 pertencem ao domínio do *Conhecimento Pedagógico do Conteúdo*. Na Figura 17 apresentamos a quantidade de conhecimentos por subdomínio na adaptação do modelo elaborada, assim como foi apresentado na análise das coleções.

Figura 17 – Total de conhecimentos encontrados nas seis coleções didáticas



Fonte: Adaptado de Luís; Carrillo (2020). Elaborado pela autora.

O subdomínio com maior número de conhecimentos encontrados foi o do *Conhecimento dos Temas da Biologia*, com 96 conhecimentos. Marques (2020), em sua pesquisa, analisou três artigos científicos configurados como relatos de experiência de Ensino, identificou o total de 34 conhecimentos provenientes deste subdomínio. Atribuímos o número elevado de conhecimentos desta análise em razão de o livro didático possuir um aspecto mais conteudista, devido à grande quantidade de informações e detalhes presentes em cada tema abordado. Em se tratando do grande volume de informações dos livros didáticos, é importante ressaltar a Teoria da Carga Cognitiva, desenvolvida por John Sweller em 1988, que trata sobre as limitações da nossa memória de curto prazo (ou Memória de Trabalho) em armazenar novos itens. O autor verificou, a partir de recorrentes estudos, que as pessoas armazenam entre 5 a 9 itens simultaneamente. Segundo Souza (2010), essas limitações da Memória de Trabalho condicionam a forma como se aprende, devendo, por lógico, condicionar também a forma como se ensina. Desta forma, é importante que os livros didáticos ofereçam esquemas¹⁰ adequados

¹⁰ Esquemas podem ser definidos como estruturas mentais utilizadas para organizar o conhecimento. Presume-se que os esquemas permitem muitos elementos serem tratados como um único elemento na Memória de Trabalho e, como resultado, mais capacidade de Memória de Trabalho é liberada (SWELLER, 2003 *apud* SOUZA, 2010).

para que o ensino dos conteúdos seja eficaz e haja redução na carga cognitiva.

Ainda no domínio do *Conhecimento da Biologia*, os subdomínios do *Conhecimento da Estrutura da Biologia* e *Conhecimento da Natureza da Ciência* também foram identificados totalizando 14 e 13 conhecimentos, respectivamente. Os números de conhecimentos superaram aqueles encontrados por Marques (2020), que obteve o total de 5 e 3 conhecimentos, respectivamente. Este fato, talvez seja associado aos artigos analisados pela autora relatarem atividades teórico-práticas, que possibilitam melhor o trabalho dos demais subdomínios do domínio do *Conhecimento Pedagógico do Conteúdo*.

Apesar da riqueza de representações gráficas e esquemáticas dos livros didáticos de maneira geral, os conteúdos que abordavam as mudanças climáticas geraram apenas 26 conhecimentos, todos eles pertencentes ao *Conhecimento do Ensino da Biologia*. Marques (2020), por outro lado, obteve o total de 41 conhecimentos relacionados a este subdomínio, apresentando também o total de 27 conhecimentos do subdomínio *Conhecimento das Características da Aprendizagem da Biologia* e 8 conhecimentos do subdomínio *Conhecimento dos Standards de Aprendizagem da Biologia*. Apesar de não termos encontrados os conhecimentos acima citados, supomos que a disposição dos textos e das figuras nos livros didáticos tornam implícitos os conhecimentos presentes no domínio do *Conhecimento Pedagógico do Conteúdo*.

De maneira geral, observamos que o Domínio da Biologia se destacou nesta pesquisa pelo livros didáticos possuírem como característica principal, a função descritiva dos conteúdos. É possível que este padrão se dê devido a “grande parte dos professores brasileiros o transformar no principal ou, até mesmo, único instrumento a auxiliar o trabalho nas salas de aula e as editoras, por sua vez, oferecerem um produto voltado, principalmente, para se adaptar a esta realidade precária vivenciada pelos professores brasileiros”, conforme abordado por Silva (2012, p. 806).

Se faz importante destacar as conexões entre eles que, segundo Marques (2020, p.92), se caracterizam como “a relação entre os subdomínios manifestos em um episódio de ensino”.

As conexões entre os conhecimentos especializados são amparadas na reflexão e construção de uma visão integradora de conceitos e propriedades a partir do raciocínio em busca de promover a formação, desenvolvimento e mobilização dos conhecimentos que permeiam os subdomínios dos conhecimentos pedagógicos e do conteúdo, caracterizando assim, o conhecimento especializado de professores. Portanto, as conexões não estão obrigatoriamente vinculadas à quantidade de vezes que foram identificadas, mas sim sobre sua relevância na mobilização dos conhecimentos especializados durante o processo ensino-aprendizagem (MARQUES, 2020, p. 92).

Na análise dos seis livros didáticos, que constituíram o *corpus* documental deste trabalho, identificamos 15 conexões entre os subdomínios (Quadro 20), com maior relevância entre os subdomínios do *Conhecimento dos Temas da Biologia* e *Conhecimento do Ensino da Biologia*, assim

como apresentado por Marques (2020), que também apresentou grande expressividade no subdomínio Características da Aprendizagem da Biologia (KFLB). Supomos que o maior número de conexões entre estes subdomínios resulte da complementação dos conceitos abordados por meio de esquematizações, gráficos ou imagens, que é característico dos livros didáticos e fortalece o processo de ensino e aprendizagem. Marques (2020, p. 98) aponta que a maior importância das conexões que caracteriza a especialização do conhecimento está “em como esses conhecimentos se tornam especializados do professor de Biologia ao estabelecer as conexões entre eles e ao permearem durante a prática docente”.

Quadro 20 – Conexões entre os subdomínios

Conexões entre os subdomínios	Número de conexões	Domínios pertencentes
KoBT ↔ KSB	4	Conhecimento da Biologia
KoBT ↔ KNoS	2	Conhecimento da Biologia
KNoS ↔ KSB	2	Conhecimento da Biologia
KoBT ↔ KBT	6	Conhecimento da Biologia e Conhecimento Pedagógico do Conteúdo
KNoS ↔ KSB ↔ KBT	1	Conhecimento da Biologia e Conhecimento Pedagógico do Conteúdo

Fonte: Elaborado pela autora.

Para além dos subdomínios identificados, também merece destaque refletir sobre a abordagem da crise climática nos livros didáticos analisados. Percebemos que a temática é apresentada em todas as obras levando em consideração a perspectiva mista que atribuiu as alterações climáticas às causas naturais aceleradas devido a ação humana. Os autores apresentam dados científicos atuais, de agências renomadas e, apesar de abordarem os temas “Efeito Estufa”, “Aquecimento Global”, “Destruição da Camada de Ozônio”, “Poluição” e “Sustentabilidade” sob olhar crítico, alguns destes foram abordados de maneira superficial, principalmente nos textos em que o tema “Sustentabilidade” foi explorado, apresentando conceitos e exemplos mais voltados para a consciência pessoal, o que reflete as pesquisas atuais.

As pesquisas em mudanças ambientais globais têm, até o presente momento, examinado muito menos os problemas institucionais – os sistemas sociopolíticos causadores dos problemas. Pesquisas focadas nesses sistemas serviriam não só para diagnosticar as causas e as raízes sociopolíticas e institucionais dos impactos físicos e sociais, como também poderiam contribuir para o conhecimento essencial que possa guiar tentativas de transformação efetiva, democrática e sábia – conhecimento rigorosamente gerado e julgado por pares pelos processos padronizados para publicação científica (LAHSEN; MARCOVITCH; HADDAD, 2017).

Comparando as obras individualmente quanto a abordagem dos temas escolhidos para análise, observamos que:

- I. A coleção 1 apresentou abordagem reducionista para dois dos cinco temas elencados, sendo eles abordados em apenas um parágrafo cada. Foi dada prioridade para os tópicos sobre poluição e sustentabilidade que foram melhor problematizados e desenvolvidos em vários parágrafos;
- II. A coleção 2 foi uma das coleções que melhor problematizou todos os temas com muitos recortes pertinentes de notícias atuais sobre os impactos na biodiversidade. Também apresentou enorme riqueza gráfica com diversos quadros, mapas, fotografias, gráficos e esquemas que fomentam o debate de forma crítica e reflexiva quanto ao papel de cada um na crise climática;
- III. A coleção 3 abordou a crise climática em dois importantes capítulos, mas de forma muito resumida, em tópicos curtos e objetivos. Apesar disso, seus gráficos e esquemas ilustraram a problemática de forma pertinente. Apenas o tema da sustentabilidade teve destaque com abordagens e desenvolvimento do conteúdo contemplando seus três pilares;
- IV. A coleção 4 trouxe informações muito pertinentes sobre a crise climática, com recortes de textos divulgados cientificamente por órgãos renomados, como a união Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN), contextualizando o assunto de modo que possibilite ao estudante observar-se enquanto agente da mudança ambiental que o planeta necessita. Também foi o livro que mais trabalhou de forma interdisciplinar com as disciplinas de Física e Química na abordagem dos conteúdos;
- V. A coleção 5, assim como a segunda coleção analisada, continha excelentes gráficos, imagens e esquemas, que auxiliam na assimilação dos conteúdos de maneira ímpar. Esta obra fez um excelente recorte para a crise climática no Brasil, possibilitando a associação dos conhecimentos com a vida dos estudantes. O tema da poluição teve maior destaque e por meio deste foi possível trabalhar as demais temáticas analisadas;
- VI. A coleção 6 também foi muito feliz em seus recortes de notícias, assim como nas informações a respeito da divulgação científicas do IPCC e Cúpula de Paris. Os temas foram trabalhados aproveitando do recurso visual, com riqueza em esquemas didáticos e gráficos. Também merece destaque sua abordagem interdisciplinar. Esta

obra deixou a desejar apenas no tema da sustentabilidade, que não foi abordado de forma explícita em nenhum dos capítulos analisados, não apresentando, assim, nenhum conceitos ou exemplo a respeito da temática.

Foi perceptível que os conceitos de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável não se alteram nas seis obras e podem gerar uma ideia errônea de universalidade, favorecendo a visão dos interessados no desenvolvimento econômico mundial em detrimento do seu aspecto social e ambiental, conforme discutido por Sato (2008).

Ainda que ninguém negue a importância dos cuidados ambientais e que a educação seja tida como prioridade nas políticas públicas, banalizou-se o discurso, e a panacéia do capital continua em alta. No vasto imaginário das pessoas do mundo inteiro, o desenvolvimento foi tido como objetivo de vida, porém esquecemos que ele pode ser a negação do envolvimento educativo e ambiental, sendo emergencial dar uma guinada conceitual à existência planetária. [...] Perceberemos que a sustentabilidade jamais poderá ser representada por um conceito hegemônico, porque as realidades não são iguais (SATO, 2008, pp. 2 e 5).

5 CONCLUSÃO

Neste trabalho, caracterizamos o Conhecimento Especializado de Professores Biologia sobre o tema Crise Climática presente em seis livros didáticos de Biologia, aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático 2018-2020. E, ainda, identificamos, analisamos e descrevemos as evidências de Conhecimento Especializado de professores de Biologia mobilizados pelos autores dos livros didáticos, dentro dos conteúdos que abordaram o tema Crise Climática e, também, descrevemos e analisamos as conexões entre os domínios do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK) e do Conhecimento da Biologia (BK) e seus respectivos subdomínios.

Conjuntamente, fizemos a análise das coleções em relação a abordagem dos temas “Efeito Estufa”, “Aquecimento Global”, “Destruição da Camada de Ozônio”, “Poluição” e “Sustentabilidade” em suas obras. A visão catastrófica observada por Rumenos (2016), quando analisou livros didáticos do Ensino Fundamental do PNLD 2014-2016, não foi fortemente evidenciada nas obras escolhidas. Contudo, observamos que alguns dos trechos analisados nos diferentes livros didáticos tenderam para esta abordagem, revelando o aspecto sensacionalista da crise climática, que pode desenvolver nos estudantes a sensação de que nada se faz para resolução desta problemática, descaracterizando o esforço de instituições de pesquisas nacionais e internacionais em produzir estudos sobre os impactos provenientes da crise climática e suas medidas de mitigação. Para além da distorção do trabalho científico, a visão catastrófica da crise climática é ainda mais perigosa quando observamos que impessoaliza nosso papel social em nosso planeta, quando faz as pessoas acreditarem que nada pode ser feito em relação a esta problemática.

No atual panorama político de nosso país, é de grande importância falar sobre a crise climática, uma vez que o negacionismo cresce a medida que os governantes se aproveitam da incredulidade social quanto as catástrofes ambientais, comumente vivenciados de Norte a Sul do Brasil, intensificados pelo desenvolvimento nos diversos setores econômico e que invisibilizam seus impactos a longo prazo para o ambiente e a sociedade. Desta forma, para além de livros didáticos que possam contribuir com a formação de estudantes críticos e reflexivos, se faz necessário implementação de políticas públicas que visem, como produto, construir uma sociedade sustentável.

Acreditamos que a principal relevância deste trabalho seja sua abrangência, uma vez que a análise foi desenvolvida em materiais que são veiculados nacionalmente. Desta forma, os professores que atuam em sala de aula do país, bem como os autores das obras analisadas, podem ter acesso aos conhecimentos que foram mobilizados para escrita dos livros didáticos e compreender suas conexões, assim como as reflexões oriundas desta análise.

Por se tratar de um modelo teórico recente, é de grande importância que novas pesquisas sejam

realizadas fazendo uso do BTSK como ferramenta investigativa, tanto para novas análises de livros didáticos, com outras temáticas, como também em pesquisas de campo, analisando os conhecimentos mobilizados em sala de aula por professores da disciplina.

REFERÊNCIAS

- ALVES, J. E. D. **Os oito Princípios da Ecologia Profunda**. Disponível em: EcoDebate, ISSN 2446-9394, 2017. Acesso em: junho de 2020.
- AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. **Biologia Moderna: Ambis & Martho**. 1ª edição. São Paulo: Moderna, 2016.
- BALLERINI, J. K. **Características da base de Conhecimentos de Professores no Ensino de Biologia Celular a partir de um curso de formação continuada**. 2014. 255 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru, 2014.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 3. ed. Lisboa: Edições 70, 2004.
- BARRETO, M. M. **Análise de livros didáticos de geografia do ensino fundamental considerando diferentes hipóteses sobre o aquecimento global e as mudanças climáticas**. 2009. 161 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade de Brasília. Brasília, 2009.
- BERTIER, F. L. **Devaneios da fogueira: Os saberes populares associados ao fogo atizam diálogos de Educação Ambiental sobre incêndios florestais, crise climática e Bem Viver**. 2020. 157 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, 2020.
- BITTENCOURT, C. Livros didáticos entre textos e imagens. In: **O Saber histórico na sala de aula**. 8. ed. São Paulo: Contexto, 2003.
- BIZZO, N. **Integralis - Biologia: Novas Bases**. 1ª edição. Volume 3. São Paulo: IBEP, 2016.
- BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto: Porto Editora, 1994.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio**. Brasília, DF: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2017.
- BRASIL. Ministério da Educação. **PNLD 2018: biologia – guia de livros didáticos – Ensino Médio**. Secretária de Educação Básica/Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Brasília, DF: Ministério da Educação, Secretária de Educação Básica, 2017.
- BRASIL. Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima. **Plano Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC**. Brasília, DF: Congresso Nacional, 2008.
- CAPRA, F. **A Teia da Vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos**. São Paulo: Cultrix, 1996.
- CARRILLO, J.; AVILA, D. I. E.; MORA, D. V.; MEDRANO, E. F. **Un marco teórico para el conocimiento especializado del profesor de matemáticas**. Universidad de Huelva Publicaciones, 2014.

CASSIANO, C. C. F. **O mercado do livro didático no Brasil: da criação do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) à entrada do capital internacional espanhol (1985-2007)**. 2007. 252 f. Tese (Doutorado em Educação) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2007.

COSTA, E. A. **Análise de livros didáticos de biologia do ensino médio quanto ao tema “poluição” numa perspectiva CTS/CTSA**. 2013. 97f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Universidade Cruzeiro do Sul, São Paulo, 2013.

COSTA, O. B. R. Onde estamos? Considerações sobre a modernidade, negacionismo, ciência e a Covid-19. **Boletim de conjuntura (BOCA)**, v. 3, n. 8, Boa Vista, 2020.

CRUZ DA ROCHA, S. ROXO SPERANDIO, V.M.M. O Lúdico no Ensino de Genética. In: Os desafios da Escola Pública Paranaense na perspectiva do professor PDE. **Cadernos PDE**, Versão Online, v. 1, 2016.

DALLA NORA, G. **A água e a cartografia do imaginário nos climas de três territórios geográficos**. 2018. 177f. Tese (Doutorado em Educação). PPGE, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2018.

DELAQUA, F. A.; BASSOLI, F. Ciência acrítica: o aquecimento global nos livros didáticos de biologia. In: Congresso Internacional sobre Investigación em Didáctica de las Ciencias, 10. **Anais...** [...] Girona, Barcelona, 2013.

DURÉ, R. C.; ANDRADE, M. J. D.; ABÍLIO, F. J. P. Ensino de Biologia e contextualização do conteúdo: quais temas o aluno de Ensino Médio relaciona com o seu cotidiano? **Experiências em Ensino de Ciências**, v.13, n.1, 2018.

FERNANDEZ, C. PCK - Conhecimento Pedagógico do Conteúdo: perspectivas e possibilidades para a formação de professores. In: VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - VIII ENPEC. **Anais...** [...] Campinas, SP, 2011.

FERNANDEZ, C. Revisitando a base de conhecimentos e o conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK) de professores de ciências. **Revista Ensaio**, v. 17, n. 2, 2015.

FERREIRA, P. S.; GALVÍNCIO, J. D.; GOMES, V. P.; SOUZA; W. M. As perspectivas e divergências acerca do aquecimento global antropogênico. **Caderno de Geografia**, v. 27, n. 51, 2017.

GOES, L. F. **Conhecimento Pedagógico do Conteúdo: estado da arte no campo da educação e no ensino de Química**. 2014. 155f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências), – Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

GOES, L. F.; FERNANDEZ, C. Reflexões metodológicas sobre pesquisas do tipo estado da arte: investigando o conhecimento pedagógico do conteúdo. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 17, n. 1, 2018.

GOMES, G.; SATO, M. SILVA, R. Mudanças Climáticas e as Pessoas com Deficiência Visual: reflexões sobre a (in)acessibilidade na Informação e na Comunicação. **Rev. Eletrônica Mestr. Educ. Ambient.** Rio Grande, v. 36, n. 1, p. 129-145, 2019.

GONÇALVES, M. B.; BENAC, R. S. M.; SANTOS, L. M. F. A contribuição da Educação Ambiental

para discussão das Mudanças Climáticas: um estado da arte das pesquisas em Ciências Ambientais e em Educação em Ciências. In: X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC. **Anais...** [...] Águas de Lindóia, SP, 2015.

JOY, M. **Por que amamos cachorros, comemos porcos e vestimos vacas – uma introdução ao carnismo: o sistema de crença que nos faz comer alguns animais e outros não**. Trad.: Mário Molina. São Paulo: Cultrix, 2014.

KRASILCHIK, M. **Prática de Ensino de Biologia**. 4ª edição. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2005.

LAHSEN, M.; MARCOVITCH, J.; HADDAD, E. Dimensões Humanas e Econômicas das Mudanças Climáticas. In: **Mudanças climáticas em rede: um olhar interdisciplinar**. Carlos A. Nobre e José A. Marengo (orgs). São José dos Campos, SP: INCT, 2017.

LIMA, S. S. **Conhecimento Especializado de Professores de Física: Proposta de Modelo**. 2018. 142f. Dissertação (Mestrado em Ensino), Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologias do Estado de Mato Grosso, Cuiabá, 2018.

LIMA, S. S.; DARSIE, M. M. P.; MELLO, G. J. Análise comparativa dos modelos usados como ferramenta metodológica nas pesquisas sobre o Conhecimento Pedagógico de Conteúdo (PCK) de professores de Física no Brasil. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 37, n. 1, 2020.

LINHARES, S.; GEWANDSNAJDER, F.; PACCA, H. **Biologia Hoje**. 3ª edição. Volume 3. São Paulo: Ática, 2016.

LOVELOCK, J. **Gaia: Alerta Final**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2009.

LUÍS, M; CARRILLO, J. O modelo do conhecimento especializado do professor de Biologia (BTSK). **REnCiMa**, v. 11, n. 7, p. 19-36, 2020.

MANTOVANI, K. P. **O Programa Nacional do Livro Didático - PNLD: impactos na qualidade do ensino público**. 2009. 126 F. Dissertação (Mestrado em Geografia Humana) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

MARQUES, M. **Conhecimento Especializado de Professores de Biologia: análise de relatos de prática no Ensino Médio**. 2020. 110 f. Dissertação (Mestrado em Ensino), Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologias do Estado de Mato Grosso, Cuiabá, 2020.

MARQUES, M.; MORIEL JUNIOR, J. G. Conhecimentos Especializados de Professor de Biologia mobilizados em uma aula prática sobre Interações Ecológicas. **Revista REAMEC**, v. 8, n. 2, 2020.

MARTINS, E. F.; SALES, N. A. O.; SOUZA, C. A. O Estado, o mercado editorial e o professor no processo de seleção dos livros didáticos. **Est. Aval. Educ.**, v. 20, n. 42, 2009.

MELO, F. G. **Política do livro didático para o ensino médio: fundamentos e práticas**. 2012. 161 f.

Dissertação (Mestrado em Educação), Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

MINAYO, M. C. S. Ciência, técnica e arte: o desafio da pesquisa social. In: **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. _____ . (Org.). 21. ed. Petrópolis: Vozes, 2002.

MORIEL JUNIOR, J. G.; ALENCAR, A. P. Conhecimento especializado para ensinar Cálculo: um panorama da produção do COBENGE 2012-2017. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 7, p. 7687-7702, 2019.

MORIEL JUNIOR, J. G. **Conhecimento especializado para ensinar divisão de frações**. 2014. 162 f. Tese (Doutorado em Educação em Ciências e Matemática), PPGCEM/REAMEC, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2014.

MORIEL JUNIOR, J. G.; WIELEWSKI, G. D. Base de conhecimento de professores de matemática: do genérico ao especializado. **Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas**, v. 18, n.2, 2017.

NICOLA, J. A.; PANIZ, C. M. A importância da utilização de diferentes recursos didáticos no ensino de biologia. **Infor, Inov. Form., Rev. NEaD-Unesp**, São Paulo, v. 2, n. 1, p.355-381, 2016.

NOBRE, C. A.; MARENGO, J. A. INCT para Mudanças Climáticas: objetivos, principais resultados e perspectivas. In: **Mudanças climáticas em rede: um olhar interdisciplinar**. Carlos A. Nobre e José A. Marengo (orgs). São José dos Campos, SP: INCT, 2017.

NOBRE, C. A.; MARENGO, J. A.; SOARES, A. P. Apresentação. In: **Mudanças climáticas em rede: um olhar interdisciplinar**. Carlos A. Nobre e José A. Marengo (orgs). São José dos Campos, SP: INCT, 2017.

OGO, M. Y.; GODOY, L. P. **#contato biologia**, 3º ano. 1ª edição. São Paulo: Quinteto, 2016.

RAMOS, A. M.; ALVES, L.; MARENGO, J. A.; LUIZ, R. A. F.; DINIZ, F. A. **Anuário Climático Do Brasil – 2019**. Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais – CEMADEN. Ano 02 – Número 02, 2020.

REDE CLIMA. Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais. **Impactos das mudanças climáticas no Brasil e caminhos para a sustentabilidade**. São José dos Campos, SP: Rede Clima, 2019.

RUMENOS, N. N. **O tema Mudanças Climáticas nos livros didáticos de Ciências da Natureza para o Ensino Fundamental II: um estudo a partir do PNLD 2014**. 2016. 160 f. Dissertação (Mestrado em Educação), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2016.

RUMENOS, N. N.; SILVA, L. F.; CAVALARI, R. M. F. **Significados atribuídos ao tema “Mudanças Climáticas” em Livros Didáticos de Ciências Naturais do Ensino Fundamental II Aprovados pelo PNLD de 2014**. Revista Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências, v. 19, 2017. 25p.

SATO, M. Em busca de sociedades sustentáveis. **Pátio - Revista Pedagógica: Educação para o desenvolvimento sustentável**. Porto Alegre: ano XII, mai/jul, 2008, p. 55-59.

SATO, M.; SILVA, R.; JABER, M. **Educação Ambiental: tessituras de esperanças**. Cuiabá: Editora Sustentável, EdUFMT, 2018.

SILVA JÚNIOR, C.; SASSON, S.; CALDINI JÚNIOR, N. **Biologia 1**. 12ª edição. Volume 1. São Paulo: Saraiva, 2016.

SILVA, C. M. L. F. **Mudanças climáticas e ambientais: Contextos educacionais e históricos**. Natal: IFRN, 2015.

SILVA, E. M. O papel da Educação Ambiental nas ações de combate as Mudanças Climáticas. **Revbea**, São Paulo, v. 14, n. 2, 2019.

SILVA, M. A. A Fetichização do Livro Didático no Brasil. **Educ. Real.**, v. 37, n. 3, p. 803-821, 2012.

SILVA, R. L. F. A Educação Ambiental frente às mudanças climáticas globais – contribuições da análise crítica da mídia. In: 36ª Reunião Nacional da ANPEd, 2013. **Anais...** [...] Goiânia, 2013.

SOARES, S. T. C. **Conhecimento Especializado de Professores de Química: Proposta de Modelo com detalhamento do Conhecimento dos Tópicos**. 2019. 116f. Dissertação (Mestrado em Ensino), Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologias do Estado de Mato Grosso, Cuiabá, 2019.

SOUZA, N. P. C. **Teoria da Carga Cognitiva: origem, desenvolvimento e diretrizes aplicáveis ao processo ensino-aprendizagem**. 2010. 175f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemáticas), Universidade Federal do Pará, Belém, 2010.

SOUZA, P. **Abordagens ambientais verificadas no livro didático de Biologia e a Prática Pedagógica dos professores**. 2017. 193f. Dissertação (Mestrado em Educação para Ciências e Matemática), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Campus Jataí, Jataí, 2017.

TELES, T. S.; RIGHETTO, A. J. Crescimento da agropecuária e sustentabilidade ambiental. In: **Diagnóstico e desafios da agricultura brasileira**. José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho (Org.). Rio de Janeiro: IPEA, 2019.

TILIO NETO, P. (2010) **Ecopolítica das mudanças climáticas: o IPCC e o ecologismo dos pobres**. Centro Edelstein de Pesquisas Sociais, Rio de Janeiro, 2010.

THOMPSON, M.; RIOS, E. P. **Conexões com a Biologia**. 2ª edição. Volume 1. São Paulo: Moderna, 2016.