



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

IFGW – Instituto de Física Gleb Wataghin

PECIM – Programa de Pós-Graduação Multiunidades em Ensino de Ciências e
Matemática

WANDERSON RODRIGUES MORAIS

DISCURSOS SOBRE ECOLOGIA DE ECOSISTEMAS EM LIVROS DIDÁTICOS
DE BIOLOGIA PARA O ENSINO MÉDIO DO PNLD 2018

ECOSYSTEM ECOLOGY DISCOURSES IN PNLD 2018 HIGH SCHOOL
BIOLOGY TEXTBOOKS

CAMPINAS

2021

WANDERSON RODRIGUES MORAIS

DISCURSOS SOBRE ECOLOGIA DE ECOSISTEMAS EM LIVROS DIDÁTICOS DE
BIOLOGIA PARA O ENSINO MÉDIO DO PNLD 2018

ECOSYSTEM ECOLOGY DISCOURSES IN PNLD 2018 HIGH SCHOOL BIOLOGY
TEXTBOOKS

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação Multiunidades em Ensino de Ciências e Matemática – PECIM, da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Doutor em Ensino de Ciências e Matemática, na Área de Ensino de Ciências e Matemática.

Thesis presented to the Multi-unit Postgraduate Program in Science and Mathematics Teaching – PECIM, at State University of Campinas in partial fulfilment of the requirements for the degree of Doctor in Science and Mathematics Teaching, in the Area of Science and Mathematics Teaching.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Maria José Pereira Monteiro de Almeida

Coorientadora: Prof^ª. Dr^ª. Juliana Rink

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA TESE DEFENDIDA PELO ALUNO WANDERSON RODRIGUES MORAIS E ORIENTADA PELA PROF. DRA. MARIA JOSÉ PEREIRA MONTEIRO DE ALMEIDA E COORIENTADA PELA PROF. DRA. JULIANA RINK.

CAMPINAS

2021

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca do Instituto de Física Gleb Wataghin
Lucimeire de Oliveira Silva da Rocha - CRB 8/9174

M792d Morais, Wanderson Rodrigues, 1991-
Discursos sobre ecologia de ecossistemas em livros didáticos de biologia para o ensino médio do PNL D 2018 / Wanderson Rodrigues Morais. – Campinas, SP : [s.n.], 2021.

Orientador: Maria José Pereira Monteiro de Almeida.

Coorientador: Juliana Rink.

Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Física Gleb Wataghin.

1. Ecossistema. 2. Análise do discurso. 3. Historiografia. 4. Livros didáticos. I. Almeida, Maria José Pereira Monteiro de, 1944-. II. Rink, Juliana, 1980-. III. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Física Gleb Wataghin. IV. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Ecosystem ecology discourses in PNL D 2018 high school biology textbooks

Palavras-chave em inglês:

Biotic communities

Discourse analysis

Historiography

Textbooks

Área de concentração: Ensino de Ciências e Matemática

Titulação: Doutor em Ensino de Ciências e Matemática

Banca examinadora:

Maria José Pereira Monteiro de Almeida [Orientador]

Danilo Seithi Kato

Odissea Boaventura de Oliveira

Pedro da Cunha Pinto Neto

Sandro Tonso

Data de defesa: 16-04-2021

Programa de Pós-Graduação: Multiunidades em Ensino de Ciências e Matemática

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0003-2441-8789>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/2328003563888105>

FOLHA DE APROVAÇÃO

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof^ª. Dr^ª. Maria José Pereira Monteiro de Almeida

Presidente da Comissão Examinadora

Prof. Dr. Danilo Seithi Kato

Membro titular externo (UFTM)

Prof^ª. Dr^ª. Odissea Boaventura de Oliveira

Membro titular externo (UFPR)

Prof. Dr. Pedro da Cunha Pinto Neto

Membro titular interno (UNICAMP)

Prof. Dr. Sandro Tonso

Membro titular interno (UNICAMP)

A Ata de Defesa, assinada pelos membros da Comissão Examinadora, consta no processo de vida acadêmica do aluno.

CAMPINAS

2021

DEDICATÓRIA

O contexto de produção dessa pesquisa deu-se, em parte, em meio à uma pandemia. Em uma crise sanitária, política, social e científica em todo o globo. O vírus SARS-CoV-2, causador da COVID-19, mudou a sociedade. Hoje, no momento de redação desta sessão, o Brasil conta com mais de 420 mil mortes dentre mais de 3 milhões pelo mundo, ocasionadas pela doença¹. São tempos difíceis... Mas ainda assim, existem pessoas que estão lutando pela vida, pela cura, pela pesquisa e pelo ensino. Essa tese é dedicada à elas, a todos aqueles que *ousaram se revoltar*, como diria Pêcheux, e que seguem sob a luz frágil da esperança, acreditando em um novo horizonte. Seguimos juntos.

¹ Conforme dados disponíveis em: Brasil, <https://covid.saude.gov.br/>; e o Mundo, <https://www.worldometers.info/coronavirus/>. Acesso em 10 de maio de 2021.

AGRADECIMENTOS²

Já dizia Antonio Machado em Cantares: “Caminhante não há caminho, se faz caminho ao andar... Golpe a golpe, verso a verso”. E esse trajeto só foi possível pelas palavras e experiências trocadas. As paradas, as reavaliações, os planejamentos... Na presença do (O)utro. Sendo assim, agradeço...

À orientação da Prof^a. Maria José (Zezinha) e a coorientação da Prof^a. Juliana, pelos ensinamentos, conselhos, a paciência e por acreditarem em meu potencial.

Aos professores convidados para banca de defesa, Prof. Danilo Kato, Prof. Pedro Cunha, Prof^a. Odissea Boaventura e Prof. Sandro Tonso, pelas contribuições e olhares atenciosos com a pesquisa. À Prof^a. Simone Vieira, cuja presença na qualificação foi fundamental.

Ao Grupo de Estudo e Pesquisa em Ciência e Ensino (gepCE) da Unicamp, pelas boas discussões de trabalho. Ao Grupo de Orientação (GO), o “Gepetinho”, e demais colegas de estudo, pelas risadas e conversas. Aos professores do PPG Multiunidades em Ensino de Ciências e Matemática (PECIM) pelas experiências e o processo formativo.

Ao Prof. Jorge Megid Neto, pelo apoio e colaboração disponibilizando os livros didáticos por meio do Centro de Documentação em Ensino de Ciências (CEDOC).

Ao Fabrício, secretário desse PPG, sempre tão atencioso e disposto em ajudar.

Aos meus pais Francisca Rodrigues e Wanadar Moraes, irmãos e família, pelo apoio incondicional aos meus estudos, por compreenderem minha ausência e estarem sempre interessados no meu crescimento.

À Adolpho, Anderson, Beatriz, Carol e Renan, o “Clube dos 7”, pela amizade e o cuidado com que me acolheram em Campinas. As tardes de chá já fazem falta...

Aos amigos que estiveram sempre presentes, mesmo distantes fisicamente, por cada palavra e gesto de apoio. Sou privilegiado pela presença de cada um.

À André, um Acontecimento no percurso. Pelo companheirismo e compreensão.

Ianus primus, Vesta extrema.

² O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001.

Pourquoi le discours, la façon dont les hommes dans leurs pratiques, appartenant à des groupes sociaux définis, dans des situations précises, se définissent et définissent le monde, leur histoire, leurs rapports, la façon dont ils expriment tout cela dans leur langue avec les mots qui sont les leurs depuis le néologisme jusqu'au stéréotype, les figures de styles qu'ils affectionnent, les métaphores qui à leur insu s'imposent à eux, les tournures syntaxiques qu'ils utilisent de façon récurrente, pourquoi tout cela ne constituerait-il pas à part entière un domaine de l'Histoire?

Régine Robin, Langage et Idéologies (1974, p.4).

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi compreender como são enunciadas noções da ecologia de ecossistemas e o funcionamento discursivo de que os autores dos livros didáticos de biologia no PNLD de 2018 utilizam. Como suporte teórico-metodológico, nos apoiamos na Análise de Discurso materialista francesa de Michel Pêcheux e colaboradores, que versa sobre estudos da linguagem e do discurso, sendo este determinado historicamente na não-separação entre forma e conteúdo. Também trazemos algumas contribuições históricas e ontológicas de variados cientistas, ecólogos, filósofos e historiadores. Compreendemos que a ecologia teve seu reconhecimento como ciência tardiamente, apresentando desenvolvimento historiográfico e filosófico ainda recente. É um dos campos de estudos mais ativos no século XXI, com investigações do âmbito educacional ao científico e presença em discussões na arena política e em movimentos ambientalistas. Nosso foco está na ecologia de ecossistemas, em vista das influências que essa temática exerce no cenário político-social. No que diz respeito ao ensino de ciências, os livros didáticos se encontram em cenário de prestígio dos governantes, assim, aos livros é assegurada sua hegemonia e perpetuadas representações de mundo e de conhecimentos científicos que muitas vezes apagam ou dissimulam suas raízes, agregando determinados valores por meio do discurso da tríade autores-editoras-Estado. Por meio da análise de parte de três das obras didáticas do componente curricular de biologia mais adquiridas no PNLD de 2018, o funcionamento discursivo empregado pelos autores dos livros didáticos se faz pelo uso de pré-construídos e efeitos de sustentação que articulam aspectos da temática ambiental aos conceitos ecossistêmicos, caracterizando-se por uma “ecologização” dos fenômenos ambientais. Também é recorrente o emprego de efeitos encaixe e articulação de ordem mais conteudista, frequentemente presentes nos discursos escolares relativos à Ciência. Quanto ao aspecto historiográfico, a abordagem dos conceitos ecossistêmicos se faz predominantemente descolada de suas filiações teóricas, por uma espécie de apagamento histórico, por um efeito de silenciamento constitutivo. Além da contribuição de outros pesquisadores sobre esse tema, compreendemos que se faça necessário discutir aspectos filosóficos e sociológicos do campo de estudos da ecologia (de ecossistemas), compreendendo seus modos de ação, aplicações e limitações nos livros didáticos.

PALAVRAS-CHAVE: Ecossistema; Análise do discurso; Historiografia; Livros didáticos.

ABSTRACT

The objective of this research was to understand how notions of ecosystem ecology are enunciated and the discursive functioning that the authors of the elected biology textbooks in the PNLD 2018 use. As a theoretical and methodological support, we rely on the french materialist Discourse Analysis by Michel Pêcheux and collaborators, which deals with studies of language and discourse, this being historically determined in the non-separation between form and content. We also bring some historical and ontological contributions from various scientists, ecologists, philosophers and historians. We understand that ecology had its recognition as a late science, with historiographical and philosophical development still recent. It is one of the most active fields of study in the 21st century, with educational and scientific investigations and presence in the political arena and in environmental movements. Our focus is on the ecosystem ecology, in view of the influences that this theme has on the political-social scenario. Regarding to science teaching and in general, textbooks are in a scenario of prestige of the government, thus, books are guaranteed their hegemony and perpetuated representations of the world and scientific knowledge that often erase or hide their roots, adding values through the discourse of the authors-publishers-State triad. Through the analysis of three of the most biology textbooks acquired in the PNLD of 2018, the discursive functioning employed by the authors is made by using pre-built and sustaining effects that articulate aspects of the environmental theme to ecosystem concepts, characterized by a “ecologization” of environmental phenomena. The use of more contentious effects and articulation is also recurrent, frequently present in school discourses related to Science. As for the historiographical aspect, an approach to ecosystemic concepts is predominantly detached from its theoretical affiliations, by a kind of historical erasure, by a constitutive silencing effect. In addition to the contribution of other researchers on this topic, we understand that it is necessary to discuss philosophical and sociological aspects of the field of studies of (ecosystem) ecology, understanding their modes of action, applications, and limitations in textbooks.

KEYWORDS: Ecosystem; Discourse analysis; Historiography; Textbooks.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Excerto 1 do manual do professor ilustrando a disposição de comentários ao longo dos capítulos na obra <i>Biologia Moderna</i> (AMABIS; MARTHO, 2018).....	76
Figura 2: Excerto 2 do manual do professor ilustrando a disposição de comentários ao longo dos capítulos na obra <i>Conexões com a Biologia</i> (THOMPSON; RIOS, 2018).....	78
Figura 3: Excerto 3 contendo recorte de enunciados analisados da obra <i>Biologia Moderna</i> (AMABIS; MARTHO, 2018).	110
Figura 4: Excerto 4 contendo recorte de enunciados analisados da obra <i>Biologia Moderna</i> (AMABIS; MARTHO, 2018).	111
Figura 5: Excerto 5 contendo recorte de enunciados analisados da obra <i>Biologia Moderna</i> (AMABIS; MARTHO, 2018).	112
Figura 6: Excerto 6 contendo recorte de enunciados analisados da obra <i>Biologia Moderna</i> (AMABIS; MARTHO, 2018).	113
Figura 7: Excerto 7 contendo recorte de enunciados analisados da obra <i>Biologia Moderna</i> (AMABIS; MARTHO, 2018).	114
Figura 8: Excerto 8 mostrando a disposição do Manual do Professor na obra <i>Biologia Moderna</i> (AMABIS; MARTHO, 2018).	115
Figura 9: Excerto 9 mostrando a disposição do Manual do Professor na obra <i>Biologia Moderna</i> (AMABIS; MARTHO, 2018).	116
Figura 10: Excerto 10 contendo recorte de enunciados analisados da obra <i>Conexões com a Biologia</i> (THOMPSON; RIOS, 2018).	117
Figura 11: Excerto 11 contendo recorte de enunciados analisados da obra <i>Conexões com a Biologia</i> (THOMPSON; RIOS, 2018).	118
Figura 12: Excerto 12 contendo recorte de enunciados analisados da obra <i>Conexões com a Biologia</i> (THOMPSON; RIOS, 2018).	119
Figura 13: Excerto 13 contendo recorte de enunciados analisados da obra <i>Conexões com a Biologia</i> (THOMPSON; RIOS, 2018).	120
Figura 14: Excerto 14 contendo recorte de enunciados analisados da obra <i>Conexões com a Biologia</i> (THOMPSON; RIOS, 2018).	121
Figura 15: Excerto 15 mostrando a disposição do Manual do Professor na obra <i>Conexões com a Biologia</i> (THOMPSON; RIOS, 2018).	122
Figura 16: Excerto 16 mostrando a disposição do Manual do Professor na obra <i>Conexões com a Biologia</i> (THOMPSON; RIOS, 2018).	123
Figura 17: Objetivos de cada capítulo no Manual do Professor na obra <i>Conexões com a Biologia</i> (THOMPSON; RIOS, 2018).	124

Figura 18: Excerto 17 contendo recorte de enunciados analisados da obra <i>Biologia Hoje</i> (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2018).	125
Figura 19: Excerto 18 mostrando o quadro de destaque de conteúdo histórico da obra <i>Biologia Hoje</i> (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2018).	126
Figura 20: Excerto 19 contendo recorte de enunciados analisados da obra <i>Biologia Hoje</i> (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2018).	127
Figura 21: Excerto 20 contendo recorte de enunciados analisados da obra <i>Biologia Hoje</i> (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2018).	128
Figura 22: Excerto 21 mostrando fragmento histórico em enunciado da obra <i>Biologia Hoje</i> (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2018).	129
Figura 23: Excerto 22 mostrando fragmento histórico em enunciado da obra <i>Biologia Hoje</i> (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2018).	130
Figura 24: Excerto 23 mostrando fragmento histórico em enunciado da obra <i>Biologia Hoje</i> (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2018).	131
Figura 25: Excerto 24 mostrando a disposição do Manual do Professor na obra <i>Biologia Hoje</i> (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2018).	132
Figura 26: Excerto 25 mostrando a disposição do Manual do Professor na obra <i>Biologia Hoje</i> (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2018).	133

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 1: Distribuição de pesquisas na temática de ecologia e livros didáticos no período de 2001 a 2020 em 5 periódicos nacionais.	44
Quadro 1: Artigos selecionados sobre o tema ecologia e livro didático na área de ensino.	47
Quadro 2 : Artigos selecionados sobre o tema ecologia e livro didático na área de ensino – continuação da seleção.	48
Quadro 3: Valores de aquisição por títulos da componente biologia para o EM.	70
Quadro 4: Sequência 1 de temas estruturadores pelo PCN+.	74
Quadro 5: Sequência 2 de temas estruturadores pelo PCN+.	74
Quadro 6: Distribuição geral dos conteúdos presentes no volume 3 da coleção Biologia Moderna (AMABIS; MARTHO, 2018).	75
Quadro 7: Distribuição geral dos conteúdos presentes no volume 1 da coleção Conexões com a Biologia (THOMPSON; RIOS, 2018).	77
Quadro 8: Distribuição geral dos conteúdos presentes no volume 3 da coleção Biologia Hoje (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2018).	79

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRELIVROS	Associação Brasileira de Editores de Livros
AD	Análise de Discurso
AGAPAN	Associação Gaúcha de Proteção do Ambiente Natural
ALE	Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
BSCS	<i>Biological Science Curriculum Study</i>
CE	Ciência & Educação
CNRS	Centre National de La Recherche Scientifique
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
DCN	Diretrizes Curriculares Nacionais
DCNEM	Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
EC	<i>Enseñanza de las Ciencias</i>
EM	Ensino Médio
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
EPEC	Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências
ER	Educação em Revista
FBCN	Fundação Brasileira para Conservação da Natureza
FNDE	Fundação Nacional de Desenvolvimento da Educação
FUNBEC	Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências
GLD	Guia do Livro Didático
HFC	História e Filosofia da Ciência
IBECC	Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura
IBP	<i>International Biological Program</i>
IENCI	Investigações em Ensino de Ciências
IJSE	<i>International Journal of Science Education</i>
INL	Instituto Nacional do Livro
LD	Livro Didático
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
MEC	Ministério da Educação
ONG	Organização não governamental
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PCN+	Orientações Educacionais Complementares ao PCN

PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
PDT	Partido Democrático Trabalhista
PECIM	Pós-graduação Multiunidades em Ensino de Ciências e Matemática
PLIDEF	Programa do Livro Didático para o Ensino Fundamental
PMDB	Partido do Movimento Democrático Brasileiro
PNLD	Programa Nacional do Livro Didático
PNLEM	Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio
PNLA	Programa Nacional do Livro Didático para a Alfabetização de Jovens e Adultos
PP	Produtividade primária
PPB	Produtividade primária bruta
PPL	Produtividade primária líquida
PT	Partido dos Trabalhadores
PUC	Pontifícia Universidade Católica
R	Respiração
RBPEC	Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências
REnBIO	Revista de Ensino de Biologia
SBEEnBIO	Associação Brasileira de Ensino de Biologia
SEB	Secretaria de Educação Básica
SEMA	Secretaria Especial do Meio Ambiente
SNEL	Sindicato Nacional dos Editores de Livros
UFPR	Universidade Federal do Paraná
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFTM	Universidade Federal do Triângulo Mineiro
UNESP	Universidade Estadual Paulista
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
UNIFESP	Universidade Federal de São Paulo
USAID	<i>United States Agency for International Development</i>
USP	Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	16
CAPÍTULO 1: Ecologia de Ecossistemas: aspectos conceituais e historiográficos	21
1.1 Recortes históricos sobre Ecologia de Ecossistemas	21
1.2 Movimentos ambientalistas e o contexto brasileiro	37
CAPÍTULO 2: Ecologia de Ecossistemas: cenário do ensino de ciências e livro didático ..	43
2.1 Análise de produções em território nacional e internacional	43
2.2 Sobre um discurso ecológico.....	48
2.3 Livro didático e o Programa Nacional do Livro Didático	50
CAPÍTULO 3: Apoios teórico-metodológicos	59
3.1 Algumas noções e princípios da Análise de Discurso.....	59
3.2 História da Ciência, Linguagem e Discurso	65
3.3 Procedimentos metodológicos e percurso analítico	70
3.4 Caracterizações das obras selecionadas	72
CAPÍTULO 4: Efeitos de sentido sobre Ecologia de Ecossistemas	81
4.1 Possíveis efeitos de sentidos na obra Biologia Moderna	81
4.2 Possíveis efeitos de sentidos na obra Conexões com a Biologia.....	86
4.3 Possíveis efeitos de sentidos na obra Biologia Hoje	90
4.4 Desdobramentos.....	94
CONSIDERAÇÕES FINAIS	99
REFERÊNCIAS	102
ANEXOS I.....	110
ANEXOS II.....	117
ANEXOS III	125

INTRODUÇÃO

A História e Filosofia da Ciência (HFC) foi algo que me fascinou durante os anos em que cursei o Mestrado na UNESP/Bauru (MORAIS, 2016). A princípio, não havia ouvido falar sobre esse campo de conhecimento, sobre o que se desdobrava para além dos métodos e conceitos científicos, então meu interesse foi instantâneo. Após a pesquisa realizada, que tratou sobre as representações de professores em serviço e de livros didáticos de biologia sobre o uso da HFC, tomei algum tempo antes de retornar ao cenário acadêmico. A experiência tinha sido intensa. Algumas questões ainda me instigavam, como a natureza histórica da Ciência, pensando em sua interface com o campo epistemológico da História. Naquele momento, ao retomar alguns estudos, me deparei com um trabalho que me proporcionou um outro olhar sobre esses questionamentos, trazendo o papel da linguagem e do discurso para essa discussão.

A pesquisa de Almeida (2004) buscava traçar considerações sobre a natureza discursiva da História, que se colocada em funcionamento na mediação com estudantes, permitiria que se falasse no uso de narrativas históricas no Ensino de Ciências. A pesquisadora supracitada partia de alguns historiadores, como Carlo Ginzburg, Pierre Raymond e Keith Jenkins trazendo perspectivas sobre a historicidade da Ciência e costurando-as à trama discursiva da Análise de Discurso em Michel Pêcheux, uma vez que a dimensão histórica é constituinte nessa vertente. Lá estava eu maravilhado pelo tema. A partir de outras leituras, refleti sobre a possibilidade de aprofundar estudos no que se refere à abordagem dos processos de construção de conhecimento da biologia no livro didático, numa perspectiva não apenas dos conteúdos científicos propriamente ditos, mas que privilegiasse suas construções enquanto um discurso, na relação histórica e o contexto de produção.

O livro didático continuou sendo um objeto de meu interesse, dado a sua importância no cenário educacional, assim como minha afinidade com esse material em vista dos estudos realizados no Mestrado. Dessa forma, a intenção foi seguir com uma pesquisa que se pautasse nos aspectos históricos discursivos desse recurso, e cuja origem e contextos de produção também são efeitos da História. Após a entrada no Programa de Pós-Graduação Multiunidades em Ensino de Ciências e Matemática (PECIM)/UNICAMP em 2017, e já sob orientação, partimos para a escolha do tema biológico que seria o foco da pesquisa.

Nesse sentido, em uma busca livre sobre aspectos historiográficos e biologia, tivemos contato com um trabalho do biólogo Thomas Lewinsohn (2016) a respeito do campo de estudos da ecologia, que despertou nosso interesse pela forma como estava sendo abordada pelo ecólogo

supracitado. Em posterior leitura de outros pesquisadores, tais como Freire e Motokane (2016) e Kato e Martins (2016), que também compreendem ser a ecologia um campo em intenso crescimento nas últimas décadas e com desenvolvimento historiográfico e filosófico ainda recente, definimos que esse seria nosso objeto de estudo nos livros didáticos.

No Brasil, a Ecologia é um dos campos de investigação mais ativos no século XXI, ocupando um lugar crescente no cenário de discussão da temática ambiental e desenvolvimento econômico, exercendo influências nas tomadas de decisão governamentais e na inscrição de práticas em sociedade, tornando-se mais visível no final do século XIX e institucionalizando-se enquanto disciplina científica apenas nas décadas iniciais do século XX (LEWINSOHN, 2016). Para Freire e Motokane (2016):

Pouca atenção tem sido dispensada a questões filosóficas e epistemológicas da ecologia, quando comparada à física, química ou à própria biologia, o que poderia estar relacionado a três principais razões: compreender uma área com uma variedade muito grande de subcampos (objetos de estudo e perspectivas teórico-metodológicas); ser uma ciência relativamente jovem; e ter pesquisadores menos engajados nesses tipos de discussão (FREIRE; MOTOKANE, 2016, p. 153).

O estudo da temática ecológica no ensino de ciências se mostrou promissor. No entanto, por se tratar de um campo de conhecimento extenso e em contínua expansão, focamos nos estudos concernentes às interações entre seres vivos e funcionamentos na natureza, temática abordada mais profundamente na vertente de ecologia de ecossistemas. De forma sucinta, conforme será abordado no capítulo 2, os ecossistemas são sistemas que obedecem a princípios termodinâmicos, articulados por meio de fluxos de energia e ciclos de matéria a partir das interações entre os seres vivos e o meio ambiente, formando uma rede complexa (RICKLEFS, 2009). É uma temática que recebeu influências de outras áreas como a Física, a Matemática e a Química para construção de aspectos teóricos.

O foco na ecologia de ecossistemas se deu após a leitura de alguns pesquisadores, como Coutinho (1992), Golley (1993) e Kato (2014), que trazem uma discussão importante sobre os sentidos nas variadas instituições e as influências que essa temática exerce no cenário político-social, em que a associação do funcionamento da natureza a um sistema (máquina), passa a ser compreendida enquanto possibilidade de manejo para alguns segmentos. Para Coutinho (1992), a circulação dos dizeres ecológicos ecossistêmicos dá origem à compreensão de uma “ecologia aplicada”, o que inevitavelmente lhe agrega a função de prescrição e normatização em sociedade, desempenhada por instituições e aparatos do Estado. Assim:

É onde o ecólogo é chamado a observar e julgar as ações das sociedades sobre a natureza (sobre os “ecossistemas”), em seguida prescrever “soluções” para eventuais problemas – que neste caso são novas ações sociais – e normatizar sobre as relações destas sociedades com a natureza” (COUTINHO, 1992, p. 44).

Nesse contexto, a escola se configura enquanto instituição social assujeitada aos mecanismos governamentais, disseminando práticas e representações tanto da atividade científica quanto da sociedade. Quanto a esse aspecto, destacamos a presença do livro didático enquanto uma mercadoria cultural que é revestida de valores e intencionalidades, sendo um recurso advindo de processos coercitivos tais como as políticas educacionais e os processos editoriais, o que, no entanto, não lhe subtrai a importância e prestígio no ensino. Por sua vez, esse funcionamento veicula dizeres que estruturam a conjuntura e os papéis desempenhados pela ecologia/ecologia de ecossistemas no ensino de ciências e biologia.

No que diz respeito à área de ensino de ciências, e especificamente, ao ensino de ecologia, concordamos com Coutinho (1992) quando a pesquisadora defende a necessidade de problematização e explicitação dessas relações discursivas no ensino, em que há:

A naturalização do discurso prescritivo e das representações de sociedade contidas no discurso da ecologia, ou seja: o processo pelo qual as marcas da construção social destes discursos são apagadas e suas relações passam a ser apresentadas como naturais (COUTINHO, 1992, p. 47).

A naturalização desse discurso se dá como por um efeito de evidência, como se a linguagem fosse transparente, em que os sentidos são apresentados sem filiações teóricas e desprovidos de historicidade. Assim, a pesquisadora defende a contextualização histórica dos dizeres e da própria ecologia como forma de mostrar as condições sociais em que tais relações se constituíram.

Trata-se de um processo de naturalização retroalimentado, uma vez que o crescimento dos debates acerca das temáticas ecológicas e ambientais ultrapassaram os círculos científicos e se difundiram em movimentos sociais já no início da década de 1930, e conseqüentemente, tornaram-se tópicos de disputa na arena política (SIRKIS, 1992). Todo esse arcabouço se traduz em políticas públicas que regulamentam e ditam condições de circulação, funcionamento e entendimento em sociedade sobre aspectos ecológicos e ambientais. Aqui chamamos a atenção para o fato de reconhecermos que a temática ecologia de ecossistemas no ensino de ciências e a Educação Ambiental possuem relações mas são assuntos distintos, conforme pode ser compreendido com mais detalhes na obra de McCormick (1992) quando discorre sobre o

surgimento dos movimentos ambientalistas, sendo o foco dessa pesquisa, a ecologia de ecossistemas.

Em síntese, compreendemos o cenário de importância da ecologia de ecossistemas na sociedade, e especificamente, ao ensino no que concerne ao papel desempenhado pelos livros didáticos em sua disseminação e compreensão pela comunidade escolar. Assim como o fato desse recurso didático, em nossa visão, se constituir enquanto mercadoria cultural do Estado, impregnado de concepções e valores que moldam o ensino e sua prática.

Entretanto, o ponto de tensão de nossas reflexões se faz sobre o papel que o caráter histórico desses discursos, ou seja, dos contextos de produção no que se refere ao político, ao social e o econômico nos processos de construção do conhecimento da ecologia de ecossistemas; configura no que diz respeito ao seu tratamento e veiculação no ensino de biologia, estando sujeito aos vieses de diferentes grupos. Assim, é imprescindível a compreensão dos funcionamentos discursivos que daí se derivam.

O seguinte recorte do Guia do Livro Didático de 2018 (BRASIL, 2018) revela um pouco do cenário do que se espera sobre o agenciamento dos estudos ecológicos na construção de uma sociedade “mais consciente”, o que por si só já apresenta alguns indícios sobre a concepção circulante que o Estado, a partir das políticas educacionais, sustenta sobre a Ecologia:

[...]a disciplina escolar Biologia tem servido para se ensinar tanto uma certa visão de ciência e do fazer científico quanto temáticas contemporâneas importantes. Exemplos disso podem ser vistos no modo como a Biologia tem nos auxiliado a tomar consciência dos problemas ambientais que são produzidos pelo modo de vida contemporâneo, com sérias consequências tanto para a espécie humana quanto para a biodiversidade do planeta. O ensino de temáticas relacionadas aos diversos ramos da Biologia – tais como a Ecologia e a Bioquímica, para dar alguns exemplos – tem sido um aliado imprescindível na construção de alternativas possíveis para uma vida em sociedade que interaja de outras formas com o meio ambiente (BRASIL, 2018, p. 11-12).

Nesse sentido, o **objetivo** desta pesquisa é: **compreender como são enunciadas noções da ecologia de ecossistemas e o funcionamento discursivo de que os autores dos livros didáticos utilizam tendo em vista o seu entendimento enquanto disciplina escolar**. Como forma de atender ao proposto, nos guiaremos a partir das seguintes questões:

- i) Como podem ser produzidos efeitos de sentidos nos livros didáticos de biologia do Ensino Médio do PNL 2018 selecionados para este estudo no que diz respeito à ecologia de ecossistemas?

- ii) Como aspectos historiográficos são abordados no que diz respeito à ecologia de ecossistemas presente nos livros didáticos de biologia do Ensino Médio selecionados para este estudo?

Trazemos um caminho que acreditamos ser pertinente ao objetivo elencado, de forma a atender às questões propostas. Lembramos que nossa leitura sobre esse cenário se faz em vista de percursos formativos e aspectos que nos chamam a atenção. Outros enfoques são possíveis, discussões, problematizações etc. sem esgotar o assunto. É uma área em crescimento.

Assim, no primeiro capítulo trazemos a contribuição histórica de diversos ecólogos envolvidos no processo de construção da ecologia de ecossistemas, voltada às principais obras e aspectos político-sociais que a demarcaram na história, ou seja, os contextos de produção. Também abordamos o papel desempenhado pelos movimentos ambientalistas em território nacional, visto que tais eventos influenciaram a constituição de mecanismos político legislativos em sociedade.

No segundo capítulo desta pesquisa, abordamos um levantamento bibliográfico com periódicos de território nacional e internacional, buscando identificar pesquisas desde o início do século XXI até o presente momento a respeito do tratamento dado ao livro didático no ensino de biologia, sobretudo, ao conteúdo de ecologia, fazendo uma breve apresentação e discussão destes resultados. Também aprofundamos a discussão referente ao livro didático e a origem e funcionamento do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). Tais considerações são imprescindíveis na medida em que conversam diretamente com nossos apoios teóricos metodológicos e caracterizam o *corpus* de análise.

Considerando o papel fundamental da história em sua interface com a linguagem, no terceiro capítulo apresentamos nossos apoios teóricos, em que tratamos sobre algumas noções e princípios da Análise de Discurso cujo precursor foi Michel Pêcheux, assim como das compreensões que temos entre os campos da História, da Linguagem e do Discurso, finalizando com os procedimentos metodológicos adotados nesta pesquisa. Também fazemos uma caracterização das obras analisadas antes de prosseguirmos ao último capítulo, em que trazemos os recortes nos quais trabalhamos a produção de efeitos de sentidos dos livros didáticos a respeito da ecologia de ecossistemas.

Finalizamos esta pesquisa com algumas reflexões e considerações finais acerca das análises realizadas, em que procuramos desenvolver um pouco mais nossas compreensões em vista dos aportes teóricos utilizados e o diálogo com a literatura.

CAPÍTULO 1: Ecologia de Ecossistemas: aspectos conceituais e historiográficos

1.1 Recortes históricos sobre Ecologia de Ecossistemas

Ao tratarmos dos aspectos historiográficos na construção de alguns dos conceitos da ecologia de ecossistemas, o fazemos por compreendermos que os sentidos carregam historicidade. Como procuraremos apresentar neste capítulo, devido ao desenvolvimento fragmentado e às influências de ordem política e social, três perspectivas têm se consolidado no que diz respeito aos estudos ecossistêmicos, conforme apontado por Golley (1993) e Kato (2014): a Organísmica, a Determinística e a Cibernética, trazendo novos sentidos e ampliando o cenário de discussões das interações entre seres vivos e o meio ambiente.

Quanto a esse aspecto, nos orientaremos em torno das principais contribuições, contextos e concepções que auxiliaram na construção dessa temática, nos pautando em alguns trabalhos e nas colaborações entre ecólogos que introduziram novas discussões e conceitos. Além dos aspectos históricos abordados, destacamos alguns dos princípios teóricos da ecologia de ecossistemas para melhor compreensão de nosso dispositivo analítico e foco de nossas análises. Iniciamos este capítulo em concordância com Frank Benjamin Golley (1993), quando este afirma que:

A história do conceito de ecossistema envolve personalidades científicas, as dinâmicas da prática e teoria em Ciência, interação e competição entre as ciências, as influências das instituições e sociedades, o papel de grandes eventos, como as guerras, depressões econômicas, e revoluções, e o papel de paradigmas culturais, os quais estruturam como pensamos sobre a natureza e nossas expectativas da Ciência (GOLLEY, 1993, p. 6).

Para Begon et al. (2006), a ecologia é o estudo científico das interações entre organismos e o seu meio, lidando com níveis biológicos hierárquicos: organismos individuais, populações (consistindo em indivíduos da mesma espécie) e a comunidade (conjunto de várias populações). Foi um termo utilizado primeiramente pelo naturalista Ernst Haeckel em sua obra *Generelle Morphologie der Organismen* (1866), que apesar de não ter contribuído muito para o crescimento da área como colocado por Acot (1990), reescreveu posteriormente outras quatro definições ao longo de suas obras, que se mantiveram fiéis aos aspectos de um equilíbrio da natureza e adaptação dos seres vivos (ACOT, 1990; BEGON et al., 2006; LEWINSOHN, 2016).

No que se refere à natureza quanto à sua estrutura e funcionalidade, alguns ecólogos se focaram nas interações estabelecidas entre organismos e seu meio físico, com ênfase nas trocas

de matéria e energia ocorridas entre eles, temática conhecida como ecologia de ecossistemas. O termo ecossistema foi cunhado por Arthur G. Tansley (1935), sendo utilizado para indicar uma comunidade biológica juntamente com o meio abiótico³ na qual está definida, sendo assim, inclui todos os organismos que a constituem, além do meio físico-químico que provém as condições de vida e age tanto como fonte quanto dreno de energia e matéria (BEGON et al., 2006).

Tansley (1935) em sua obra *The use and abuse of vegetational concept terms*, considera o ecossistema como um objeto físico de estudo, discutindo e ampliando alguns conceitos propostos por ecólogos anteriores, tais como a obra de Henry Chandler Cowles a respeito da sucessão ecológica⁴, bem como teceu críticas aos trabalhos do ecólogo sul-africano John Phillips, discordando de suas compreensões a respeito de sucessão, clímax⁵, organismo complexo, comunidade biótica e desenvolvimento, rejeitando-os (GOLLEY, 1993). Assim, propõe o termo “ecossistema” ao incluir o papel fundamental dos fatores inorgânicos nas interações entre organismos para o estabelecimento de sistemas:

Mas a concepção mais fundamental é, ao que me parece, o sistema inteiro (no sentido da física), incluindo não apenas o organismo complexo, mas também o complexo dos fatores físicos como um todo, constituindo o que nós chamamos de meio ambiente do bioma – os fatores de habitat no sentido mais amplo. Apesar dos organismos serem nosso interesse primário, quando estamos tentando pensar fundamentalmente, nós não podemos separá-los de seus meio ambientes especiais, com os quais eles formam um sistema físico. São os sistemas formados, do ponto de vista do ecólogo, as unidades básicas da natureza na face da Terra. Nossos preconceitos humanos nos forçam a considerar os organismos (no sentido do biólogo) como as partes mais importantes destes sistemas, mas certamente os “fatores” inorgânicos também são parte – não haveriam sistemas sem eles, e há constante intercâmbio de variados tipos em cada sistema, não apenas entre organismos, mas entre o orgânico e o inorgânico. Estes ecossistemas, como podemos chama-los, são de tipos e formatos diversos (TANSLEY, 1935, p. 299).

Além disso, os ecossistemas estariam sujeitos as mudanças climáticas das regiões geográficas. Apesar do estudo de seu funcionamento poder ocorrer de forma isolada, naturalmente tais sistemas se sobrepõem e interagem entre si. Todo sistema apresenta uma organização, resultando de um tipo de seleção natural, no qual aqueles que exibem um equilíbrio estável sobrevivem por mais tempo. Tansley (1935) também se atentou para o fato

³ Fatores físicos e químicos, como temperatura, umidade relativa, pH, salinidade etc.; assim como fatores bióticos são constituídos pelos organismos vivos (BEGON et al., 2006).

⁴ Para Begon et al. (2006), é o contínuo padrão de colonização não-sazonal, direcional e extinção em um local por populações de espécies. Ricklefs (2009) define como a sequência de mudanças iniciadas por uma perturbação.

⁵ O ponto final de uma sequência sucessional, uma comunidade que atingiu um curso estável sob condições ambientais particulares (RICKLEFS, 2009).

da atividade humana na interferência do estabelecimento de ecossistemas, apontando aqueles naturais e os antropogênicos, como zonas de pastagem e a criação de animais (TANSLEY, 1935; CURILAF; DENEGRÍ, 2016).

Golley (1993) sugere que o conceito de ecossistema formulado por Tansley (1935) era uma solução para a divisão conceitual de caráter reducionista/holista no campo de ecologia de comunidades vegetais. Sucintamente, para os reducionistas, a ênfase estava na significância dos grupos vegetativos individuais e sua hierarquia na organização da comunidade, e para os holistas, a hipótese de que a vegetação era um organismo complexo, que se desenvolvia, maturava e envelhecia, como na visão do superorganismo de Clements (1916)⁶. Assim, a motivação de Tansley, segundo Golley (1993), era criar um conceito que servisse de ponte entre essas duas visões para uma abordagem ecológica, derivando de ideias científicas e filosóficas naquele momento no início do século XX na Inglaterra e Estados Unidos, como o conceito de “sistema”, largamente utilizado pelas ciências físicas.

Os processos ecossistêmicos dizem respeito às transferências de energia e matéria de um reservatório a outro na natureza. Charles Elton, ecólogo inglês, em 1920 dizia que os organismos vivos mantinham uma relação alimentar entre eles, chamada de teia alimentar (ou cadeia alimentar), no qual cada ser vivo ocupa um elo em um encadeamento, descrevendo a passagem de matéria de um organismo a outro. Uma cadeia alimentar é constituída por produtores, consumidores e decompositores. Os produtores são organismos autotróficos, ou seja, produzem o próprio alimento, como as plantas e certas bactérias pela conversão de recursos inorgânicos em moléculas orgânicas. Os consumidores são organismos heterotróficos, ou seja, necessitam de outro ser vivo para se alimentarem, e se dividem em primários (herbívoros) e secundários/terciários (onívoros, carnívoros). Os decompositores, como fungos e bactérias, ocupam o último elo de uma cadeia, decompondo a matéria orgânica em recursos inorgânicos (BEGON et al., 2006; RICKLEFS, 2009).

É importante citar que, segundo os pesquisadores Chapin et al. (2002), Odum e Barret (2007) e Ricklefs (2009), as cadeias alimentares também se dividem naquelas de pastoreio, cuja base é um produtor; e detritos, quando a base é composta por matéria orgânica morta, como tecidos e galhos. Assim, no caso de cadeias alimentares fotossintetizantes, a energia entra em

⁶ Clements (1916) afirma que toda formação vegetal de uma região é selecionada pelo clima, e seu desenvolvimento ocorre em sucessão até uma fase final chamada de clímax, fazendo analogia entre o funcionamento da comunidade de plantas ao de um organismo individual, cujo ciclo de vida é idêntico: nasce, cresce, se desenvolve e morre.

um ecossistema quando a luz absorvida por organismos autotróficos dirige a redução do dióxido de carbono (CO_2) para formar açúcares, no qual a matéria orgânica e a energia estão fortemente unidas ao longo de sua passagem pelo sistema, em níveis alimentares. Além disso, uma parte da energia é perdida do sistema quando a matéria orgânica é oxidada de volta a dióxido de carbono, seja pela combustão ou respiração das plantas, animais e micróbios, assim como na manutenção do próprio ser vivo.

Begon et al. (2006) e Ricklefs (2009) afirmam que, diferentemente da energia que entra em um ecossistema como luz e sai como calor, os nutrientes são gerados e retidos em grande parte junto ao sistema. A matéria cicla através de um ecossistema após ser retirada em forma inorgânica e convertida em biomassa pelas plantas, ou seja, quando há o ganho de massa de organismos por unidade de área, sendo expressa também por unidades de energia ou matéria orgânica seca. Parte dessa matéria avança na cadeia alimentar, mas toda ela eventualmente retorna a forma inorgânica pelo processo de decomposição.

Dessa forma, para Ricklefs (2009), os nutrientes principais que ciclam através do ecossistema além do hidrogênio e oxigênio são os elementos carbono, fósforo e enxofre. Outro aspecto relevante, é que em muitas circunstâncias a presença/ausência de certos fatores abióticos limita a produção de biomassa pelos organismos quimio/fotossintetizantes. Esses são a base material e energética de todo ecossistema que depende de organismos autotróficos, assim, a indisponibilidade de água por exemplo, ao invés de luz solar ou minerais, limita a produtividade das plantas de uma região desértica.

Como nos coloca Chapin et al. (2002), os princípios ecossistêmicos incorporam conceitos e entendimentos de variadas disciplinas, como geoquímica, hidrologia, física, climatologia etc., com o foco no meio ambiente. Esse aspecto também é apontado por Ricklefs (2009), que aborda a influência de Alfred James Lotka (1880-1949), físico e químico ucraniano, nos estudos ecossistêmicos. Para Lotka, o funcionamento de um ecossistema obedece a princípios termodinâmicos com taxas energéticas proporcionais ao tamanho do sistema (massa total dos constituintes), especificadamente, em termos de produtividade e ineficiência energética.

Dessa forma, leis básicas governam tanto os sistemas químicos quanto os biológicos, em que os processos sistêmicos poderiam ser reduzidos às trocas de matéria e energia entre seus componentes. Ricklefs (2009) aponta que no caso de sistemas químicos, seriam moléculas; e para sistemas biológicos, os organismos e matéria bruta. Na visão de Lotka, tais processos

teriam seu lugar nas redes alimentares, e no crescimento e reprodução dos seres vivos, antecipando discussões sobre o ciclo de nutrientes. Seus trabalhos foram notados por Raymond Pearl, bioestatístico estadunidense, que em conjunto publicaram um primeiro trabalho dando origem a uma série de estudos que auxiliaram em ecologia de populações, como o clássico *Elements of Mathematical Biology* em 1956 (KINGSLAND, 2015).

Os trabalhos de Lotka influenciaram e aprofundaram os estudos teóricos em ecologia ao associar o uso da física e matemática no estudo de sistemas biológicos. Em específico na ecologia de ecossistemas, suas contribuições foram revisitadas por outros ecólogos, como o limnologista Raymond Laurel Lindeman, que em seu trabalho *The trophic dynamic aspect ecology* (1942), traz uma síntese das teorias desenvolvidas anteriormente, ampliando por exemplo, os conceitos de sucessão de Henry Chandler Cowles e Frederic Edward Clements, e cadeia alimentar de Elton (RICKLEFS, 2009).

O ecólogo explorou as transformações de energia em um sistema por meio do estudo do lago Cedar Bog em Minnesota (EUA) com sua esposa, Eleanor Hall Lindeman, sendo o primeiro a adotar explicitamente o termo “ecossistema” de Tansley (1935) como a unidade fundamental em ecologia. O lago Cedar Bog era tido como em um estágio de sucessão com um desequilíbrio entre forças de produção e catabolismo, assim o objetivo de Lindeman era usar a abordagem energética para compreender o balanço entre esses processos (GOLLEY, 1993).

Lindeman (1942) agregou informações de como componentes bióticos e abióticos estavam integrados em um ecossistema a partir das relações alimentares e fluxos de energia sob esquemas de observação e experimentação rigorosos, diferentemente de Tansley (1935), cuja obra era de caráter teórico. Dessa forma, Lindeman enfatizou a inter-relação de partes vivas e não vivas de um bioma⁷, propondo o conceito de nível trófico para definir os aspectos alimentares dinâmicos entre plantas, herbívoros, carnívoros etc. em uma cadeia, em que tais organismos ocupariam determinados lugares, sendo este conceito também o resultado de uma síntese teórica de trabalhos anteriores, como Möbius, Forbes e Forel (GOLLEY, 1993; RICKLEFS, 2009).

Um importante avanço dos trabalhos de Lindeman foi a expansão dos conceitos ecológicos sob a luz da abordagem energética, seguindo os estudos de Chancey Juday (1871-1944), um dos primeiros a tentar uma descrição funcional de um lago em termos de energia, e

⁷ Uma das várias categorias nas quais comunidades e ecossistemas podem ser agrupados com base no clima e espécies vegetais dominantes (RICKLEFS, 2009).

que curiosamente, rejeitou o artigo de Lindeman (1942) no periódico *Ecology*, afirmando ser um estudo ainda prematuro e muito específico. Outro pesquisador que influenciou o limnologista foi Edward Haskell (1906-1986), contribuindo para o uso da física e matemática na teorização da ecologia.

A energia é parte chave da fisiologia metabólica, mas ainda não havia sido incluída nas teorias, ideias, e escritos sobre o metabolismo de sistemas ecológicos. Assim, Lindeman (1942) ampliou a abordagem de Juday com o uso de taxas e eficiências, sugerindo que o fluxo de energia ao longo de um ecossistema poderia ser visto como uma moeda de troca para quantificar os papéis que os grupos de organismos exercem no dinamismo trófico (CHAPIN et al., 2002; GOLLEY, 1993). Em sua visão:

O ecossistema pode ser formalmente definido como um sistema composto por processos físicos-químicos-biológicos ativos em uma unidade espaço-tempo de qualquer magnitude, isto é, a comunidade biótica mais o meio ambiente abiótico. O conceito de ecossistema é tido de importância fundamental pelo autor, em interpretar os dados da ecologia dinâmica (LINDEMAN, 1942, p. 400).

Além disso, os ecossistemas armazenam e liberam nutrientes no meio ambiente à medida que partes vivas são compostas e decompostas das partes não-vivas, em troca interativa de elementos, havendo um dinamismo entre biota e meio, conceito que foi ampliado por Lindeman a partir dos trabalhos de August Thienemann (1882-1960). O desenvolvimento de um ecossistema ocorre em sucessões, em um sistema complexo, estando sujeito a imprevisibilidade dos fatores abióticos. Outro aspecto importante do trabalho de Lindeman é o reconhecimento da passagem decrescente de energia a cada nível trófico subsequente, ocasionada pela ineficiência das transformações energéticas e sua gestão, sendo estimado um aproveitamento de apenas 10% de energia por organismo (CURILAF; DENEGRI, 2016; RICKLEFS, 2009; GOLLEY, 1993). Quanto ao desenvolvimento de um ecossistema, Lindeman (1942) já antecipava algumas discussões sobre sua estabilidade:

Do ponto de vista trófico-dinâmico, sucessão é o processo de desenvolvimento em um ecossistema, constituído primariamente pelos efeitos dos organismos sobre o meio ambiente e vice-versa, em direção a uma condição de equilíbrio relativamente estável (LINDEMAN, 1942, p. 409).

Para Golley (1993), a obra de Lindeman (1942) foi um esforço deliberado em implementar o conceito de ecossistema de Tansley (1935), sendo o foco do limnologista nos processos dinâmicos do sistema, expressos em termos energéticos, cujas estruturas e funcionamento poderiam ser descritas matematicamente por uma série de equações representando suas interações. Golley (1993) também considera que os trabalhos de Lindeman

podem ser compreendidos como um novo paradigma de pesquisas que manteria os ecólogos ocupados por no mínimo os próximos quarenta anos, oferecendo caminhos promissores depois do hiato imposto nas pesquisas durante a Segunda Guerra Mundial. Em síntese:

Lindeman introduziu muitas das questões principais sobre o comprimento de uma cadeia alimentar, a eficiência de transferências tróficas, o armazenamento de energia em diferentes níveis, as taxas primárias de produtividade, os problemas de correção dos valores energéticos devido as perdas por respiração, predação, e decomposição, e o papel de bactérias e microrganismos na ciclagem de matéria orgânica morta (GOLLEY, 1993, p. 59-60).

Como apontado por Ricklefs (2009), Chapin et al. (2002) e Golley (1993), os princípios termodinâmicos da física foram cada vez mais incorporados para o entendimento do funcionamento do ecossistema, com contribuições de Lotka, Haskell e Juday, a partir da inclusão da abordagem energética, cujas leis permitiram aos ecólogos o cálculo das entradas e saídas de energia de um sistema. Nesse sentido, os irmãos ecólogos Howard Thomas (Tom) Odum e Eugene Odum aprofundaram conceitos para elaboração de uma teoria mais sofisticada que considerava os aspectos energéticos.

O lançamento da obra de Eugene Odum, *Fundamentals of Ecology* (1953), tornou o conceito de ecossistema mais conhecido fora da literatura específica de ecologia, apresentando-o em lugar de destaque na obra. Odum concebe o ecossistema como o metabolismo de uma comunidade, sendo incluso não apenas os trabalhos de Lindeman (1942) com o lago Cedar Bog, mas também os trabalhos de Birge e Juday com o lago Mendota em Wisconsin, e os estudos de George Clarke e Gordon Riley no norte do oceano atlântico e no estuário Long Island entre Connecticut e Nova York; afirmando que o metabolismo de uma comunidade é a soma dos metabolismos das populações de espécies que compõe a comunidade, cujo foco se encontra nas transferências de alimento variando no tempo e espaço (GOLLEY, 1993; RICKLEFS, 2009).

Dessa forma, o ecossistema para Odum e Barret (2007) é visto como a primeira unidade na hierarquia ecológica que possui todos os componentes (biológicos e físicos) necessários para a sobrevivência, possuindo entradas e saídas de energia e matéria, e fronteiras que podem ser tanto naturais quanto arbitrárias, no qual:

Organismos vivos (bióticos) e seu meio não-vivo (abiótico) são inseparavelmente inter-relacionados e interagem entre si. Qualquer unidade que inclua todos os organismos (a comunidade biótica) em dada área interagindo com o meio físico de forma que o fluxo de energia dirija estruturas bióticas claramente definidas e ciclagem de matérias entre componentes vivos e não-vivos, é um sistema ecológico ou ecossistema (ODUM; BARRET, 2007, p.18).

Golley (1993) entende que a obra *Fundamentals of Ecology* (1953) foi um esforço em apresentar a ecologia em bases sólidas, conforme relata Eugene Odum em uma carta a Lowell Noland, um amigo da Universidade de Wisconsin, reunindo contribuições de variados pesquisadores, como Hutchinson, que foi orientador de Tansley (1935), e Tom Odum, cujo apoio foi imprescindível no aprofundamento teórico de aspectos ligados às ciências físico-químicas⁸, como a abordagem energética das interações entre os meios biótico e abiótico.

Odum definiu a energia como a habilidade de realizar trabalho, fundamentando os fluxos enérgicos com base nas leis da termodinâmica, especificamente na Lei de Conservação de Energia e na Lei da Entropia, algo que não fora tratado com profundidade pelos ecólogos anteriores. Lindeman (1942) concebia a energia mais como moeda de troca e não como um conceito fundamental da ecologia, o mesmo pode ser afirmado de Juday. Apesar de Lotka explicitamente aplicar princípios da teoria termodinâmica em sistemas ecológicos, seu foco estava na explicação de evolução em sistemas biológicos (GOLLEY, 1993). Assim, quanto a energia em um sistema para Odum e Barret (2007):

A Primeira Lei da Termodinâmica, ou a Lei de Conservação de Energia, afirma que a energia pode ser transformada de uma forma a outra, mas não é nem criada ou destruída. Luz, por exemplo, é uma forma de energia, ela pode ser transformada em trabalho, calor ou energia potencial no alimento, dependendo da situação, mas em nenhuma delas é destruída. A Segunda lei da Termodinâmica, ou a Lei da Entropia, pode ser afirmada em diversas formas, incluindo a seguinte: Nenhum processo envolvendo uma transformação de energia irá ocorrer espontaneamente a não ser que haja uma degradação de energia de uma forma concentrada a outra forma dispersa. Por exemplo, o calor em um objeto quente tenderá espontaneamente a se tornar disperso em um ambiente mais frio (ODUM; BARRET, 2007, p. 78).

Dessa forma, Odum e Barret (2007) afirmam que organismos e ecossistemas passaram a possuir a mesma característica termodinâmica essencial: eles criam e mantêm um alto estado de ordem interna, ou condição de baixa entropia, continuamente e eficientemente dissipando energia nos processos metabólicos, sendo compreendidos como sistemas abertos e autorregulados que continuamente trocam energia e matéria com o meio físico para diminuir a entropia interna, mas aumentando a entropia externa, conforme as leis da termodinâmica. A transferência de energia ao longo das cadeias alimentares em um ecossistema foi definida como "fluxo de energia" porque, de acordo com a Lei da Entropia, as transformações energéticas

⁸ Golley (1993) especula que a ênfase nos ciclos biogeoquímicos ao longo do desenvolvimento do conceito de ecossistema na obra de Odum se deve ao fato do interesse de "Tom" Odum em biogeoquímica, estimulado por Hutchinson.

possuem apenas uma direção, ou seja, são unidirecionais, em contraste com o comportamento cíclico da matéria.

A abordagem de fluxo de energia como uma forma de comparar os diversos processos biológicos foi tida como uma nova fundação teórica para o funcionamento dos ecossistemas na obra de Odum, auxiliando nos cálculos e compreensão da estrutura do sistema. Assim, a Primeira Lei da Termodinâmica passou a assegurar aos ecólogos que toda entrada de energia, teria uma igual saída, incluindo aquela que foi armazenada em outros processos, gerando uma planilha de balanço que poderia ser utilizada para checar a precisão das medidas de entrada, saída e armazenamentos. E de acordo com a Segunda Lei da Termodinâmica, em cada transferência de energia na cadeia de alimentos, haveria uma perda dissipada em calor, dessa forma, as eficiências energéticas deveriam se comportar sempre abaixo de 100% (GOLLEY, 1993).

Odum e Barret (2007) também aplicaram as compreensões sobre energia em diversos conceitos, como quantificações de biomassa, pirâmides de números e taxas de produtividade do ecossistema. Golley (1993) define como produto, a matéria orgânica que deixa um sistema e que possa vir a ser fonte para outro sistema, ou como energia térmica que não pode mais realizar trabalho em um sistema ecológico. A produtividade pode ser compreendida como a taxa de formação de produto especificada por área ou volume, sendo subdividida entre produtividade primária, quando a base da cadeia alimentar é um produtor autotrófico, e produtividade secundária quando provém de organismos heterotróficos.

De forma sucinta, a produtividade primária (PP) de um sistema ecológico é a taxa na qual a energia radiante é convertida pela atividade da fotossíntese/quimiossíntese por organismos produtores, ou dito de outra forma, é a quantia de biomassa produzida por unidade de área. O total de energia fixada pelos produtores é definida como produtividade primária bruta (PPB), e deste total subtraindo os processos de manutenção do próprio ser vivo, como a respiração (R), a taxa de energia disponível para os consumidores é definida como produtividade primária líquida (PPL), assim, $PPB = PPL + R$ (BEGON et al., 2006; RICKLEFS, 2009; ODUM; BARRET, 2007).

Altas taxas de produção, tanto em ecossistemas naturais quanto antropogênicos indicam fatores físicos favoráveis, como o vento e a chuva, assim como a presença de fertilizantes por exemplo, indicando a clara dependência entre aspectos bióticos e abióticos. O cálculo de produtos e produtividades, além de auxiliarem na compreensão de um sistema, também foi

usado largamente em ecossistemas antropogênicos para fins econômicos, sendo a seleção e o melhoramento genético de sementes, uma alternativa para aumentar as taxas de produtividade de uma colheita, por exemplo. Ao nível de componentes materiais (como insumos), outro exemplo a ser citado foi a descoberta do processo catalítico para síntese de amônia a partir de hidrogênio e nitrogênio, o processo Haber, construído por Fritz Haber, químico alemão (ODUM; BARRET, 2007).

As discussões acerca do funcionamento do ecossistema pelos irmãos Odum também versaram sobre o curso estável de um ecossistema, sua estabilidade, ou seja, o equilíbrio entre o fluxo de energia e a produção, conforme apontado por Golley (1993). Quanto a esse aspecto, Golley (1993) afirma que os trabalhos de Ramon Margalef e Robert MacArthur defendiam que na medida em que uma comunidade amadurece, o fluxo de energia decresce e a complexidade aumenta, o que acarreta que as cadeias alimentares se desenvolvem em caminhos múltiplos criando fluxos alternativos. Odum e Golley afirmaram que o aumento no número de espécies vegetais em campos abandonados sob sucessão estava correlacionado com a estabilidade das taxas de produção, assim, “a estabilidade de um ecossistema dependeu diretamente da diversidade de espécies daquele sistema. As espécies representam diferentes nichos alimentares e transferências de energia” (GOLLEY, 1993, p. 100).

Outro aspecto da obra de Odum é a preocupação com as questões ambientais, o que também passa a ser visto em outras expressões públicas naquela época, como a obra de Rachel Carson, *Primavera Silenciosa*, em 1962. As preocupações locais e globais com a deterioração do ambiente engendraram demandas por uma resposta, levando a uma variedade de mecanismos institucionais para o estudo e controle do meio ambiente, sendo a ecologia uma das ciências chamadas a providenciar uma base científica para tal finalidade. Nesse sentido, a obra *Fundamentals of Ecology* contribuiu para a formação de ecólogos ecossistêmicos distintos daqueles cujos focos estavam em vegetais ou animais, ou seja, cuja formação tinha por base preparar mentalmente e tecnicamente para o auxílio ambiental para as décadas seguintes (GOLLEY, 1993).

A partir da leitura de Golley (1993), compreendemos que o conceito de ecossistema se estabeleceu como um paradigma científico na ecologia, descrevendo o ecossistema como uma máquina ecológica construída de níveis tróficos e articulada por fluxos de energia, cujo curso estável se dá pelo equilíbrio dinâmico entre entradas e saídas de energia e matéria. Caso haja um acúmulo de algum dos dois, como em processos sucessionais, o sistema se expande pelo acúmulo de biomassa e diversidade de espécies até que o balanço seja atingido novamente. Este

paradigma foi mais claramente abordado por Eugene Odum em *Fundamentals of Ecology* e explorado por uma gama de outros ecólogos formados na mesma linha, sendo chamado de paradigma da ecologia geral, em distinção da ecologia vegetal e animal (GOLLEY, 1993).

Eugene Odum também defendeu os conceitos ecossistêmicos de ataques reducionistas, afirmando que o ecossistema é mais do que a soma de suas partes, sendo um todo-maior com características emergentes que não poderiam ser descritas apenas pelo conhecimento de seus componentes, com influências da linha de pensamento conhecida como holismo, conforme apontado por Golley (1993). Para Curilaf e Denegri (2016) a corrente reducionista compreendia que alguns conceitos, leis e teorias desenvolvidos para os altos níveis de organização poderiam ser reduzidos para os menores níveis, sendo o interesse no estudo das partes em detrimento do todo. Em consequência disso, a biologia poderia ser reduzida aos campos da física e da química.

Essa visão também se encaixava no cenário pós-guerra da Segunda Guerra Mundial, nos Estados Unidos, estando de acordo com a perspectiva mecânica e econômica de natureza do período, na metade da década de 1960. Pela ausência de métodos para mapear e contabilizar todas as trocas entre espécies e o meio físico, a saída foi agrupá-los em níveis tróficos, simplificando o processo de organização e abrindo portas para outros campos, como a análise de sistemas, nos estudos ecossistêmicos (GOLLEY, 1993).

Ao longo dos anos seguintes, críticas a essa abordagem se tornaram mais proeminentes, principalmente no que diz respeito ao alcance dos métodos e a própria conceituação e sentido do termo ecossistema, que já no passado era palco de debate pela divergência de compreensão de sua natureza, sendo ora conceito, ora termo ou teoria (GOLLEY, 1993):

A análise do ecossistema de uma perspectiva conceitual indica que o conceito tem uma variedade de sentidos. Como uma ideia filosófica, estimula a pesquisa e a aplicação em estudos ambientais e sua gestão. Como um conceito que identifica um objeto físico (no sentido de Tansley), é um tópico de bastante estudo científico. Como um paradigma científico, estrutura organizações científicas e pesquisas. Com um uso tão amplo, não é de se estranhar que o conceito de ecossistema tenha sido desafiado por tantos ecólogos (GOLLEY, 1993, p.200).

Golley (1993) especula que o sucesso do uso do termo “ecossistema” a partir dos trabalhos de Tansley (1935) se deu pelo fato de que, dentre todas as expressões que descreviam uma agregação ordenada entre vegetais, animais e a natureza, “ecossistema” era formada pelo prefixo “eco-“, já veiculado por Haeckel (1866) ao propor o conceito de ecologia e que posteriormente se tornou comum a associação com a temática ambiental, e a ênfase em sistema, cuja discussão estava em destaque naquele período, sendo um conceito conciso e moderno para

a época (década de 1930), transmitindo a ideia de máquina ecológica. Outra possível razão de sucesso, foi o clima fértil de desenvolvimento de pesquisas no campo:

Todo o período pré-Segunda Guerra Mundial no qual a ecologia se tornou autoconsciente e organizada foi um período formativo para o desenvolvimento do conceito de ecossistema. Os precursores do conceito são encontrados em toda a ecologia. Suplementarmente, estudos ecossistêmicos estavam sendo realizados desde a última década do século XIX. À eles simplesmente não eram dados o nome ou compreendidos como um conceito de ecossistema. O termo de Tansley, então, não sinaliza um novo campo de pesquisa ou uma nova forma de conhecimento ecológico. Ao invés disso, ele reuniu todo conhecimento, expressando-o de outra forma (GOLLEY, 1993, p. 168).

No entanto, em alguns países a ecologia de ecossistemas não gozou da mesma abertura e incentivo ao crescimento. Como nos apresentam Golley (1993) e Kato (2014), o conceito de ecossistema recebeu influências políticas, sociais e culturais, assim, os estudos ecossistêmicos encontraram sintonia com uma abordagem mais holística dos sistemas naturais entre os ecólogos alemães, sobretudo após a Primeira Guerra Mundial, contribuindo com as abordagens de sistemas em limnologia e fluxos de energia. Porém, a natureza política nacionalista e a ligação com a proposta *nazi*⁹ com que os ecólogos alemães concebiam os conceitos ecossistêmicos, foi o motivo de hostilidade e refutação do termo e seus estudos após a Segunda Guerra Mundial pela comunidade científica, contribuindo para o fechamento de trabalhos e descontinuidade das pesquisas no país.

Kato (2014) aponta que a produção acadêmica relacionada ao conceito de ecossistema no contexto de sua origem e desenvolvimento foi distinta em vários países, como Alemanha, França, Japão, Rússia, Estados Unidos da América e Inglaterra, tendo em vista o contexto político e social em que estavam imersos. A criação da *British Ecological Society* na Inglaterra e o interesse do *International Biological Program* (IBP) nos estudos ecossistêmicos foram fundamentais para o estabelecimento e amadurecimento do campo, financiando pesquisas acadêmicas, inclusive aquelas com vistas às questões ambientais, que começavam a se tornar uma preocupação na época.

De forma geral, Golley (1993) afirma que o meio de desenvolvimento dos conceitos ecossistêmicos apresentados pelos irmãos Odum era radicalmente distinto daquele pré-Segunda

⁹ Segundo Kato (2014), os conceitos ecossistêmicos para os alemães influenciaram na concepção de uma sociedade enquanto um organismo vivo, em que estes constituiriam uma sociedade de sangue, cuja saúde de seus componentes influenciaria a sociedade como um todo. Golley (1993) fala sobre o slogan político *Blut und Boden* (Sangue e Solo), dito por Walther Darré, Ministro da Alimentação e Agricultura em 1933 na ditadura de Adolf Hitler, o slogan reforçava a relação entre o homem e o campo, e se tornou o pilar de justificação para a proposta *nazi*.

Guerra Mundial, que foi responsável por dizimar sujeitos, estruturas e instituições, mas também influenciou uma reação que poderia ser caracterizada por um entusiasmo pela reconstrução, crescimento e força produtiva para mudanças. Dessa forma, nos Estados Unidos as faculdades e universidades se expandiram, assim como a fundação de diversas pesquisas ecológicas, diferentemente dos países europeus, cuja preocupação estava na reconstrução da nação (GOLLEY, 1993).

A história do ecossistema é em grande parte um conto americano. Apesar de sua gênese e nascimento ter sido parcialmente na Europa – onde a ecologia tornou-se autoconsciente quando Ernest Haeckel cunhou o termo ecologia em 1866 e muitos esforços “ecossistêmicos” foram subsequentemente iniciados – as condições para o crescimento existiram apenas nos Estados Unidos. O fator mais importante foi a Segunda Guerra Mundial, que interrompeu o trabalho ecológico no mundo todo (GOLLEY, 1993, p.2).

Em vista do processo fragmentado de desenvolvimento da ecologia de ecossistemas nos diferentes países e das influências políticas e sociais a que esteve submetida, os desafios conceituais colocados aos ecólogos ecossistêmicos podem ser brevemente divididos em três perspectivas que colocam os sentidos do conceito de ecossistema em disputa, conforme aponta Golley (1993): a ideia Organísmica, a Determinística e a Cibernética. Na perspectiva Organísmica o conceito de ecossistema tem sido criticado por ser compreendido como uma continuação do modelo superorganísmico de Clements (1916) por alguns ecólogos, quando este afirma que as comunidades vegetais poderiam ser compreendidas como um organismo com ciclo de vida similar (nasce, se desenvolve, matura e morre).

Ironicamente, Tansley (1935) ao propor o conceito de ecossistema argumentou contra a perspectiva do superorganismo apresentando uma alternativa, com críticas aos trabalhos de John Phillips que na época havia retomado a obra filosófica de Jan Smuts e Clements (1916) para fundamentar o conceito de organismo complexo. Assim, para Golley (1993) o conceito superorganísmico seria uma metáfora enganosa, pois organismos e vegetações não possuem pontos em comum, mesmo tendo em vista seu processo de desenvolvimento, aspecto reforçado na obra de Tansley (1935).

Kato (2014) argumenta que apesar de Tansley ser considerado um holista, por reforçar que o todo seria mais do que a soma de suas partes conforme apresenta em seu trabalho teórico, a obra de Tansley foi um esforço em criar uma articulação entre os ecólogos reducionistas e holistas, acreditando, assim como Alfred North Whitehead, que houvesse uma ponte que solucionasse as contradições de cada grupo.

A segunda perspectiva para o conceito de ecossistema é a Determinística, cujos debates se intensificaram na década de 1970, sobre a natureza do funcionamento de um sistema. Para alguns ecólogos, como Bernard Patten e Eugene Odum, os ecossistemas seriam direcionados e autorregulados por propriedades do seu próprio meio, diferentemente da concepção de outros, como Borman e Likens que concebem o ecossistema como indeterminístico, ou seja, apresentando um comportamento estocástico ao longo do tempo e espaço, como puderam observar a partir de estudos da bacia hidrográfica de Hubbard Brook durante vários anos. Para Golley (1993, p. 202), “é mais provável que ecossistemas evidenciem comportamentos probabilísticos ao longo do tempo e espaço, apesar disso ser menos verdade onde restrições físicas ou químicas firmemente moldam as possíveis respostas biológicas” como em desertos, revelando-se determinísticas. Bezzon e Diniz (2020) argumentam que tal concepção reduz o ecossistema apenas à soma de suas propriedades e fatores internos, tornando-se previsível e controlável.

Por último, a perspectiva Cibernética para o conceito de ecossistema também se iniciou na década de 1970, em que alguns ecólogos associavam o funcionamento de um ecossistema aos sistemas cibernéticos, como o próprio Odum, como no seguinte trecho:

Além dos fluxos de energia e ciclos de matéria, ecossistemas são ricos em redes de informação, incluindo fluxos de comunicação físicos e químicos que conectam todas as partes e dirigem ou regulam o sistema como um todo. Portanto, ecossistemas podem ser considerados cibernéticos (de kybernetes = piloto ou governador) em natureza, mas, cibernética acima do nível de organização de organismo é muito diferente daqueles a nível de organismos ou dispositivos de controle mecânico (ODUM; BARRET, 2007, p. 67).

Joseph Engelberg e L. L. Boyarsky defendiam que ecossistemas não poderiam ser considerados como sistemas cibernéticos, pois esses últimos são caracterizados por redes de informação que ligam todas as partes de um sistema, aspecto ausente no conceito ecológico cuja troca é fundamentalmente energia e matéria. A natureza da ligação cibernética seria por ciclos retroalimentados canalizando a informação por meio de redes, resultando em um sistema estável (GOLLEY, 1993).

Golley (1993) levanta dois aspectos importantes a respeito do debate sobre ecossistemas serem cibernéticos ou não. O primeiro diz respeito ao foco das pesquisas em componentes ou organismos individuais no sentido que os biólogos costumam fazer, o que resultaria em uma perspectiva de sistema totalmente diferente daquela em que a ênfase se dá nos fluxos de energia, matéria e informação. Há de se considerar organismos sociais por exemplo, como formigas,

que formam outro padrão de organização. Isso significa que a organização real de um ecossistema é mais complexa do que daquilo que um modelo de redes pode sugerir.

O outro aspecto diz respeito ao real significado de “informação” em ecologia, não sendo um assunto muito claro. Golley (1993) então sugere a questão “Como o controle é mediado em ecossistemas?” sendo mais adequada ao debate, e cita como exemplo a pesquisa de Melvin Dyer e Jim Detling, que propuseram uma explicação de ciclo retroalimentado pelo sistema grama-herbívoros, em que búfalos e gafanhotos não só impactavam negativamente as plantas, pela ingestão de suas folhas, mas também positivamente influenciavam em seu crescimento pelo fornecimento de esterco e o próprio processo de alimentação. Assim, Dyer e Detling afirmavam que compostos químicos na saliva dos animais estimulavam o crescimento vegetal, sendo este um exemplo de sistema de retroalimentação.

As diferentes perspectivas abordadas, Organísmica, Determinística e Cibernética não deixaram de contribuir para a consolidação e aprofundamento teórico da ecologia de ecossistemas. Para Kato (2014, p. 66), “todas as perspectivas coexistem nos significados e usos ao conceito, os debates históricos marcaram o ideário associado ao termo e avançaram em novas discussões”, sendo possível observar influências políticas, culturais e filosóficas ao longo do processo de construção da ecologia de ecossistemas.

É possível notar os diferentes significados no campo da ecologia e em cada momento histórico para o conceito de ecossistema. A perspectiva organísmica, determinística e cibernética não são autoexcludentes e trouxeram discussões fundamentais e que influenciaram programas de pesquisa e até mesmo processos de gestão relativos aos problemas ambientais (KATO, 2014, p. 73).

O pesquisador supracitado traz uma análise do conceito de ecossistema ao longo do tempo, indicando que teve vários significados desde sua origem, em que procurou “revelar correntes de pensamento que se entrelaçam nos discursos de diferentes autores e obras, e em diferentes momentos da história do conceito” (KATO, 2014, p. 56), cujas perspectivas não são excludentes. Além disso, Kato (2014) em sua tese de doutoramento analisou três obras reconhecidas no campo da ecologia: Odum (1988), Begon et al. (2007) e a obra de Ricklefs publicada em 2010, quanto ao sentido de ecossistema discutindo seu uso pelos autores.

Nesta pesquisa, estamos em concordância com Kato (2014) quanto à acepção do termo ecossistema enquanto um conceito fundamental ao campo da ecologia, e não como teoria ou simples noção técnica. É a partir dessa compreensão que encaramos e procuramos compreender a ecologia de ecossistemas nos livros didáticos.

Concordamos com Golley (1993) quando esse afirma que ecossistemas apresentam características estocásticas mais frequentemente, o que, no entanto, se altera em um padrão determinístico em biomas mais restritivos, como regiões desérticas pela própria disponibilidade de recursos e possíveis interações/respostas dos organismos e o meio físico. Também assumimos a posição que considera as redes interativas retroalimentadas como redes informativas, em que energia e matéria canalizam informações sobre controle e (auto)regulação ao longo de um sistema no sentido de alcançar a estabilidade, não se definindo como um superorganismo ou organismo complexo, mas se apresentando como uma teia complexa de componentes com propriedades emergentes num todo, no sentido holista defendido por Tansley (1935).

Quanto aos conceitos ecossistêmicos abordados nesta tese, em síntese, um ecossistema se caracteriza por uma organização complexa em teias alimentares, com fluxos energéticos e ciclos de matéria próprios, que surgem das interações entre aspectos bióticos e abióticos. Este dinamismo trófico é governado por uma rede de informação retroalimentada de energia e matéria, que funciona sob as leis fundamentais da termodinâmica, podendo ser representada por modelos matemáticos e quantificada em termos de taxas de produtividade. Assim, ecossistemas podem ser compreendidos como sistemas autorregulados em busca de estabilidade por meio de processos sucessionais, nos quais aqueles mais estáveis apresentam uma biodiversidade maior e dessa forma, uma rede interativa mais complexa (BEGON et al., 2006; ODUM; BARRET, 2007; RICKLEFS, 2009).

Com base em tais considerações, reafirmamos que o foco de nossas análises nos livros didáticos se faz sobre a enunciação das noções de ecologia de ecossistemas pelos autores dos livros didáticos, sobre as compreensões e produções de sentido a respeito dos conceitos de fluxo de energia e ciclo de matéria. A compreensão que temos sobre o processo de enunciação se dá pelo batimento entre o arcabouço conceitual de determinado tema, ou seja, suas filiações teóricas; e o contexto de produção do mesmo, isto é, sua estrutura histórica-social, em que o político se manifesta na língua a partir das produções de efeitos de sentidos entre os interlocutores, materializando-se em dizeres, práticas e instrumentos. Dito de outro modo, sua forma-material.

Nesse sentido, também não podemos deixar de abordar sobre o desenvolvimento dos movimentos ambientalistas, especificamente, em território nacional, cujo surgimento influenciou o cenário de discussões sobre as funções da ecologia no campo político e firmou ainda mais seu lugar em sociedade, agregando-lhe papéis na forma de dizeres, muitas vezes de

ordem normativa e prescritiva, tendo na compreensão de natureza como sistema (máquina), sua base, conforme é apontado por Coutinho (1992):

Na ecologia de ecossistemas, as unidades da natureza voltam a ter importância e concretude. Também se reconhecem nelas propriedades distintas e uma história de vida. Mas, aqui, a natureza não é um organismo, e sim um sistema. Por isso a natureza pode ser tão semelhante as máquinas ou às sociedades: “tudo é sistema”! Cada sistema é um todo integrado e, portanto, discreto, singular e portador de propriedades emergentes. Também é passível de apreensão por um observador externo, além de manejável. Estas são as condições necessárias para que se estabeleça um intenso diálogo com representantes do campo político, constituindo um complexo sistema de circulação de ideias e conceitos (COUTINHO, 1992, p. 44).

1.2 Movimentos ambientalistas e o contexto brasileiro

Antes de prosseguirmos, nos cabe fazer uma diferenciação de termos que são motivo de controvérsia e dissenso ainda hoje, dada a polissemia dos termos ecologista/ecologismo e ambientalista/ambientalismo, que entendemos não serem sinônimos. As raízes do movimento ambientalista moderno (McCORMICK, 1992) estão fundamentalmente ligadas às questões biológicas e ecológicas. Assim, alguns autores, principalmente ao longo das décadas de 1970 até anos 1990, intitulavam-no como movimento ecologista, sem distinções. Nesta tese, reconhecemos a importância desse histórico e consideramos importante a leitura de autores específicos, como McCormick (1992) e Carvalho (2001), que fazem essa discussão. Assumiremos a nomenclatura em que ecologista/ecologismo:

[...]É aplicado ao movimento ecológico propriamente dito, sendo associado a questionamentos e propostas de mudanças radicais quanto ao modelo de desenvolvimento e ao estilo de vida. Por outro lado, ambientalismo e ambientalistas denominam um conjunto mais amplo de movimentos e atores que, na esfera de difusão do ecologismo, aderem a um ideário de preservação e gestão sustentável do meio ambiente, incluindo, portanto uma variação ideológica que inclui ideários e propostas de mudanças menos radicais quanto ao modelo de desenvolvimento (CARVALHO, 2001, p.29).

Outros termos presentes ao longo desta pesquisa e merecem um detalhamento. (Meio) Ambiente/ ambiental/ socioambiental são palavras que se encontram em um terreno de disputa de sentidos, os quais reconhecemos que exibem um histórico de significações que se encontra atravessado por posições ideológicas diversas. No entanto, uma problematização dos distintos significados que podem assumir, foge do escopo dessa pesquisa e poderia ser realizado em estudos futuros.

Dessa forma, ao adotarmos “temática ambiental”, nos referimos a toda gama de acontecimentos e discussões que se voltam às interações humanas no meio ambiente em vista das esferas sociais, políticas e econômicas. Por “temática ecológica” nos referimos aos estudos, arcabouço teórico e debates conceituais na ecologia como campo de conhecimento científico, assim como o ensino de ecologia. Por “ecologização/ ecologizante” nos referimos ao processo de atribuição de aspectos da temática ecológica a algum fenômeno. Também compreendemos que há uma interface de discussões entre essas temáticas, tocando-se em vários aspectos.

Tendo conceituado o que compreendemos por movimento ambientalista, nosso objetivo não é trazer uma abordagem detalhada desse fenômeno ao redor do mundo, assim, trazemos as contribuições de Sirkis (1992), escritor e jornalista, a respeito do surgimento de tais movimentos em território nacional.

De forma geral, para Sirkis (1992) as preocupações em torno das questões ambientais se intensificaram até bem depois da Revolução Industrial, em que os primeiros grupos protecionistas tiveram sua origem na segunda metade do século XIX, na Grã-Bretanha na década de 1860. No que diz respeito ao cenário brasileiro, a origem dos movimentos ambientalistas é considerada pelo jornalista, como aquele entre os períodos da ditadura, na transição dos governos Médici e Geisel, em que a AGAPAN (Associação Gaúcha de Proteção do Ambiente Natural) foi sendo articulada em 1970 e teve sua fundação em 1971, com protestos contra a poluição do rio Guaíba sob a liderança de José Lutzenberger, ex-funcionário de uma multinacional de agrotóxicos.

Ferreira (2008) aponta que a origem do movimento ambientalista no Brasil ainda é controversa, trazendo outros pesquisadores que afirmam ser ora em 1958, com a criação da Fundação Brasileira para Conservação da Natureza (FBCN), ora em 1930 com a fundação da Sociedade dos Amigos das Árvores, um movimento protecionista. Nesta pesquisa, concordamos com a Sirkis (1992) quando este afirma sobre o despertar de movimentos ambientais se dar a partir da união entre ativistas, ecologistas e a imprensa.

Dessa forma, para o jornalista, a primeira onda do ambientalismo no Brasil só teve um pequeno atraso em relação ao desenvolvimento de outros movimentos análogos na década de 1970, incorporando rapidamente um discurso de caráter ambientalista e que em meados dos anos 70, passou a integrar os cenários políticos e culturais da sociedade, com a explosão da questão ecológica. Um marco inicial do movimento eco-político foi o caso Carlos Dayrel em 1975, com o protesto de três estudantes contra o corte de uma acácia para construção de uma

avenida, envolvendo a mídia, a força policial e a população. Carlos Dayrel, membro da AGAPAN e um dos protestantes, serviu de exemplo para uma nova geração de militância ecológica, cujo foco não era mais apenas o conservacionismo, mas uma crítica, embasada cientificamente, ao modelo produtivista-industrialista da sociedade (SIRKIS, 1992).

O caso Dayrel antecipava o modo de ação de outros grupos ativistas, ou seja, capturar a atenção da mídia e através dela, levar as ideias ao público, em que os ecologistas e a imprensa se converteram em artilharia do movimento. Assim, no início dos anos 1980, houve uma pulverização dos movimentos ambientalistas no Brasil, com mais de 900 entidades espalhadas pelo país, formadas por associação de moradores, sindicatos, entidades artísticas e ONGs de desenvolvimento. No cenário pós-ditadura, os movimentos tenderam a uma politização, não sustentando mais o discurso apolítico sobre devastação ambiental de que “o homem está destruindo o planeta”, afirmando que a culpa não cabia a humanidade como um todo, mas aos modelos de desenvolvimento, aos interesses econômicos e opções políticas, em que a poluição e devastação possuem endereço, são pessoas jurídicas, e que a possibilidade de recuo ou continuidade da agressão ao meio ambiente surge como resultado do confronto em terreno político (SIRKIS, 1992).

A questão política também foi colocada em jogo para os ativistas e ecologistas no início da década de 1980 pela volta dos exilados da ditadura, trazendo contribuições para um emergente movimento verde no Brasil. Sirkis (1992) aponta que os ecologistas se dividiam entre duas táticas: O lobby, sem o partidarismo político ou constituição de partido verde, baseando-se na influência a quem quer que esteja no poder; e a organização popular, de mobilização e participação na política institucional, como os integrantes da AGAPAN. O movimento verde fazia referência ao primeiro partido verde europeu, *Die Grünen* (os Verdes), da República Federal da Alemanha, que foi criado em 1978 e tornou-se referência de organização política para os ecologistas, pelo menos em território nacional (SIRKIS, 1992).

Assim, na primeira metade da década de 1980, os partidos de oposição ao regime militar (PMDB, PDT, PT, dentre outros) abriram espaços às questões ecológicas, no entanto sem considerá-las prioritárias, sendo por vezes um ambiente hostil aos ecologistas. Havia a noção difusa de que ecologia era uma preocupação de “país rico”, e que a nação tinha outros problemas prioritários como a fome, o desemprego etc. (SIRKIS, 1992).

Diante das dificuldades de debate e entrosamento político, em 1986 houve a criação do Partido Verde, constituído por ex-exilados, intelectuais, ativistas e artistas, como Lucélia

Santos. Nos anos seguintes da década de 1990, observou-se um crescimento do movimento ambientalista na arena política e no cenário brasileiro¹⁰, sendo marcado por outros acontecimentos, como o assassinato do líder seringueiro Chico Mendes em dezembro de 1988, o que ocasionou um aprofundamento da dimensão ecológica às questões sociais, pela resistência dos povos da floresta (índios, seringueiros, castanheiros) em defesa do ecossistema, formado não mais por uma reflexão ambientalista intelectual e predominantemente urbana, mas pela necessidade de sobrevivência (SIRKIS, 1992).

O assassinato de Chico Mendes trouxe desdobramentos para a temática ecológica e ambiental, que se tornou cada vez mais presente nos meios de comunicação, e sobretudo nos meios empresariais, no qual os dizeres circulantes passaram a engendrar termos como “desenvolvimento sustentado”, sendo um novo jargão utilizado tanto por empresários quanto ambientalistas. Para Sirkis (1992), essa apropriação do termo significava tanto o sincero avanço das concepções ecológicas quanto a exploração publicitária e a busca da melhoria de imagem institucional por parte das empresas poluidoras, sendo privadas ou estatais. Assim, a temática ambiental passou a ser vista como um bom negócio, ao ponto de ser utilizada no processo de eleição presidencial em 1989, pelo então governo Collor, que assimilou conceitos de um “discurso ambientalista” como componente de modernidade para sua liderança.

Com a temática ambiental em plena expansão, o jornalista destaca que a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, a ECO-92 ou Rio-92, reforçou a presença da ecologia nos meios de comunicação, ocasionando uma supersaturação do tema, muitas vezes de forma superficial. Grupos empresariais predatórios aproveitaram-se do momento da Rio-92 para lançar campanhas antiecológicas com fins econômicos, pela exploração de temas xenófobos e esvaziamento da própria discussão ambiental, sobre um pretenso risco de “internacionalização” da floresta amazônica, recebendo auxílio da mídia e de políticos, desmantelando os avanços dos movimentos ambientalistas nos últimos anos (SIRKIS, 1992). Para o autor:

Essa situação consagra, definitivamente, a politização da questão ecológica, que deixa de ser uma falsa unanimidade para se tornar o terreno cada vez mais privilegiado de mais um grande confronto na sociedade brasileira entre a mentalidade capitalista selvagem, truculenta e oligárquica e uma perspectiva ecológica que não se preocupa apenas com a preservação ambiental, mas

¹⁰ Conforme aponta Ferreira (2008), foi criado um capítulo na Constituição de 1988 dividindo a responsabilidade de preservação e conservação do meio ambiente entre governo e sociedade, expressa no trecho do Artigo 225: “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (BRASIL, 1988).

também com a democratização da sociedade e a justiça social (SIRKIS, 1992, p. 223).

Como resultado da Rio-92 também houve a criação da Agenda 21, que sintetizava as preocupações dos países constituintes e detalhava um programa de ações no sentido de compatibilizar o desenvolvimento econômico com a sustentabilidade ambiental e a justiça social, reconhecendo a sustentabilidade como um novo paradigma, envolvendo o universo empresarial e a criação de políticas governamentais para gestão da economia, o que parecia conciliar os dilemas do desenvolvimento e o agravo ambiental em território nacional. Quanto a esse aspecto:

No início do movimento ambientalista se acreditava que a ecologia e economia eram coisas antagônicas que não podiam se misturar e que a mudança da política em direção a uma sociedade ecológica só se daria através de uma transformação total de valores e atitudes da sociedade. No entanto, essa era uma visão ingênua e simplista, mas com as evoluções conceituais percebeu-se que para se conseguir a efetividade da preservação era necessário considerar o todo, inclusive a economia e o sistema capitalista (FERREIRA, 2008, p.61).

Dessa forma, observamos uma mudança no funcionamento da relação temática ambiental e sociedade, em que essa passa a ser reconfigurada pelo político e o econômico, sobretudo, devido a crescente disseminação de sentidos, discursos e intervenções. Podemos afirmar que, a circulação da temática ecológica e ambiental na forma de dizeres, tanto nos cenários políticos quanto econômicos, “produz representações sobre a sociedade, materializadas ou não em normatizações formalizadas – modelos de sociedade ou de transformação social” (COUTINHO, 1992, p.44), com reproduções culturais e institucionais em prol de uma “ecologização” da sociedade, em que a ecologia vem sendo colocada como panaceia para as crises.

Carvalho (1989) já observava fenômeno semelhante na década de 1970, em que o esgotamento dos recursos naturais foi associado às ciências biológicas, sobretudo, à ecologia, numa espécie de “biologização” (similar ao sentido de “ecologização”) dos problemas sociais. Pêcheux e Fichant (1971) sublinham que o objeto de estudo da biologia se inscreve na natureza das coisas, e especificamente, na relação entre seres vivos e o ambiente, reconhecendo que as concepções de mundo¹¹ intervêm de tal maneira na produção científica de seu conhecimento, que o campo biológico exibe uma vulnerabilidade a prática social exercida sobre ele. Assim, compreendemos que o surgimento e desenvolvimento dos movimentos ambientalistas em

¹¹Também compreendida pelo termo ideologias práticas, ou seja, noções, representações, atitudes e comportamentos que funcionam “como normas práticas que governam a atitude e a tomada de posição concreta dos homens em relação aos objetos reais e aos problemas reais da sua existência social e individual, e da sua história” (PÊCHEUX; FICHANT, 1971, p.14).

território nacional contribuiu para a alocação da temática ambiental e ecológica no imaginário social, capaz de constituir normas de funcionamento em toda sua estrutura.

Em resumo, nossa intenção ao longo deste capítulo foi trazer um pouco do contexto de produção dos conceitos de ecologia de ecossistemas, marcado historicamente por controvérsias e disputas, sendo influenciado pelo político, econômico e o social. Também abordamos o contexto de surgimento dos movimentos ambientalistas, cujas influências ultrapassam o círculo ambiental, com modificações na arena política e na cultura, se articulando por meio de dizeres que impregnam toda a estrutura da sociedade, e ao que nos diz respeito, a escola e o ensino de ciências. Assim, ao nos focarmos sobre os enunciados dos autores das coleções didáticas sobre conteúdos que consideramos ser da ecologia de ecossistemas, os compreendemos enquanto materialidades que fazem circular representações e modos de ser da sociedade, produzindo efeitos de sentido sobre a relação homem e natureza, seus papéis, alcances e limitações.

Reconhecemos que o percurso poderia ter sido outro. Em nossa perspectiva, adotamos uma abordagem que privilegia a história, tendo na língua a base material de sua inscrição. Dessa forma, abordamos agora os contextos de produção acadêmico e o nosso objeto de estudo da pesquisa: o livro didático, cujo processo de criação é permeado pelo político e o histórico, estando sujeito não apenas às normatizações do Estado, mas às premissas das editoras. No capítulo seguinte, apresentamos um levantamento bibliográfico de artigos sobre ecologia e livro didático, assim como algumas considerações sobre as políticas envolvidas em sua produção e o seu funcionamento, estabelecendo parâmetros que influenciam em como a ecologia de ecossistema se estabelece no ensino de ciências.

CAPÍTULO 2: Ecologia de Ecossistemas: cenário no ensino de ciências e livro didático

2.1 Análise de produções em território nacional e internacional

Para compreender o cenário de pesquisas no que diz respeito ao livro didático e ao ensino de biologia, realizamos um levantamento bibliográfico em alguns dos principais periódicos na área de Ensino de Ciências no final do segundo semestre de 2020, compreendendo o período desde o início desse século até o momento atual (2001-2020), sendo o critério inicial de escolha dos periódicos, aqueles que estiveram entre o conceito Qualis¹² A1 e A2 no último quadriênio (2013-2016). Uma exceção foi feita ao escolher a revista da Associação Brasileira de Ensino de Biologia (SBEnBIO), por ser a única brasileira voltada ao ensino de biologia.

Dessa forma, selecionamos sete periódicos nacionais: Ciência e Educação (CE), Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (EPEC), Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia (ALE), Investigações em Ensino de Ciências (IENCI), Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC), Educação em Revista (ER) e Revista de Ensino de Biologia (REnBIO); e duas internacionais: Enseñanza de las Ciencias (EC) e International Journal of Science Education (IJSE). O critério de seleção dos trabalhos foi por meio da leitura dos termos: “livro didático” e “ensino de biologia”, que poderiam estar nos títulos, resumos, palavras-chave e corpo do texto. Os artigos foram selecionados sem utilização do mecanismo de busca dos periódicos, sendo acessado todos os números online e verificados um a um, além disso, os dois termos necessariamente deveriam estar presentes.

Assim, obtivemos um total de 95 trabalhos que dizem respeito tanto ao livro didático quanto ao ensino de biologia, em um total de 7424 artigos de 2001 a 2020 nos periódicos investigados¹³. Dentre as pesquisas selecionadas, 12 são referentes ao campo de estudos da ecologia sobre diferentes conteúdos, os quais abordamos a seguir em vista da relação com nossa temática. Quanto à distribuição dos trabalhos referidos, conforme pode ser visto na tabela 1 abaixo, a revista RBPEC tem 1 registro em 2001; a revista EPEC tem 1 registro em 2010; a

¹² O Qualis é “[...] o conjunto de procedimentos utilizados pela Capes para estratificação da qualidade da produção intelectual dos programas de pós-graduação [...] afere a qualidade dos artigos e de outros tipos de produção, a partir da análise da qualidade dos veículos de divulgação, ou seja, periódicos científicos” (BRASIL, 2009b, p.1) em que esses são enquadrados nos estratos de qualidade: A1, o mais elevado; A2, B1, B2, B3, B4, B5; C, com peso zero.

¹³ Os números totais seguem o modelo (T) / (S), em que (T) representa a quantia total de trabalhos, e (S) os trabalhos selecionados por periódico, assim: CE com 802/ 14; EPEC com 471/ 9; ALE com 374/ 5; IENCI com 528/ 6; RBPEC com 519/ 7; ER com 794/ 2; REnBIO com 1381/ 45; EC com 544/ 1; IJSE com 2011/ 6.

revista CE tem 1 registro em 2015, a revista ER tem 1 registro em 2020 e a revista REnBIO tem 6 registros em 2014, e 2 registros em 2016.

Tabela 1: Distribuição de pesquisas na temática de ecologia e livros didáticos no período de 2001 a 2020 em 5 periódicos nacionais.

Ano	Periódicos					Total
	RBPEC	EPEC	REnBIO	CE	ER	
2001	1	0	0	0	0	1
2010	0	1	0	0	0	1
2014	0	0	6	0	0	6
2015	0	0	0	1	0	1
2016	0	0	2	0	0	2
2020	0	0	0	0	1	1
Total	1	1	8	1	1	12

Fonte: Dados compilados pelo autor a partir de consulta aos periódicos indexados.

Após a leitura dos artigos foi possível identificar dois grupos a partir do olhar para o tipo de trabalho desenvolvido na temática em estudo. A partir dessa triagem, alguns periódicos foram excluídos por não contemplarem os critérios estabelecidos, ou seja, não encontramos pesquisas em vista dos termos adotados, assim, a revisão será apresentada a partir dessa divisão e leitura.

A primeira categoria deste levantamento foi denominada “Abordagens e Estruturas” e conta com nove trabalhos que dizem respeito a pressupostos filosóficos, abordagens ou estruturação geral da ecologia ou de algum conteúdo específico dentre a sua gama de temas, nos livros didáticos. O trabalho mais antigo encontrado foi o de Leal (2001), que realiza um exercício de transposição didática do conteúdo de cadeia alimentar por meio do uso de metáforas, analogias e modelos para analisar como esse processo se dá nos programas escolares e nos livros didáticos, a partir da análise de um texto acadêmico, de um documento oficial e de um trecho extraído do livro didático. A pesquisadora aponta que nos materiais analisados, o conteúdo científico foi preservado, não sendo distorcido; no entanto, perdeu aspectos da autoria, sua historicidade.

Na pesquisa de Coutinho e Soares (2010), a partir de fundamentos da aprendizagem sobre o uso de recursos verbais, imagéticos e a cognição, os autores analisaram quatro coleções de livros didáticos na temática de ciclo do nitrogênio, evidenciando um planejamento inadequado dos conteúdos no ponto de vista de sobrecarregar os recursos cognitivos do aluno, dificultando sua aprendizagem. Já Gadêlha et al. (2014) pesquisaram nos livros didáticos o uso

de recursos visuais nos capítulos que julgaram ser referentes à ecologia, quanto aos parâmetros de escala e relação com o texto. Os autores afirmam que, de forma geral, os aspectos imagéticos foram representados com clareza, boa coloração, nitidez e legendas.

Gomes e Silva (2014) procuraram compreender abordagens do conteúdo de ecologia, obtendo como resultado a presença de equívocos e a predominância de uma visão antropocêntrica e utilitarista do meio ambiente. Em outra pesquisa, Santos, Selles e Vilela (2014) analisaram de que forma os paradigmas ecológicos entre a ecologia de populações e de ecossistemas estavam sendo abordados nos livros didáticos do Ensino Médio, evidenciando que o material em estudo apresentava diversos conflitos na seleção e organização desses conteúdos. No trabalho de Rocha Filho e Queiroz (2014), os autores analisaram de que forma propostas didáticas de atividades experimentais estavam sendo apresentadas na temática ecológica do livro didático, em que não identificaram nenhuma.

Cunha, Amaro e Carmo (2014) procuraram compreender o tratamento dos conceitos de flutuações populacionais cíclicas de Charles Elton a partir do viés histórico, observando a evolução desse pensamento incluindo as imagens utilizadas. Os pesquisadores apontam que o conceito não é problematizado nos livros didáticos, e que também ignoram o uso que a história das ciências poderia ter nesse processo. Mattos, Hartmann-Kretchmer e Gomes (2016) analisaram a distribuição geral sobre os conhecimentos de ecologia em currículos alemães e brasileiros com base em livros didáticos utilizados em uma escola bilíngue alemã no Brasil. Como resultado, apontam que a ecologia apresenta uma organização superficial em ambos os países, sendo valorizados de formas distintas. Por exemplo, no contexto brasileiro há a presença maior de esquemas e gráficos, enquanto no livro da Alemanha, há a presença predominante de fotos e imagens realistas, segundo as autoras.

Na pesquisa de Bezzon e Diniz (2020), os autores procuraram identificar e analisar como o conceito de ecossistema foi abordado em livros didáticos de biologia do Programa Nacional do Livro Didático de 2015 a partir da Análise de Conteúdo de Bardin, tendo como objeto de análise três obras. Os pesquisadores realizaram a leitura e classificação de excertos dos livros com base em quatro categorias referentes às perspectivas de ecossistema, conforme adaptado de Golley (1993): cibernética *stricto sensu*; cibernética finalista; cibernética holista; e lugar. É apontado pelos autores que de forma geral, os conteúdos e temas de ecologia se restringem apenas ao seu capítulo, “o que acaba por contribuir para uma maior segmentação e empobrecimento do conhecimento biológico [...] há apenas a citação da palavra ecossistema, mas não há um desenvolvimento do conceito ou como ele se contextualiza” (BEZZON; DINIZ,

2020, p. 8). Outro aspecto notado pelos pesquisadores é a ausência de historicização sobre a construção do conceito de ecossistema, não havendo trechos que tragam uma contextualização sobre as influências de seu processo de elaboração.

Prosseguindo com o levantamento, a segunda categoria intitulada “Biodiversidade e Meio Ambiente” reúne três trabalhos que buscaram tratar sobre a temática ambiental e de biodiversidade nos livros didáticos. Dessa forma, Reis e Silva (2014) analisaram quatro coleções de livros didáticos de biologia baseados na Análise de Conteúdo de Bardin, e como resultado, apontaram que cada coleção tem um enfoque diferenciado sobre o tema, o que consideram positivo em vista do caráter heterogêneo das obras em refletir aspectos distintos sobre biodiversidade. De forma geral, os autores concluem que os livros didáticos estavam consonantes com a importância da conservação e manutenção dos ecossistemas e o desenvolvimento sustentável da população humana.

Bianchi e Rocha (2016) avaliaram de que forma os livros didáticos utilizados por professores da rede pública colaboravam com a discussão da dimensão ambiental na escola. A partir da análise, apontam que os conteúdos são abordados ao longo de outros assuntos de ecologia, tais como poluição, inversão térmica, efeito estufa, eutrofização, desmatamento etc., concluindo que cumprem seu papel na formação de uma consciência ecológica, apesar de notarem que três das obras selecionadas ainda possuem aspectos que devem ser melhorados. O terceiro trabalho desta categoria é o de Bermudez, Longhi e Gravidia (2015) em que estudam a presença e complexidade no tratamento das causas de biodiversidade e razões para sua conservação em cinquenta manuais escolares para a educação secundária na Espanha a partir de uma análise do currículo espanhol. Para os pesquisadores, na transposição didática deste conteúdo são omitidas as razões que justificam sua origem, sua historicidade, e como efeito, o ensino adquire conotações utilitaristas sobre os motivos de sua conservação, deixando as dimensões éticas, filosóficas e culturais de lado.

É interessante notar que tanto o trabalho de Leal (2001) quanto o de Cunha, Amaro e Carmo (2014) buscaram olhar para conceitos que foram estudados pelo mesmo ecólogo, Charles Elton, em que os autores identificaram a ausência de aspectos históricos no tratamento dos temas, neste caso, sobre cadeia alimentar e flutuações populacionais. Também observamos que a pesquisa de Bermudez, Longhi e Gravidia (2015) e Bezzon e Diniz (2020) apontam uma ausência de tratamento historiográfico nos conteúdos abordados em ecologia, acarretando um apagamento do político, filosófico, social e cultural. Consideramos que esse cenário também

colabora com esse panorama escasso e ainda em desenvolvimento, também da ecologia de ecossistemas, e de que forma se encontram abordados nos livros didáticos.

Assim, por meio deste levantamento, notamos uma diversidade de temas: Biodiversidade (REIS; SILVA, 2014; BERMUDEZ; LONGHI; GRAVIDIA, 2015); Meio Ambiente (BIANCHI; ROCHA, 2016); Cadeia alimentar (LEAL, 2001); Ciclo do Nitrogênio (COUTINHO; SOARES, 2010); Fluxos Populacionais (CUNHA; AMARO; CARMO, 2014); e Ecologia de Populações e Ecossistemas (SANTOS, SELLES; VILELA, 2014; BEZZON; DINIZ, 2020) estudados sob diferentes vieses, assim como aqueles que se debruçaram sobre o conteúdo geral da ecologia, sem um conteúdo específico (GOMES; SILVA, 2014; FILHO; QUEIROZ, 2014; GADÊLHA et al., 2014; MATTOS; HARTMANN-KRETCHMER; GOMES, 2016). Os quadros 1 e 2 a seguir trazem sistematizados os artigos analisados:

Quadro 1: Artigos selecionados sobre o tema ecologia e livro didático na área de ensino.

Ano	Periódico	Artigo
2001	RBPEC	LEAL, M. C. Estudo piloto de transposição didática da cadeia alimentar. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências , Belo Horizonte, v. 1, n. 2, p. 1-11, 2001
2010	EPE	COUTINHO, F. A.; SOARES, A. G. Restrições cognitivas no livro didático de biologia: um estudo a partir do tema "ciclo do nitrogênio". Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências , Belo Horizonte, v. 12, n.2, p. 137-150, 2010
2014	REN BIO	CUNHA, E. G. M.; AMARO, L. B. R.; CARMO, C. C. Abordagem histórica do conceito de flutuações populacionais cíclicas - problemática abordada por Elton. Revista SBEnBio , São Paulo, n. 7, p. 3934, 2014
2014	REN BIO	GADÊLHA, L. R.; OLIVEIRA, C. A.; NEPOMUCENO, J.; QUEIROZ, M. S. Avaliação dos recursos visuais em quatro livros didáticos sobre o tema de ecologia. Revista SBEnBio , São Paulo, n. 7, p. 6153, 2014
2014	REN BIO	GOMES, M. F.; SILVA, L. A. Análise do conteúdo ecologia no livro didático considerando os estatutos do conhecimento biológico. Revista SBEnBio , São Paulo, n. 7, p. 2067, 2014
2014	REN BIO	REIS, M. A.; SILVA, S. N. Análise de conteúdo sobre biodiversidade em livros didáticos de biologia do ensino médio. Revista SBEnBio , São Paulo, n. 7, p. 1818, 2014
2014	REN BIO	ROCHA FILHO, P. P. A. R.; QUEIROZ, M. S. Propostas de atividades experimentais em livros didáticos de biologia, adotadas por escolas estaduais do município de barreiras - Bahia - Brasil: a ecologia em questão. Revista SBEnBio , São Paulo, n. 7, p. 6122, 2014
2014	REN BIO	SANTOS, R. M. S.; SELLES, S. L. E.; VILELA, M. L. Conhecimento científico e escolar no ensino de ecologia: a dualidade entre paradigmas ecológicos em um livro didático. Revista SBEnBio , São Paulo, n. 7, p. 933, 2014

Fonte: Dados compilados pelo autor.

Quadro 2 : Artigos selecionados sobre o tema ecologia e livro didático na área de ensino – continuação da seleção.

Ano	Periódico	Artigo
2015	CE	BERMUDEZ, G. M. A.; LONGHI, A. L.; GRAVIDIA, V. La enseñanza monumentalista y utilitarista de las causas de la biodiversidad y de las estrategias para su conservación: un estudio sobre la transposición didáctica de los manuales de la Educación Secundaria española. Ciência & Educação , Bauru, v. 21, n. 3, 2015
2016	RENBIO	BIANCHI, V.; ROCHA, V. R. Sobre impactos ambientais em livros didáticos de biologia do ensino médio. Revista SBEnBio , Maringá, n. 9, p. 1804, 2016.
2016	RENBIO	MATTOS, L. M. A.; HARTMANN-KRETCHMER, A.; GOMES, M. M. Currículos de biologia: compreendendo a ecologia em livros didáticos alemães e brasileiros. Revista SBEnBio , Maringá, n. 9, p. 3485, 2016.
2020	ER	BEZZON, R. Z.; DINIZ, R. E. S. O conceito de ecossistema em livros didáticos de biologia do ensino médio: abordagem e possíveis implicações. Educação em Revista , Belo Horizonte, v.36, 2020

Fonte: Dados compilados pelo autor.

Também foi marcante o apontamento sobre a precariedade de aspectos históricos em algumas pesquisas segundo os autores dos artigos desta revisão, mostrando-se de forma geral, promissora a perspectiva que considera os processos de construção do conhecimento e a história. Nesse sentido, consideramos que o trabalho com a historicidade e os estudos com a linguagem mostram-se enquanto potencialidades para o campo de estudos da ecologia (de ecossistemas) no ensino de ciências.

2.2 Sobre um discurso ecológico

O discurso sobre ecologia e a temática ambiental também foi estudado por inúmeros pesquisadores em variadas vertentes, sendo pormenorizado e, por vezes, assumindo um caráter tipológico. Não é nossa intenção realizar uma pesquisa sistemática sobre a conceituação do que se tem chamado “discurso ecológico”; porém, trazemos uma caracterização do que se tem compreendido em algumas dissertações a respeito de um discurso dito ecológico, o que não deixa de retratar o contexto de produção sobre tais dizeres. O contato com as pesquisas a seguir se deu de forma arbitrária, em que em algumas delas citavam-se, ou foram encontradas pelo termo “discurso ecológico” de forma livre em pesquisa na *web*. Não foi um levantamento exaustivo.

Carvalho (1989) ao estudar o acontecimento ecológico propõe a nomenclatura “discurso ecológico oficial” e “discurso ecológico alternativo”, compreendo-os enquanto funcionamentos e práticas dessa temática em sociedade. Assim, o discurso ecológico oficial “qualifica, e imprime juízos. Produz uma fala onde clama pela preservação do meio ambiente, comprometido de antemão com as regras do capitalismo industrial” (CARVALHO, 1989, p. 57), sendo enunciado a partir dos organismos governamentais nacionais ou internacionais, apresentando dizeres como consenso mundial sobre o assunto. Ainda em sua concepção, seria um discurso que estabelece efeitos de verdade e de caráter regulador, e por mais generalizante que seja, marca um entendimento limitado sobre as questões ambientais, tentando conciliar preservação, qualidade de vida e crescimento industrial.

O discurso ecológico alternativo é compreendido como aquele ligado principalmente aos movimentos ambientalistas, empreendendo uma crítica radical aos modelos de produção industrial e contrapondo-se a ele. Além disso, idealiza um projeto de sociedade baseado em modos não-predatórios de produção, tendo a ética das relações humanas como objetivo. A pesquisadora afirma que “[...] o campo constituinte dos discursos ecológicos abriga, dessa forma, uma disputa de territórios de afirmação, onde cada interpretação concorre para veicular um desejo e uma vontade de poder antagônicos” (CARVALHO, 1989, p. 81).

Já na pesquisa de Motta (2003), ao trabalhar os efeitos de sentido no dizer institucionalizado e não-institucionalizado sobre a pesca do rio Paraguai, na cidade de Cáceres (MG), a pesquisadora emprega o termo discurso ecológico/ambiental ao “[...] pensar o movimento ecológico em suas várias significações sócio históricas discursivas, nesse espaço caracterizado como político” (MOTTA, 2003, p.19), em que são apagados os efeitos de sentido de sua discursividade quanto a conscientização e preservação. O peso do discurso ecológico/ambiental se dá pela sua ligação ao jurídico e o apoio no conhecimento científico, no qual a sua legitimação enquanto lei está atada à ciência, segundo a autora.

O tema também foi estudado por Medeiros (2009), que em sua pesquisa trabalha os efeitos das relações de poder observadas na política de preservação de árvores na arborização urbana de Recife (PE), investigando a incidência do discurso jurídico e jornalístico na produção do discurso ecológico a partir de textos da mídia em periódicos da cidade. O pesquisador faz um percurso abordando a inscrição da temática ambiental no discurso ecológico, afirmando que este é investido de um poder enquanto prática social, construída historicamente, sendo produto da articulação da normatividade do campo jurídico com o espaço não jurídico. Assim,

[...]A consecução do discurso ecológico está intrinsecamente relacionada à conjunção de dizeres compartilhados no âmbito socioambiental e político, sendo concernentes à questão ambiental. Também, é perfeitamente plausível asseverar que os significados da ecologia originam-se em face da expressão de sujeitos, que a partir de determinadas posições e inseridos num contexto histórico, passam a legitimar a produção de seus discursos e, dessa forma, contribuem sobremaneira para fomentar os saberes ambientais (MEDEIROS, 2009, p.38).

Silva (2016) analisa a constituição e a materialização do discurso ecológico em reportagens da mídia impressa brasileira, em revistas como *Veja* e *Carta Capital*, refletindo sobre a mobilização e materialização do mesmo discurso em formas distintas. Assim, aponta que de forma geral, é um discurso de preservação da natureza e que busca conscientizar a população sobre a necessidade de proteger o planeta. O pesquisador reconhece que as marcas históricas e sociais do discurso ecológico denunciam atualizações e transformações, assumindo duas configurações em tempos distintos. Em um primeiro momento, o discurso teria uma natureza mais preservacionista e utópica, e “[...] num segundo, com uma visão mais realista e talvez capitalista da situação, pois lança o olhar para questões de ordem econômica a questão do desenvolvimento – e para o cuidado com a “preservação” do próprio homem” (SILVA, 2016, p. 71).

De forma geral, percebemos que nessas dissertações nas diferentes concepções de discurso ecológico, a temática ambiental, o modelo de produção capitalista e a esfera política estão presentes, de forma que existe uma tensão entre aspectos mais preservacionistas e aqueles ligados ao desenvolvimento e crescimento econômico.

2.3 Livro didático e o Programa Nacional do Livro Didático

Dentre a gama de recursos disponíveis ao ensino nas instituições escolares, o livro didático (LD) se consagrou historicamente como um dos mais utilizados, constituindo-se como uma importante ferramenta pedagógica que orienta e auxilia o trabalho docente, tendo o compromisso de abordar conteúdos curriculares e propor textos, atividades e outras recomendações que possam ser utilizadas em sala de aula. Outros fatores determinantes de seu uso, são a obrigatoriedade de sua oferta, sendo um direito do estudante da educação básica como assegurado na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), inciso VIII do Artigo 4 da Lei nº 9.394 de 20 de Dezembro de 1996 (BRASIL, 1996), e o alto valor investido anualmente em sua produção e distribuição (DEL POZZO, 2010; ROSA, 2019; BRUGLIATO, 2020). Para Basso e Terrazan (2015):

Entre as várias razões que justificam a forte presença do livro didático no processo ensino/aprendizagem, destacam-se: a) a implementação do PNLD, que garante o atendimento a todas as regiões e localidades do território brasileiro; b) ampla jornada de trabalho do professor, que possibilita que os LD se transformem em manuais pedagógicos, o que se coaduna plenamente com a intenção dos autores de LD e editoras, pois o professor não tem mais tempo para preparar e planejar suas aulas; c) praticidade dos LD, uma vez que esses materiais oferecem textos de leitura, atividades e exercícios aos alunos; d) valorização do livro como objeto de aquisição e valor cultural devido à propaganda mercadológica (BASSO; TERRAZAN, 2015, p. 3).

Para Lorenz e Barra (1986), historicamente o processo de aquisição dos materiais didáticos passou por uma série de transformações até a constituição de um mecanismo político nacional para sua construção e regulação. Apesar do uso de livros didáticos em território brasileiro já desde antes da década de 1940, o uso de livros estrangeiros foi algo comum no início dos anos de 1950 até início de 1970 por mediação do Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura (IBECC), que objetivava uma melhoria da formação científica dos alunos. Em 1952 surgiram os *kits* de química que fizeram grande sucesso nas Escolas Normais do país, recebendo o apoio financeiro de entidades nacionais e internacionais, como a Fundação Rockefeller. Já no início da década de 1960, movidos pela corrida espacial, alguns países como Estados Unidos e Inglaterra passaram por renovações curriculares nos planos de ensino para a Ciência, com o surgimento de projetos específicos, tais como o *Biological Science Curriculum Study* (BSCS). Tais mudanças acarretaram influências, mesmo que indiretas, sobre o rumo que o IBECC tomaria nos anos seguintes.

Ainda, conforme Lorenz e Barra (1986), com o decreto da Lei de Diretrizes e Bases da Educação em 1961, o IBECC promoveu a tradução e adaptação dos projetos curriculares americanos, firmando um convênio com a Universidade de Brasília para a publicação de textos traduzidos e adaptados pelo instituto. O convênio teve auxílio da *United States Agency for International Development* (USAID), propiciando a tradução dos materiais americanos até o final da década, como as versões verde e azul da BSCS, dentre outros projetos da área de Ciências Naturais. Devido aos resultados aquém do esperado com o uso dos materiais didáticos, por conta de várias críticas ao seu uso e estrutura, a partir de 1970 até o início da década de 1980, materiais curriculares passaram a ser desenvolvidos em cenário brasileiro pelo IBECC e a Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências (FUNBEC), iniciada em 1967, sendo os arautos de transformações das políticas educacionais para a produção de livros didáticos (LD) no Brasil, envolvendo distintos órgãos.

O processo de criação do LD está veiculado a uma política de Estado, o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), que é produto de uma série de investimentos na criação e distribuição de recursos didáticos para o ensino público¹⁴. O programa assumiu esse nome e formato após o Decreto nº 9.154 de agosto de 1985 e, dentre seus objetivos, realiza a avaliação, distribuição e aquisição do LD como recurso do Governo Federal.

Em 1993, a Fundação Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), uma autarquia federal criada em 1968, ficou responsável pela captação de recursos e canalização dos financiamentos para projetos educacionais, acarretando uma ampliação do PNLD para todas as disciplinas do ensino fundamental, com a formação de um primeiro grupo de avaliação dos LD mais utilizados em 1991 (DEL POZZO, 2010; BRUGLIATO, 2020).

O primeiro documento de avaliação do LD é publicado em 1994, intitulado “Definição de Critérios para Avaliação dos Livros Didáticos – 1ª a 4ª séries” focando-se em aspectos mais específicos de cada área do conhecimento, como concepção de ciência, saúde etc. Em 1996, o Ministério da Educação (MEC) publica oficialmente o primeiro Guia de Livros Didáticos (GLD), a partir das contribuições de comissões de professores divididas por áreas de conhecimento, com o objetivo de orientar a escolha dos livros que seriam recebidos nas instituições a partir de critérios avaliativos que foram se modificando ao longo dos anos, e que em linhas gerais, se focam em aspectos teórico-metodológicos, erros conceituais e questões socioculturais, cidadania e integridade física dos alunos, trazendo uma breve resenha das obras aprovadas (CASSIANO, 2007; DEL POZZO, 2010). O GLD é publicado trienalmente, sendo cada publicação correspondente a uma diferente etapa da educação básica. Quanto ao componente curricular de Biologia, esse já teve três edições: PNLD-2012, PNLD-2015, e PNLD-2018 (BRASIL, 2018; ROSA, 2019).

A partir do PNLD 2002, a avaliação do LD passa a ser feita pelos professores universitários e apenas em 2010, os professores da rede pública de ensino passam a participar do processo avaliativo. Posterior a 2004, a aquisição dos materiais se estende a outras etapas e modalidades da educação básica por meio do PNLD para o Ensino Médio (PNLEM), PNLD para a Alfabetização de Jovens e Adultos (PNLA), que posteriormente se transformou em PNLD EJA, e do PNLD para as escolas do campo (PNLD Campo), conforme Resolução nº 038 de 15 de Outubro de 2003, Resolução nº 18 de 24 de Abril de 2007, e Resolução nº 40 de 26 de

¹⁴ Ver Cassiano (2007) e Del Pozzo (2010) para um histórico pormenorizado sobre o estabelecimento das políticas em torno do PNLD e seu funcionamento. Indicamos também o material presente no sítio eletrônico: <<http://www.fnde.gov.br/component/k2/item/518-hist%C3%B3rico>>. Acesso em 19 de Julho de 2020.

Julho de 2011 respectivamente; sendo iniciativas que encontram respaldo na garantia de atendimento ao estudante para toda educação básica (BRITTO, 2011).

Assim, em relação a função do PNLD, conforme o Art. 1º do Decreto nº 9.099 de Julho de 2017:

O Programa Nacional do Livro e do Material Didático- PNLD, executado no âmbito do Ministério da Educação, será destinado a avaliar e a disponibilizar obras didáticas, pedagógicas e literárias, entre outros materiais de apoio à prática educativa, de forma sistemática, regular e gratuita, às escolas públicas de educação básica das redes federal, estaduais, municipais e distrital e às instituições comunitárias, confessionais ou filantrópicas sem fins lucrativos e conveniadas com o Poder Público (BRASIL, 2017).

O funcionamento do PNLD pode ser compreendido em quatro grandes momentos: a) Avaliação e recomendação do LD; b) escolha de livros por professores de escolas de educação básica; c) envio dos LD e recebimento desses nas escolas; d) utilização dos livros por professores e alunos. No que diz respeito ao PNLD 2018, o processo de avaliação teve início com o Edital de Convocação 04/2015 – CGPLI, em que a etapa de avaliação foi realizada por universidades públicas sob a coordenação da Secretaria de Educação Básica (SEB/MEC) de acordo com princípios e critérios comuns e específicos publicados no edital, tendo por base as premissas do Artigo 35 da LDB (DEL POZZO, 2010; BRASIL, 2018). Quanto as orientações sobre os componentes curriculares de Biologia, estes devem estar orientados:

[...] Para a compreensão da vida, como manifestação de sistemas organizados e integrados, em constante interação com o ambiente físico-químico. **O estudo dessas interações envolve a compreensão da complexidade de condições ambientais**, da organização interna e do modo de vida próprios das diferentes espécies e dos sistemas biológicos, bem como dos mecanismos que os perpetuam e modificam ao longo do tempo evolutivo. Neste contexto de valorização da compreensão da vida, a **especificidade das relações estabelecidas pelos seres humanos com a natureza** deve ser desenvolvida e valorizada (BRASIL, 2015, p. 52-53, grifos nosso).

No trecho acima, excerto presente no texto do Edital de Convocação 04/2015, é possível observar alguns trechos que orientam discussões sobre a temática ambiental e os conteúdos ecossistêmicos, sendo interessante observar a relação que a política educacional vai construindo ao sinalizar a necessidade de se trabalhar as relações entre homem e natureza nos conteúdos, e que no GLD 2018, é orientada a sua não dissociação dos aspectos sociais, políticos, econômicos e culturais, ou seja, seus contextos de produção (BRASIL, 2015).

Dentre os critérios eliminatórios da área de Ciências da Natureza, nos chama atenção a importância dado ao caráter histórico, em que cada obra deve desenvolver “[...] os conteúdos e as atividades, de forma contextualizada, considerando tanto a dimensão social e histórica da

produção de conhecimento quanto à dimensão vivencial dos estudantes no que se refere à preparação para a vida e para o exercício profissional” (BRASIL, 2015, p. 55), propondo que os conteúdos possam vir acompanhados de historicidade. Sobre os critérios eliminatórios para o componente curricular de Biologia, três itens fazem referência específica ao tema de nosso interesse:

[...] Organiza os conhecimentos constituintes do componente curricular Biologia em torno de temas estruturadores como a origem e a evolução da vida; a identidade da vida e a biodiversidade no planeta Terra; as bases da hereditariedade da vida; **as interações adaptativas entre os seres vivos e destes com o ambiente; a energia e a matéria nos sistemas biológicos**; a qualidade de vida na perspectiva das populações humanas; a ética nos estudos e pesquisas no campo das Ciências Biológicas;

Valoriza a relação da produção dos conhecimentos biológicos com outros campos científicos, para o entendimento de temas relativos à origem e à evolução da vida e do universo, **ao fluxo da energia nos sistemas biológicos e às dinâmicas dos ambientes naturais**;

Orienta a construção de uma compreensão dos conhecimentos das Ciências Biológicas e suas teorias a partir de modelos explicativos elaborados em **contextos sócio-históricos específicos** (BRASIL, 2015, p. 55, grifos nosso).

Assim, observamos que o Edital de Convocação 04/2015 estabelece critérios para a produção das obras didáticas, reforçando o atendimento ao caráter sócio-histórico dos conteúdos curriculares de Biologia, bem como o tratamento de aspectos ecossistêmicos. É interessante notar que o documento defende em suas orientações que, o conhecimento das dinâmicas dos organismos, dos ecossistemas e da vida em todas as suas associações com aspectos sociais e culturais possibilita “compreender as questões controversas em torno das implicações humanas nos ambientes” (BRASIL, 2015, p. 53).

O documento supracitado considera a sustentabilidade socioambiental como meta universal, conforme disposto no GLD de 2018 e ancorado no Inciso V do Artigo 13 das Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM) na Resolução CNE/CEB nº 2 de 30 de janeiro de 2012. O DCNEM (BRASIL, 2012) foi atualizado pela Resolução CNE/CEB nº 3 de 21 de novembro de 2018, em que foi suprimida a descrição sobre o inciso citado, mas continua presente no documento no inciso VI do Artigo 5º (BRASIL, 2018c).

O GLD de 2018¹⁵ apresenta dez coleções aprovadas, apontando que o papel que as obras reservam a História da Ciência, de forma geral, vêm avançando ao longo dos anos, procurando

¹⁵ O Guia do Livro Didático de 2018 pode ser encontrado no seguinte endereço eletrônico: <<https://www.fnde.gov.br/index.php/programas/programas-do-livro/pnld/guia-do-livro-didatico/item/11148-guia-pnld-2018>>. Acesso em 11 de Dezembro de 2020.

retratar uma Biologia historicamente contextualizada. Também é apontado no guia que os LD apresentam preocupação com as questões socioambientais e os conceitos de sustentabilidade e biodiversidade, em que o foco na maioria das vezes se faz sobre o viés biológico ao invés do sociocultural (BRASIL, 2018).

Conforme vimos nos critérios eliminatórios das Ciências da Natureza e nos critérios do componente curricular Biologia, a afirmação acima pode ser observada na relação que se estabelece entre a abordagem dos conteúdos ecossistêmicos e sua relação com a temática ambiental, na medida em que “[...] o estudo dessas interações envolve a compreensão da complexidade de condições ambientais” (BRASIL, 2015, p. 52-53).

Nesse sentido, compreendemos por meio de alguns trechos da política pública do PNLD 2018, uma aproximação do campo de conhecimento da ecologia de ecossistemas à temática ambiental, sobretudo, quanto à relação homem-natureza e ao conceito de sustentabilidade. É um apontamento importante no sentido de se compreender que no processo de produção das obras didáticas, há a circulação de um dizer do Estado que concatena o conhecimento ecossistêmico ao ambiental, como podemos ter indícios nos critérios eliminatórios e outros documentos pressupostos na articulação do processo de confecção das coleções. Assim, é veiculado politicamente, um ensino de ecologia tendo em vista a temática ambiental, em que o estudo das interações, sistemas biológicos, e fluxos enérgicos se encontram entrelaçados à ela.

Rosa (2019) ao tratar sobre o papel do LD, além de considerá-lo como um produto de alta rentabilidade para as editoras, o assume enquanto uma mercadoria cultural, assim “o livro didático ainda é fortemente relacionado a um produto da indústria cultural, como uma mercadoria revestida de valores e intencionalidades, com importante papel do Estado brasileiro em sua circulação em nosso contexto educacional” (ROSA, 2019, p. 55). Dessa forma, tanto o LD quanto a escola, possuiriam papéis determinantes na disseminação das ideias de posições hegemônicas nos conteúdos das coleções didáticas.

O LD também pode ser compreendido como um tipo de discurso próprio, conforme defende Brugliato (2020), na medida em que possui uma estrutura já consolidada e sofre influências dos autores e da sociedade no contexto de sua produção atendendo as demandas do processo de editoração e estando sujeito aos parâmetros governamentais que regulamentam sua confecção, portanto, “trata-se de um material produzido ideologicamente” (BRUGLIATO, 2020, p. 42).

Entretanto o LD não é apenas um produto discursivo de uma política pública, o PNLD, mas agrega os discursos de seus autores e, sobretudo, do processo editorial. Quanto a esse aspecto, vários pesquisadores¹⁶ abordam sobre a indústria do material didático e a influência das editoras neste mercado, que ao longo dos anos, tem se tornado uma oligarquia. Britto (2011) aponta que os livros didáticos já ocupavam 54% da indústria nacional de livros, e de 17 editoras no cenário do PNLD, há concentração em apenas seis grupos: Abril (editoras Ática, Scipione, Fundação Victor Civita), Santillana (editoras Moderna e Objetiva), IBEP (editora Nacional), FTD (editora Quinteto) e Ediouro (editoras Nova Fronteira e Geração Editorial).

Conforme apontado por Brugliato (2020), em 2017 o MEC teve um valor gasto de R\$ 1.295.910.769,73 com o PNLD e PNLEM, oferecendo distribuições anuais. A pesquisadora problematiza o processo de fiscalização e acompanhamento das etapas referentes a entrega e uso deste material didático, uma vez que o valor pago às editoras ultrapassa 1 bilhão de reais por ano, sendo um programa de alto custo, nesse sentido, questiona se “[...] essa política, atualmente, é feita pensando nos estudantes e no ambiente escolar ou existem outros que se beneficiam dela?” (BRUGLIATO, 2020, p. 39).

Para Rosa (2019), com o propósito de manter a hegemonia no mercado de livros, as editoras se mobilizam de forma a atender as expectativas tanto dos professores, para que optem por suas obras, assim como pelos critérios do PNLD em busca do que seria a construção ideal do livro didático, reforçando assim, a finalidade deste como um produto de lucro. Dessa forma, observa-se neste cenário um cabo-de-guerra, em que de um lado o Estado através de grupos, orienta o que deve conter nas coleções distribuídas, e do outro, a influência das editoras na produção dos materiais, sofrendo intervenções de vários agentes, como autoria, diagramação, editoração etc., em que a adequação ao contexto escolar pode se dar em direção oposta ao sucesso de venda dos livros didáticos.

Compreendemos uma concordância de Rosa (2019) e Brugliato (2020) no sentido de conceber o LD em sua dimensão de mercadológica, “[...] então temos uma situação em que o livro didático deixa de ser um objeto voltado para o ensino e assume um lugar de mercadoria” (BRUGLIATO, 2020, p. 39), em que, embora a política do PNLD seja coordenada e gerida pela FNDE, conta com a participação significativa de organizações privadas, tais como o Sindicato Nacional dos Editores de Livros (SNEL) e a Associação Brasileira de Editores de Livros (ABRELIVROS). E assim, o LD passa a ser vislumbrado enquanto grande possibilidade de

¹⁶ Ver Carvalho (2007), Del Pozzo (2010), Britto (2011), Rosa (2019), Brugliato (2020) quanto a esse aspecto.

lucro pelas editoras (BRUGLIATO, 2020; ROSA, 2019). Vê-se aqui novamente, a hegemonia de determinados grupos no processo de criação de um instrumento cuja função será a circulação de ideias e representações sobre a própria ciência e sua relação com a sociedade.

Também se faz necessário levar em conta a concentração das obras no mercado didático, pois refere-se ao preço pago pelo governo e ao funcionamento do modelo de escolha das obras, que favorece desde antes da chamada de um novo PNLD, um grupo de editoras. Apesar do preço inferior repassado pelo FNDE em relação ao preço nas livrarias, gera-se uma oligarquia editorial: Tanto pela ausência de exigências de licitações e dos altos custos de distribuição dos livros, concentrando-se em São Paulo sua produção; como pela adoção de novas estratégias de marketing das editoras com seus livros, promovendo feiras, brindes, patrocinando eventos e se utilizando de publicidade televisiva para ampliar seu âmbito de atuação, apesar de políticas de coibição pelo Estado sobre o funcionamento do PNLD, conforme o Artigo 4º do Decreto nº 9.099 de Julho de 2017 (BRITTO, 2011; BRASIL, 2017; BRUGLIATO, 2020).

Nos resta dizer que apesar da atual conjuntura do PNLD, no que diz respeito ao que foi exposto sobre a dimensão mercadológica e a grande presença editorial, concordamos com Brugliato (2020) quando esta afirma que “[...] em determinadas regiões, o livro pode ser a principal fonte de conhecimento e ser amplamente utilizado, portanto, altamente válida essa política” (BRUGLIATO, 2020, p. 40). Dessa forma, reconhecemos a importância desse recurso público enquanto uma das garantias da educação básica aos estudantes de todo território brasileiro, não devendo ser rechaçado do cenário educacional.

Assim, ao considerarmos a natureza do LD nesta pesquisa, o compreendemos em suas condições de produção, sendo um produto da indústria cultural que está sujeito a interesses econômicos e políticos. E que conforme Rosa (2019) aponta:

Ao mesmo tempo em que é um objeto disseminador de conhecimentos científicos, o LD também atua como instrumento de dominação política e cultural da população por parte do Estado[...] pois é através dos documentos oficiais para a Educação Básica que os governos sugerem o que se deve ou não estar contido nas coleções didáticas (ROSA, 2019, p. 56).

Dessa forma, ao trazer orientações para o processo de produção das coleções didáticas, aborda as discussões de aspectos ecossistêmicos pela veiculação de dizeres expressos nos critérios eliminatórios, em que a ecologia de ecossistemas vai adquirindo determinada conjuntura, neste caso, entrelaçada à temática ambiental, como pressuposto em outras políticas, tais como os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) (BRASIL, 1997; BRASIL, 2018c).

Essas características são importantes pois o processo de enunciação dos autores dos LD se faz em meio às influências das editoras e às políticas de Estado, estando assujeitados a elas. Assim, as compreensões que temos diante desse processo, conforme apresentado ao longo deste capítulo, fazem igualmente parte do nosso dispositivo analítico, nos auxiliando na forma pela qual faremos nosso gesto de leitura, de interpretação, dos recortes analisados.

Em vista dos assuntos abordados até o momento, além da problemática e dos objetivos elencados na introdução, acreditamos ser importante trazeremos um pouco mais de nossa filiação teórica, em que temos nos pautado desde as condições de produção da pesquisa até o processo analítico. Assim, trazemos um breve histórico e discussão sobre os aspectos historiográficos e discursivos, apresentando alguns princípios e noções da Análise de Discurso materialista francesa pecheutiana¹⁷, que concebe o simbólico e o político como inevitáveis, como base de constituição da subjetividade humana; assim como nossa compreensão das relações entre História da Ciência, Linguagem, Discurso.

¹⁷ Ver Pêcheux (1995), sobre a necessidade da criação de uma teoria materialista do discurso; Mالدیدیر (2003) e Lagazzi (2015) sobre seu processo de estabelecimento.

CAPÍTULO 3: Apoios teórico-metodológicos

3.1 Algumas noções e princípios da Análise de Discurso

A Análise de Discurso (AD) iniciada como uma disciplina materialista por Michel Pêcheux e colaboradores¹⁸ parte de considerações acerca da Linguística (em Saussure), da Psicanálise (em Lacan) e do Materialismo Histórico (em Althusser), introduzindo uma discussão que versa sobre os mecanismos de determinação histórica dos processos de significação, tendo o simbólico e o político como ponto central de suas colocações no que diz respeito a uma teoria materialista discursiva (ORLANDI, 2005). É neste arcabouço teórico que nossas compreensões sobre discurso e linguagem se fazem presentes.

Pêcheux (1995) afirma que o sentido de uma palavra, uma expressão ou preposição, etc. não existe “em si mesmo”, mas é determinado em relação às posições ideológicas que estão em jogo no processo sócio-histórico, o que permite afirmar que, a relação entre as significações de um texto e as suas condições históricas não são meramente secundárias, mas constitutivas. Tais posições (ou formações) ideológicas constituem um “conjunto complexo de atitudes e de representações que não são nem individuais e nem universais, mas que se relacionam mais ou menos diretamente a posições de classes em conflito umas em relação às outras” (HAROCHE et al., 2007, p.6) sempre em relação desigual, na disputa de sentidos.

Cada formação ideológica comporta formações discursivas, que podem ser compreendidas como aquilo que pode e deve ser dito a partir de uma posição dada numa conjuntura, em que as palavras mudam de sentido ao passar de uma formação discursiva a outra. Nesse sentido, “algo fala” sempre antes, em outro lugar e independentemente. Quanto a esse aspecto, podemos observar a relação entre linguagem e ideologia por meio da noção de discurso, que se remetendo sempre a um já-dito, conjuga-se sobre um discurso prévio e lhe atribui papel de matéria prima (PÊCHEUX, 1995; HAROCHE et al., 2007).

Assim, o discurso é compreendido por Pêcheux (1997) como o efeito de sentido entre pontos A e B não-lineares, em que estes designam lugares na estrutura de uma formação social, dando origem a “[...] uma série de formações imaginárias que designam o lugar que A e B se

¹⁸ Michel Pêcheux foi um dos articuladores AD materialista francesa, nascido em Tours em 1938, e que após seu estabelecimento no Laboratório de Psicologia no Centre National de La Recherche Scientifique (CNRS) iniciou seus trabalhos com a linguagem na presença de outros interlocutores, como Paul Henry e Claudine Haroche. Pêcheux faleceu em Paris em 1983, e deixou uma obra extensa entre livros e artigos que tratam sobre a teorização da linguagem enquanto manifestação e materialização na ideologia (ORLANDI, 2005).

atribuem cada um a si e ao outro, a imagem que eles fazem de seu próprio lugar e do lugar do outro” (PÊCHEUX, 1997, p. 82). Todo discurso é permeado pelas condições de sua produção, ou seja, marcado historicamente nas relações que estabelecem e são estabelecidas quanto ao social, ao político, ao econômico etc., nas práticas institucionais. Podemos compreendê-lo:

[...]Como pertencente a um sistema de normas nem puramente individuais nem globalmente universais, mas que derivam da estrutura de uma ideologia política, correspondendo pois a um certo lugar no interior de uma formação social dada. Em outras palavras, um discurso é sempre pronunciado a partir de condições de produção (PÊCHEUX, 1997, p. 76).

A ideologia pode ser compreendida como uma estrutura omni-histórica (eterna), que “fornece a cada sujeito sua realidade, enquanto sistema de evidências e de significações” (PÊCHEUX, 1995, p.149), articulando-se sob práticas institucionais, na qual a ideologia não é feita de ideias, mas sim, práticas. A ideologia é fundamental na constituição do sujeito e do sentido, ocorrendo sincronicamente. Assim, o indivíduo (não-sujeito) é interpelado pela ideologia em sujeito, em que este é chamado à existência. Tal processo de interpelação se dá pela identificação do sujeito com a formação discursiva que o domina, havendo a reinscrição de traços daquilo que o determina, no discurso do próprio sujeito (PÊCHEUX, 1995).

É importante esclarecer que a ideologia dissimula sua própria existência no interior de seu funcionamento, produzindo um tecido de evidências no qual se constitui o sujeito e o sentido, como se estivessem sempre-lá. Tal processo acarreta uma percepção de transparência de sentido, ou seja, de literalidade ou sentido enquanto evidente; assim como a concepção de sujeito como ponto de origem em si mesmo, a “evidência do sujeito” como único, como se o discurso fosse *seu* discurso: “esse sou eu, e minha opinião veio de mim”, sendo este, apenas um efeito ideológico. Reconhecemos também o papel do inconsciente, visto que “só há causa daquilo que falha (J. Lacan)” (PÊCHEUX, 1995, p. 277), assim, a forma-sujeito é histórica, o sujeito é um efeito de história, em um ritual que se estilhaça por lapsos, atos falhos etc.

Nesse sentido, compreendemos a relação língua-discurso em sua opacidade, ou seja, na não-transparência de sentidos, em que a língua é tida “[...] como sistema sintático intrinsecamente passível de jogo, e a discursividade como a inscrição de efeitos linguísticos materiais na história” (PÊCHEUX, 1994, p. 66). Aqui, a língua é considerada como opaca, em oposição ao caráter transparente do efeito ideológico.

Todo discurso está sujeito a dois elementos determinantes no ato de execução: o encaixe e a articulação. O encaixe, também conhecido como efeito de pré-construído¹⁹ é aquilo que remete a uma construção anterior, fora do enunciado, é o que permite outros dizeres. A articulação, também conhecida como discurso transverso ou efeito de sustentação, é o que constitui o sujeito em sua relação com o sentido, conservando quase sempre relação de causalidade, sendo observado como um efeito de incidência explicativa no discurso (PÊCHEUX, 1995). Assim,

Podemos ser mais precisos, ao observar que a proposição explicativa (que, como salienta Frege, pode, entre outras possibilidades, ser parafraseada por uma subordinada introduzida por “porque”) intervém como suporte do pensamento contido em uma outra proposição, e isso por meio de uma relação de implicação entre duas propriedades [...] Daremos a essa relação o nome de efeito de sustentação, destacando que é ela que realiza a articulação entre as proposições constituintes (PÊCHEUX, 1995, p.101).

Pêcheux (1995) traz um exemplo de Frege sobre o discurso-transverso com a seguinte expressão: “O gelo, **que tem um peso específico inferior ao da água**, flutua sobre a água” (PÊCHEUX, 1995, p. 100, grifo nosso) em que a supressão da relativa explicativa em negrito não destrói o sentido da proposição base, no caso, “o gelo...flutua sobre a água”. O mesmo ocorre em outro exemplo a respeito de Leibniz, na expressão “Essa prata, **que é fusível**, permite fabricar balas de pistola” (PÊCHEUX, 1995, p. 102, grifo nosso), e de forma similar, “essa prata...permite fabricar balas de pistola”. O efeito de sustentação é incidente pois revela o que se sabe a partir de outro lugar, permitindo se pensar o objeto da proposição base introduzindo um novo pensamento.

Ainda sobre o funcionamento discursivo, é importante destacar o papel fundamental da memória discursiva, compreendida enquanto mecanismo de estruturação da materialidade discursiva, que não deve ser vista como memória individual, mas o cruzamento da memória mítica, da memória social inscrita em práticas e da memória construída do historiador, se articulando pela repetição de enunciados e estabilização dos sentidos por uma espécie de regularidade discursiva, em que os implícitos se fazem ausentes por sua presença, formando uma rede ou lei da série do legível no qual o discurso se conjuga (PÊCHEUX, 1999).

A memória discursiva seria aquilo que, face a um texto que surge como acontecimento a ler, vem restabelecer os “implícitos” (quer dizer, mais tecnicamente, os pré-construídos, elementos citados e relatados, discursos-

¹⁹ “[...]Corresponde ao sempre-já-aí da interpelação ideológica que fornece-impõe a realidade e seu sentido sob a forma da universalidade (o mundo das coisas)” (PÊCHEUX, 1995, p.151).

transversos, etc.) de que a leitura necessita: a condição do legível em relação ao próprio legível (PÊCHEUX, 1999, p. 52).

Refletindo sobre o restabelecimento dos implícitos e o papel das representações sociais na memória discursiva, trazemos a noção de imaginário social. Para Orlandi (1994), não existe uma relação direta entre a linguagem e o mundo, mas *funciona* como se fosse por conta do imaginário. Assim, o imaginário social pode ser compreendido como a imagem que se faz de um pai, um operário etc., a partir das relações sociais, atribuindo-lhes uma ilusão referencial ou efeito de evidência como se o sentido de pai fosse transparente/literal, tendo no discurso seu campo de articulação. O imaginário social se encontra disperso na memória discursiva, em que história e imaginário são capazes de determinar transformações nas relações sociais e constituir práticas.

Outro funcionamento discursivo diz respeito aos processos de silenciamento. Orlandi (2007) compreende o silêncio como a iminência do sentido, ou seja, “sempre se diz a partir do silêncio” (ORLANDI, 2007, p. 23), em que esse escorre por entre a trama das falas, atravessando as palavras, havendo “um ritmo no significar que supõe o movimento entre silêncio e linguagem” (ORLANDI, 2007, p. 25). Nessa perspectiva, o silêncio não significa o vazio ou a falta, mas é fundador no que diz respeito à sua garantia de movimento dos sentidos. Assim, “[...] o estudo do silenciamento (que já não é silêncio mas “pôr em silêncio”) nos mostra que há um processo de produção de sentidos silenciados que nos faz entender uma dimensão do não-dito absolutamente distinta da que se tem estudado sob a rubrica do implícito” (ORLANDI, 2007, p. 11-12).

O silêncio para a pesquisadora pode ser distinguido em dois: A) O silêncio fundador, sendo aquele que produz condições para significar, ou seja, significa o não-dito. B) A política do silêncio, que se subdivide em: B1) o silêncio constitutivo, que surge da relação entre o dito e o não-dito, isto é, uma palavra apaga necessariamente outras palavras. E, B2) o silêncio local, simbolizando a interdição coercitiva do dizer em determinada conjuntura. Tais processos fazem “parte da nossa forma de significar, de nos relacionarmos com o mundo, com as coisas e com as pessoas” (ORLANDI, 2007, p. 24). Nesse sentido, os apagamentos podem ser compreendidos enquanto práticas de silenciamento, sejam elas constitutivas (para se dizer, é preciso não-dizer), ou coercitivas, por mecanismos políticos legislativos dos variados aparatos do Estado (a censura).

Chamamos a atenção também para o funcionamento de um discurso escolar relativo à Ciência, conforme proposto por Almeida (2008, 2010), sendo aquele que já não se remete ao

conhecimento científico exclusivamente, mas mantém interfaces com a ciência propondo um rompimento com o saber cotidiano num processo de ruptura mediado pelo professor, por meio de aspectos pedagógicos. Nesse sentido, estamos em concordância com Pêcheux (1995) quando reconhece que não há um discurso da ciência, “[...] porque todo discurso é discurso de um sujeito[...] entendendo que todo discurso funciona com relação à forma-sujeito, ao passo que o processo de conhecimento é um “processo sem sujeito” (PÊCHEUX, 1995, p. 182).

Dessa forma, reconhecemos uma diferença entre o “discurso científico” e o “discurso escolar relativo à Ciência”, em que a busca deste último se assenta na ideia de possibilitar conteúdos e procedimentos do fazer científico que possam contribuir para o acesso de grandes parcelas da população à um discurso acessível apenas a uma minoria. Para Almeida (2010):

Trata-se, já de início, evidenciar que, aquilo que do conhecimento científico chega à escola não é idêntico ao conhecimento científico como é produzido. Este está nos periódicos especializados de cada subárea de conhecimento, em textos redigidos numa linguagem basicamente acessível àqueles que os produzem e aos seus pares, ou seja, àqueles situados na mesma subárea da produção científica (ALMEIDA, 2010, p. 13).

Nos resta fazer uma diferenciação entre os termos “conceito” e “noção”, utilizados ao longo desta pesquisa. Por “conceito”, concordamos com Maculan (2015) e Maculan e Lima (2017) ao considerá-lo composto pela tríade: A) um referente em dado domínio, isto é, um objeto concreto ou abstrato; B) o significado, ou seja, uma definição que externaliza características, atributos e relacionamentos com outros referentes; e C) um significante, que seria sua expressão verbal ou simbólica. Já por “noção”, Culioli (1999) e Gonçalves (2012) afirmam que o termo está ligado ao estado do conhecimento e a atividade de elaboração de experiências de cada sujeito, sendo um sistema complexo de representações de propriedades físico-culturais, isto é, das propriedades de um objeto resultantes de manipulações tomadas no interior de uma cultura, assim:

Por exemplo, quando pensamos em “mulher” (que não pertence à linguística, mas ao domínio das representações), antes mesmo de mencionar essa palavra num enunciado, temos a representação daquilo que é “mulher”. Essa representação é construída com as propriedades comuns a todos os tipos de mulher (alta, baixa, inteligente, bonita, etc.). Esse conjunto de propriedades é chamado de noção: a noção “mulher” é a propriedade de “ser mulher” (GONÇALVES, 2012, p. 61).

Dessa forma, enquanto o “conceito” se constitui da articulação de um objeto de um domínio e a definição de seus atributos e relações expressos por um significante; a noção é o resultado de um trabalho experiencial de cada sujeito em vista de um dado objeto. Para Onofre e Rezende (2009, p.20) a noção “[...] resulta de um esforço de medida que o sujeito faz entre o

que está construído ou que ele supõe construído e estável e a sua subjetividade”. Compreendemos, portanto, que o “conceito” designa o que está socialmente aceito enquanto aspecto de um conhecimento (in)acabado e universal; e a “noção” designa as representações subjetivas que o sujeito faz em seu trabalho elaborativo com um dado referente, a partir de seus gestos de leitura do mundo.

Essa diferenciação é fundamental no sentido de podermos extrapolar essa compreensão ao afirmar que o “conceito” se reveste de algo como um valor científico, que é fruto de um processo de construção de conhecimento aceito universalmente. E a “noção” enquanto a apropriação e ressignificação de propriedades do objeto no universo de referência do sujeito, que não deixando de lado a verossimilhança do “conceito”, é expressa em particularidades. Assim, ao empregarmos “conceitos ecossistêmicos” ao longo desta pesquisa, o fazemos tendo em vista tais considerações, isto é, de conceitos definidos e reconhecidos socialmente enquanto produtos da temática de estudos da ecologia de ecossistemas. Ao empregar “noções”, por exemplo, “noções da Análise de Discurso”, temos em mente o trabalho elaborativo dos conceitos de determinado ramo do conhecimento, em vista de nossas experiências subjetivas e leituras de mundo, a partir de nosso próprio universo de referências. Ou seja, a partir de nossos contextos de formação e produção.

Em vista do exposto, os objetivos da AD também centram-se sobre a compreensão de como um texto funciona, ou seja, como produz sentidos, cabendo ao analista de discurso “[...]mostrar como um objeto simbólico produz sentidos, como os processos de significação trabalham um texto” (ORLANDI, 1998, p.80), trabalhando o sentido na história. Assim, Orlandi (2012) propõe a construção do dispositivo teórico e do analítico ao trabalhar a espessura semântica, a discursividade do texto, em que:

Há um dispositivo teórico estabelecido pela teoria do discurso e há o dispositivo analítico construído pelo pesquisador em seu campo de pesquisa, sua filiação disciplinar, onde contam: a questão que ele formulou, o material coletado [...]as noções que vão ser mobilizadas, orientadas pela pergunta que faz o analista na compreensão de seu objeto de estudo, em vista de sua finalidade (ORLANDI, 2012, p. 52).

Diante de tais colocações, gostaríamos de reforçar a não-separação entre forma e conteúdo pela noção de forma-material (ORLANDI, 1994), em que *o que* se fala é indissociável de *como* se fala, reconhecendo a constituição opaca e equívoca do discurso. Portanto,

Na realidade, se somos críticos ao conteudismo (como é a proposta da AD), sabemos que o modo de significar e a matéria significante são constitutivos do sentido produzido de tal forma que não há equivalência sêmica do ponto de

vista só dos conteúdos. Não separamos formas e conteúdos. Trabalhamos com a forma material. Sendo assim, analisamos o funcionamento discursivo, explicitando as relações que se dão entre formações discursivas (ORLANDI, 1995, p. 45).

Se atentando ao papel fundamental do simbólico e do político no processo de constituição dos sentidos e das posições sujeito em sociedade. Dessa forma, no que diz respeito ao nosso dispositivo analítico e à noção de forma-material, não há dissociação entre os aspectos conceituais da ecologia de ecossistemas e seu contexto de produção, em que os discursos circulantes são demarcados historicamente, sofrendo influências políticas e culturais, em concordância com Orlandi (2010):

Sim, porque a análise de discurso trabalha com as relações de poder simbolizadas, não há dizer que não seja político, no sentido em que o próprio processo de significação é dividido, depende de relações que derivam do contexto sócio-histórico [...] A análise de discurso não trabalha com sentidos ou sujeitos idealizados mas materialmente constituídos por suas relações com a sociedade e a história” (ORLANDI, 2010, p. 28).

Muito além de definir quem são os interlocutores e de que posições discursam, o que pode ser compreendido na superfície textual, é interessante mostrar como se dá o funcionamento destes discursos, ou seja, possíveis mecanismos da produção de efeitos de sentido. E trabalhar o sentido é compreender que este possui uma materialidade histórica, acessada pelo discurso em sua relação com a memória, e que como dissemos anteriormente, possibilita o dito.

Portanto, apresentamos algumas considerações entre história, linguagem e discurso no que diz respeito aos questionamentos na área da História da Ciência, concordando com Peduzzi (2001) no sentido de que “[...] toda a opção didática à História da Ciência tem um embricamento inevitável com a Filosofia da Ciência. Não existem escolhas neutras” (PEDUZZI, 2001, p. 155), em que buscamos evidenciar, além dos aspectos epistemológicos e filosóficos, algumas das relações entre essas áreas e de que forma contribuem para nossa pesquisa.

3.2 História da Ciência, Linguagem e Discurso

A História da Ciência é tida por pesquisadores, tais como Videira (2007), como um campo que funciona como auxiliar de outros domínios, como a filosofia e a história etc., em que sua origem foi marcada e ainda é, por tensões metodológicas entre os diferentes grupos que a estudam e utilizam sua abordagem. Logo após a Segunda Guerra Mundial, ocorreu o processo de conscientização do medo da Ciência e de seu funcionamento, ocasionando uma crise de identidade na História da Ciência e sua finalidade, uma vez que sua produção estava

predominantemente nas mãos de historiadores e filósofos do que dos próprios cientistas depois da Primeira Guerra Mundial (LAUDAN, 1993; VIDEIRA, 2007).

De acordo com Videira (2007), de um lado os cientistas viram na prática historiográfica grande valor no exercício meta científico da produção de biografias e enciclopédias, para uma história conceitual em defesa de seus feitos e na tentativa de caracterização de uma imagem de Ciência. Por outro lado, sociólogos, filósofos e historiadores estavam interessados na prática de uma história social da ciência, focada na compreensão da prática científica local, negando uma visão simplista e idealizada de ciência, visto que a História da Ciência poderia ser apenas compreendida de forma madura levando em consideração todos os tipos de influências. Isso implica em considerar o papel das pressuposições, como por exemplo as abordagens chamadas *whigs* que distorcem a própria história em favor de uma imagem triunfante do ponto de vista do presente, não oferecendo qualquer compreensão sobre as razões e motivos dos acontecimentos (RUSSEL, 1984; VIDEIRA, 2007).

Uma caracterização minuciosa sobre as distintas fases da História da Ciência e todo seu processo historiográfico foge ao escopo desta pesquisa, mas consideramos importante esta breve exposição sobre as tensões de sua origem pois essas demonstram a possibilidade de outras perspectivas para sua compreensão, como aquela mais histórica, em que é recorrente o uso de alguns termos presentes no campo de estudos da História. Ao procurarmos avançar em aspectos mais filosóficos e epistemológicos do campo de formação da História, observamos uma estreita relação com o plano discursivo, em que os contextos de produção assumem papel fundamental na moldagem de uma história, e assim, o mesmo pode ser dito da prática científica.

A história pode ser compreendida como situações e acontecimentos de uma determinada época e região, sendo o objeto de estudo do historiador e o trabalho por ele empregado denominado de historiografia, abrangendo desde os produtos advindos dessa atividade (textos, documentos e outros corpos teóricos, ou seja, arquivos), até os processos reflexivos sobre os acontecimentos históricos, agregando novas interpretações e discursos (MARTINS, 2005). Para Videira (2007):

A historiografia é um discurso crítico, que procura mostrar, o mais claramente possível, as bases epistemológicas, históricas, políticas e axiológicas sobre as quais os discursos históricos são construídos. Em outros termos, as narrativas em História da Ciência possuem “raízes” que não são visíveis. Cabe à historiografia descobrir que raízes são essas e por que foram elas as escolhidas (VIDEIRA, 2007, p. 122).

Keith Jenkins (2007), historiador, procurou responder “o que é história” e “para quem é a história” evidenciando uma natureza estreitamente ligada ao plano discursivo:

A História constitui um dentre uma série de discursos a respeito do mundo. Embora esses discursos não criem o mundo (aquela coisa física na qual aparentemente vivemos), eles se apropriam do mundo e lhe dão todos os significados que têm (JENKINS, 2007, p.23).

Assim, o historiador considera a história como o resultado do processo entre o passado e a historiografia, deixando claro que passado e história são coisas diferentes, pois o primeiro já aconteceu e só pode ser visualizado pela mediação de veículos (produtos historiográficos); e o segundo, o campo de ofício do historiador. Há aqui, no entanto, um cuidado a ser tomado para não se relativizar a História como apenas mais um discurso dentre outros. Nesse sentido, há um *Real* da História inatingível, sendo a textualidade seu efeito, possuindo na língua a base material de sua inscrição (CONEIN et al., 2016).

Jenkins (2007) e Videira (2007), afirmam que os significados dados à história vêm de fora, não são intrínsecos do passado, mas dados a ela por agentes externos, concluindo que a história nunca se basta, ela sempre se destina a alguém²⁰, reafirmando que em função do aspecto ideológico e conjectural que possui, uma definição está fadada a ser problemática, com diferentes significados para distintos grupos, articulando-se sob práticas institucionais. Jenkins (2007) finaliza:

Para mim, o que em última análise determina a interpretação, está para além do método e das provas – está na ideologia. Porque, embora a maioria dos historiadores concorde que um método rigoroso é importante, existe o problema de saber a qual o método rigoroso eles se referem [...] A questão é que mesmo se conseguirmos fazer uma escolha, quais seriam os critérios? Como poderíamos saber qual método nos conduzira ao passado mais “verdadeiro”? Claro que cada um desses métodos seria rigoroso, ou seja, sistemático e coerente, mas ele também remeteria sempre a seu próprio quadro de referências (JENKINS, p. 36-37).

Afirmamos que há um *Real* da História inatingível, e que a língua é base material de sua inscrição. Mas que relações podem ser estabelecidas entre o domínio do campo de estudos da linguagem e a história? De forma sucinta, a linguística constituiu-se enquanto ciência a partir de pelo menos, as obras póstumas de Sausurre (2006), que dentre as dicotomias conceituais criadas, tratou sobre a língua e a fala. Para ele, a fala seria um ato individual de vontade e inteligência, enquanto a língua seria um sistema social de signos tangíveis, em que a escrita poderia fixar tais associações em imagens visuais e se organizar por meio de estruturas

²⁰ No que diz respeito à História da Ciência, “o passado da ciência, que em sentido restrito é o seu (autêntico) objeto de estudo, não se deixaria “aprisionar” por uma única perspectiva historiográfica” (VIDEIRA, 2007, p.120).

sintáticas, como o texto por exemplo; o que implica a língua como sendo “base material de inscrição”, a textualidade.

Sausurre (2006) ao estabelecer essa dupla associação entre língua e fala, opõe a instituição social ao individual. Sendo a linguística ligada essencialmente ao estudo do código e da língua, à existência de uma ciência dedicada aos estudos da fala revelou-se ausente naquele momento (o Curso de Linguística Geral foi publicado em 1916); o que reduziu a fala a um “reservatório de complexidades difíceis de ordenar”. Os estudos concernentes à fala tornaram-se então, campo de explorações de outros ramos do conhecimento, como a história. Régine Robin (1977), historiadora, estabeleceu algumas reflexões quanto a esse aspecto:

O historiador não tem que lidar com o código, com a língua, ou antes, tem que lidar com eles, mas como base, como matéria-prima; seu objeto no entanto, se ele se considera historiador das manifestações, dos efeitos ideológicos, não é o sistema, o modelo de competência, a língua, mas os fatos de fala precisos[...]dos discursos (ROBIN, 1977, p.25).

Assim, o discurso pode ser compreendido como um processo, uma prática que supõe o conjunto de relações extralinguísticas (ou seja, da ordem da fala) que o constitui, tais como o quadro institucional, o aparelho ideológico no qual ele se inscreve, as representações que a ele subjazem, a conjuntura política, as relações de forças, etc., e não apenas um contexto, mas as circunstâncias que caracterizam o próprio discurso. Dessa forma, nessa posição, “o historiador que se interessa pela linguagem não está interessado exclusivamente no resultado (o que é dito), mas nos mecanismos discursivos, no *como* do que é dito” (ROBIN, 1974, p.4). A historiografia como discurso crítico segundo Videira (2007), pode ser compreendida como tal processo na medida em que torna visível o papel das condições de produção dos discursos históricos.

Robin (1977) procura instituir no campo da prática histórica o nível discursivo como um novo objeto de estudo quando enxerga no campo de estudos da linguagem possíveis contribuições metodológicas. Esta poderia ser melhor compreendida quando consideradas as condições de sua produção:

Para encontrar a função de uma ideologia, é preciso sair do texto, mudar de terreno e passar da Linguística à História. Mudar de terreno: o que quer dizer que, se a Linguística descreve o texto, se diz precisamente o que existe no texto, seu arranjo interno, não nos dá sua chave nem a função. Ela ordena a ideologia, mas o que significa socialmente a ideologia está fora de seu campo (ROBIN, 1977, p.20).

Ao incluir o nível discursivo como um objeto de estudo para a História, Robin (1977) sinaliza para a constituição de uma Linguística do Discurso, que recoloca em questão a distinção entre língua e fala por Sausurre e centra-se na problemática do sujeito para uma teoria

da ideologia. Quanto a este aspecto, embora não seja nosso objetivo mostrar o desenvolvimento e implicações deste outro movimento, nos interessou tratar da relevância desses encaminhamentos e de algumas perspectivas sobre linguagem que considerem a natureza discursiva da história para este estudo, partilhando do questionamento de Robin:

[...] Porque o discurso, a maneira como os homens em suas práticas, pertencentes a grupos sociais definidos, em situações específicas, definem-se e definem o mundo, sua história, suas relações, a forma pelas quais eles se expressam tudo isso em sua língua com palavras que são suas desde o neologismo até o estereótipo, as figuras de estilo pelas quais eles possuem afeto, as metáforas que, sem o seu conhecimento, se impõem a eles, os padrões sintáticos que eles utilizam de maneira recorrente, porque tudo isso não constituiria domínio da História? (ROBIN, 1974, p. 4).

Diante do exposto, podemos sintetizar algumas considerações: A história como um campo de conhecimento conjectural, também é constituída por meio de processos discursivos imersos em condições de produção que os caracteriza enquanto práticas da ordem da fala, sujeitos ao plano ideológico. A prática histórica, como a historiografia, gera arquivos que são ordenados diferentemente em razão às abordagens metodológicas e gestos de leitura empregados pelos historiadores, e o mesmo pode ser dito de outros estudiosos, como os cientistas para com a História da Ciência.

Robin tenta introduzir o nível discursivo como um objeto de estudo para a história, tal abordagem pressupõe que a língua seria a base material de inscrição da própria história, sujeita então, a processos de ordenação e análise de seus produtos revelando uma economia interna ideológica, que posta em face das condições de produção ajudaria o historiador a estabelecer relações entre as esferas políticas e sociais de seu arquivo em determinado período histórico. De forma similar, salientamos a natureza histórica do discurso, justificando a relevância da abordagem da Análise de Discurso materialista pecheutiana neste estudo, como uma aproximação aos processos de funcionamento discursivo em sua relação com a linguagem e a história que se dá por efeitos de sentido da materialidade.

Acreditamos que tais considerações possam ser estendidas ao uso da História da Ciência para o ensino, em que haja consideração de sua natureza discursiva e as relações com a textualidade, contemplando tanto aspectos de uma Natureza da Ciência, voltada a compreensão de sua atividade e de imagens associadas ao trabalho dos cientistas para uma história conceitual da Ciência, assim como elucidar aspectos das esferas sociais, políticas e econômicas da época retratada na prática local, para uma história social da Ciência sem uma aparente ingenuidade perante a Ciência. Ao considerarmos aspectos históricos na análise dos conteúdos de ecologia

de ecossistemas do livro didático, o fazemos tendo tais colocações em mente. Por fim, trazemos nossos procedimentos metodológicos e o percurso analítico.

3.3 Procedimentos metodológicos e percurso analítico

O critério de escolha das obras do PNLD 2018 de biologia para esta pesquisa se baseou nos valores de aquisição por títulos de cada editora, que dentre as dez obras aprovadas, foram selecionadas as coleções das duas editoras que mais faturaram no período de 2018, no caso, a editora Moderna com os livros *Biologia Moderna* (AMABIS; MARTHO, 2018) e *Conexões com a Biologia* (THOMPSON; RIOS, 2018); e a editora Ática S.A, com o livro *Biologia Hoje* (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2018), como pode ser observado no quadro abaixo:

Quadro 3: Valores de aquisição por títulos da componente biologia para o EM.

Editora	Título	Tiragens	Total em R\$
MODERNA	Biologia Moderna*	2638780/1975005**	21160818.4
ATICA S.A	Biologia Hoje	1558681	13228586.06
SARAIVA	Bio*	1449293/895568**	12375771.02
AJS	Biologia	538268	6524480.01
QUINTETO	#Contato Biologia	597981	6043981.67
SM	Ser Protagonista	616064	5439755.52
FTD	Biologia: Unidade e Diversidade	474774	4245557.62
IBEP	Biologia Novas Bases	73037	2371690.19

Fonte: Dados compilados pelo autor (BRASIL, 2018b). *O título mais adquirido dentre as duas coleções de cada editora, ou seja, para a editora Moderna, dentre as coleções “Biologia Moderna” e “Conexões com a Biologia”, a primeira teve mais tiragens; o mesmo se aplica a editora Saraiva. **Quantia de tiragens apenas da coleção com maior número, ou seja, na editora Moderna a coleção “Biologia Moderna” teve um total de 1975005 tiragens dentre os 2638780, o mesmo se aplica a editora Saraiva.

Ao iniciar as análises nos livros didáticos do PNLD 2018 selecionados, tivemos em mente posições já apontadas ao longo desta pesquisa. No que diz respeito a ecologia de ecossistemas, compreendemos os enunciados enquanto materialidades que fazem circular representações e modos de ser da sociedade, produzindo efeitos de sentido sobre a interação entre seres vivos e ambiente, seus papéis, alcances e limitações, o que no LD parece estar entrelaçado à temática ambiental conforme disposto nas políticas públicas do PNLD, em conformidade com outros documentos oficiais para a educação básica.

Além disso, compreendemos o LD enquanto uma mercadoria cultural, impregnado de valores e representações que são disseminadas pelo discurso de seus autores e as condições

propostas (ou impostas) pelas editoras e documentos oficiais. Também valorizamos a perspectiva histórica, que possui profunda relação com o plano discursivo e a linguagem, em que buscamos indícios de produção de efeitos de sentidos que fogem à literalidade do texto, evidenciando uma malha complexa de aspectos sociais e políticos, ou seja, uma disputa de sentidos sobre o papel e constituição, neste caso, da ecologia de ecossistemas conforme destacamos anteriormente.

Antes de iniciar propriamente as análises, trazemos uma caracterização de cada obra selecionada em vista de sua organização interna, assim como de outros comentários e informações pertinentes apresentadas pelos autores. Nossa abordagem se fez sobre os capítulos que consideramos abordar os conteúdos de ecologia de ecossistemas, organizada em dois momentos:

A) Primeiramente, a leitura dos textos e recortes dos enunciados em que identificamos relações de efeitos de sentidos em ecologia de ecossistemas em nossa concepção, tendo em vista os conceitos referentes ao fluxo de energia e ciclo de matéria. Os recortes e trechos grifados não são os únicos possíveis e reconhecemos que os enunciados possibilitam outros olhares e seleções. Contudo, as nossas escolhas (e negritos e destaques) refletem focos que tivemos em contato com esse material.

Conforme foi abordado no capítulo 1, os ecossistemas constituem-se nas interações entre seres vivos e meio ambiente a partir do funcionamento de fluxos de energia e ciclos de matéria. Dessa forma, a escolha por tais conceitos se deu pela importância que ocupam nesta vertente de estudos, assim como pela vastidão de tantos outros conceitos da ecologia de ecossistemas e que cuja análise se torna impraticável em vista do período de doutoramento. O capítulo 1 constitui parte de nosso dispositivo analítico, ao contribuir para a compreensão da temática em análise, juntamente com outras noções mobilizadas, as questões de pesquisa e nossos posicionamentos.

Também é importante salientar que o trabalho sob a perspectiva da Análise de Discurso se volta a espessura semântica e a discursividade de um texto, dessa forma, realizamos recortes em enunciados baseados nas relações de sentido ali estabelecidas, como nos coloca Pêcheux: “[...]o deslize, a falha e a ambiguidade são constitutivos da língua, e é aí que a questão do sentido surge do interior da sintaxe” (PECHÊUX, 1994, p.65).

O enunciado é o resultado de um processo e de um sistema de relações, isto é, “[...] é um agenciamento de marcas, formas gramaticais, as quais são traços de operações, ou seja, é a

materialização dos fenômenos mentais aos quais nós não temos acesso” (COSTA, 2013, p. 2), em que somente por meio destas marcas, é possível reconhecer formas e reconstruir tais operações abstratas em vista de um quadro de valores referenciais. Dessa forma, ao trazermos os enunciados em nossas análises, trabalhamos com essas marcas, procurando evidenciar produções de efeitos de sentidos na relação entre sintagmas, a partir do funcionamento discursivo nos contextos de produção do recorte realizado.

B) Posteriormente, no que diz respeito a segunda questão de estudo, realizamos recortes dos textos e em algum possível quadro de destaque que apresentasse aspectos historiográficos sobre ecologia de ecossistemas, em que procuramos compreender em sua enunciação, o uso de aspectos históricos pelos autores.

Os excertos selecionados se encontram nos anexos I, II e III.

3.4 Caracterizações das obras selecionadas

Em vista do capítulo anterior, referente às origens e funcionamento do PNL D e toda gama de fatores que influenciam na construção desse aparato, também acreditamos ser revestido de intencionalidades, no qual representações sobre ciência, sociedade, ensino etc. se difundem na estruturação e distribuição dos conteúdos científicos aí inscritos. Antes de abordarmos a produção de efeitos de sentidos referentes à ecologia de ecossistemas nas obras selecionadas, trazemos uma breve descrição de seus autores e a organização das obras.

É importante dizer que, dado o contexto de produção naquele período do edital de convocação do PNL D 2018 (BRASIL, 2015), ou seja, para o ano de 2015, os conteúdos de biologia deveriam seguir algumas recomendações, como aquelas dispostas nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio - PCNEM (BRASIL, 2000) e nas Orientações Educacionais Complementares aos PCN - PCN+ (BRASIL, 2002), os quais também são pressupostos pelos GLD (BRASIL, 2018), sendo documentos que ofereciam parâmetros que guiam os conteúdos programáticos e já veiculavam representações da disciplina escolar biologia. Com a aprovação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) em 2016 para o Ensino Médio, atualmente as recomendações se baseiam sobre essa última.

Em específico sobre conteúdos de ecologia naquele momento, “o entendimento dos ecossistemas atuais implica um conhecimento da intervenção humana, de caráter social e econômico, assim como dos ciclos de materiais e fluxos de energia (BRASIL, 2000, p. 9). Além disso, no ensino deve se levar em conta que “um aspecto da maior relevância na abordagem dos

ecossistemas diz respeito à sua construção no espaço e no tempo e à possibilidade de a natureza absorver impactos e se recompor” (BRASIL, 2000, p. 17), alinhando aspectos de desenvolvimento econômico e temática ambiental aos conteúdos ecossistêmicos, conforme já visto em outras passagens.

Assim, uma das propostas articuladas pelo PCN+ é a contextualização do conteúdo, afirmando que “não é mais possível considerar listas fixas de conteúdo nas quais a realidade dos alunos é inserida apenas a título de ilustração” (BRASIL, 2002, p. 52), de forma que as situações de aprendizagem possam se desenvolver a partir de experiências significativas, estabelecendo vínculos com o pedagógico. O PCN+ (BRASIL, 2002) propõe que o conteúdo biológico possa ser trabalhado em temas estruturadores, tais como: (1) Interação entre os seres vivos; (2) Qualidade de vida das populações humanas; (3) Identidade dos seres vivos; (4) Diversidade da vida; (5) Transmissão da vida, ética e manipulação gênica; e (6) Origem e evolução.

Dentre as recomendações de cada tema, em relação ao tema “Interação entre os seres vivos”, o PCN+ (BRASIL, 2002) aponta que a partir do apoio das ciências ambientais, deve se promover a compreensão da vida como uma organização sistêmica resultante da interação entre o ser vivo e o meio físico, assim, “a noção de sistema também põe em evidência o fato de que o ser humano é, ao mesmo tempo, agente e paciente das transformações e possibilita dimensionar o significado dessas modificações para a evolução e permanência da vida no planeta” (BRASIL, 2002, p. 42), em que tais conteúdos possam favorecer o desenvolvimento de competências para julgar e elaborar ações de intervenção no ambiente, entre outros objetivos. Essa perspectiva encontra consonância com a visão de conhecimento biológico do PCNEM:

O conhecimento de Biologia deve subsidiar o julgamento de questões polêmicas, que dizem respeito ao desenvolvimento, ao aproveitamento de recursos naturais e à utilização de tecnologias que implicam intensa intervenção humana no ambiente, cuja avaliação deve levar em conta a dinâmica dos ecossistemas, dos organismos, enfim, o modo como a natureza se comporta e a vida se processa (BRASIL, 2000, p. 14).

A distribuição dos eixos estruturadores da biologia pode variar segundo as realidades de cada escola e as necessidades dos alunos, mas no documento consta duas sequências de ensino, que aparentemente, tem se refletido nas escolhas das editoras ao estruturarem o livro didático. Na sequência 1, conforme o quadro 2 abaixo, o estudo da biologia parte do cenário macroscópico, na primeira série do Ensino Médio, em direção ao mundo microscópico, na terceira série do Ensino Médio, em que é feito um contraste entre níveis de organização do

menor-maior ao longo dos temas abordados, dando ênfase nas relações que se estabelecem do todo com suas partes.

Quadro 4: Sequência 1 de temas estruturadores pelo PCN+.

Semestre	1ª série	2ª série	3ª série
1º semestre	1. Interação entre os seres vivos.	3. Identidade dos seres vivos.	5. Transmissão da vida, manipulação gênica e ética.
2º semestre	2. Qualidade de vida das populações humanas.	4. A diversidade da vida.	6. Origem e evolução da vida.

Fonte: Retirado de Brasil (2020, p. 52).

Outra opção de trabalho, é a sequência 2, que “[...] se, diferentemente, o professor optar por iniciar o seu curso com assuntos mais conceituais e abstratos, dado o perfil mais amadurecido de seus alunos” (BRASIL, 2002, p. 53) poderá ter uma abordagem que privilegie a dimensão microscópica dos seres vivos em direção ao funcionamento de sistemas complexos, considerando que o professor possa fazer uso de estratégias adequadas para a compreensão das abstrações que fazem parte desta organização, conforme disposto no quadro 3 abaixo:

Quadro 5: Sequência 2 de temas estruturadores pelo PCN+.

Semestre	1ª série	2ª série	3ª série
1º semestre	6. Origem e evolução da vida.	4. A diversidade da Vida.	1. Interação entre os seres vivos.
2º semestre	3. Identidade dos seres vivos.	5. Transmissão da vida, manipulação gênica e ética.	2. Qualidade de vida das populações humanas.

Fonte: Retirado de Brasil (2020, p. 53).

Em vista do exposto, passamos à caracterização das três obras em análise nesta pesquisa, sendo: *Biologia Moderna* (AMABIS; MARTHO, 2018), *Conexões com a Biologia* (THOMPSON; RIOS, 2018) e *Biologia Hoje* (GEWANDSZNAJDER, PACCA, LINHARES, 2018). Salientamos que todas as obras em análise são as versões de manuais do professor que, para além do livro do aluno, possuem um apêndice com orientações e sugestões de trabalho para sala de aula.

A coleção *Biologia Moderna* é da autoria de: José Mariano Amabis, licenciado em Biologia pela Universidade de São Paulo (USP) e Mestre e Doutor em Ciências (concentração em Genética) pela USP; e Gilberto Rodrigues Martho, licenciado em Biologia pela USP. Para esta pesquisa, nos restringimos ao volume 3, pois aborda conteúdos que consideramos serem

da ecologia de ecossistemas, conforme pode ser observado no quadro 4 abaixo da distribuição dos conteúdos:

Quadro 6: Distribuição geral dos conteúdos presentes no volume 3 da coleção *Biologia Moderna* (AMABIS; MARTHO, 2018).

Unidades	Capítulos
Fundamentos da Genética	1. Lei da herança genética 2. As bases cromossômicas da herança 3. Herança e sexo 4. Genética e biotecnologia na atualidade
A Evolução Biológica	5. Os fundamentos da evolução biológica 6. A origem de novas espécies e dos grandes grupos de seres vivos 7. Evolução humana
Fundamentos da Ecologia	8. O fluxo de energia e ciclos da matéria na natureza 9. A dinâmica das populações 10. Relações ecológicas 11. Sucessão ecológica e biomas 12. A humanidade e o ambiente

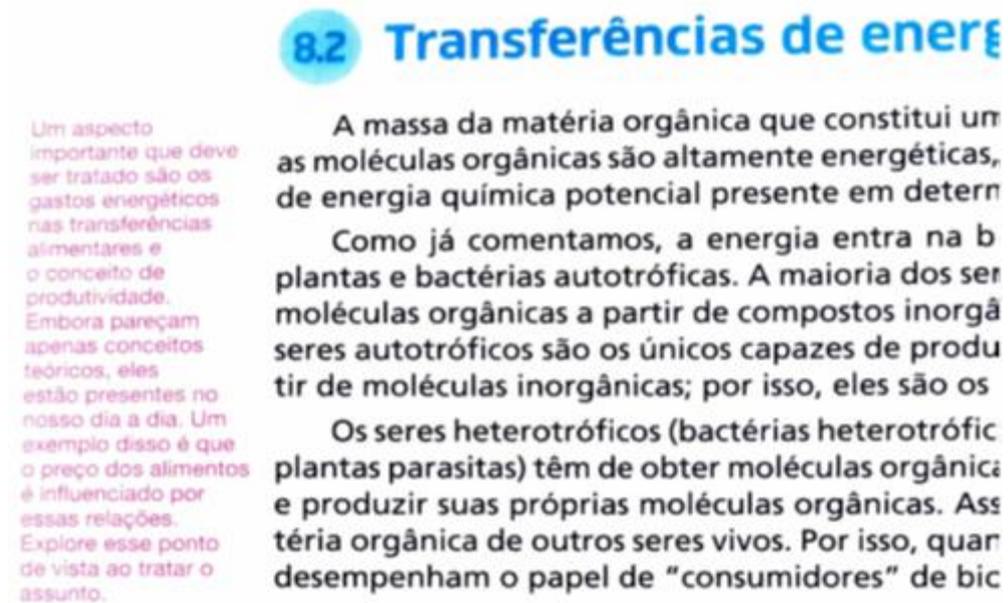
Fonte: Adaptado de Amabis, Martho (2018). Em negrito, temas que envolvem mais diretamente conteúdos ligados ao campo da ecologia.

A leitura nos permite afirmar que a obra citada, em seu volume 3, segue uma sequência de ensino que tenta abarcar os conteúdos dos temas estruturadores em ambas as sequências do PCN+ (BRASIL, 2002) para a 3ª série do Ensino Médio, partindo de uma abordagem sobre mecanismos de transmissão da vida e manipulação gênica, seguindo por fundamentos do campo de estudos em Evolução, e finalizando com interações entre os seres vivos e qualidade de vida das populações humanas.

No manual do professor, além da palavra dos autores sobre a concepção de biologia para o ensino médio e dos pressupostos didáticos que orientam os conteúdos, são apresentados conceitos fundamentais e comentários gerais para cada capítulo em que são enfatizados aspectos importantes. No que diz respeito aos conteúdos sobre aspectos da ecologia, os autores citam os livros de Begon e Ricklefs, assim como indicam uma vasta lista de artigos para leitura complementar.

Nesse manual, ainda consta habilidades sugeridas para serem desenvolvidas com os alunos, tais como “conhecer os fundamentos da ecologia e justificar a importância dos estudos ecológicos para o bem-estar atual e futuro da humanidade” (AMABIS; MARTHO, 2018, p. 317), que parece agregar à ecologia princípios de “conscientização” no que diz respeito ao meio ambiente. Outro aspecto, é a presença de comentários destacados do texto principal, que são dispostos ao longo dos capítulos, como pode ser visto no exemplo abaixo:

Figura 1: Excerto 1 do manual do professor ilustrando a disposição de comentários ao longo dos capítulos na obra *Biologia Moderna* (AMABIS; MARTHO, 2018).



Fonte: Retirado de Amabis, Martho (2018, p. 194).

Os autores também estabelecem relações entre as habilidades sugeridas com algumas das competências do ENEM relacionadas à unidade de ecologia, como a competência de área 8 da matriz de referências de ciências da natureza e suas tecnologias: “apropriar-se de conhecimentos da biologia para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico tecnológicas” (BRASIL, 2009, p. 10). A disposição geral do manual pode ser encontrada no Anexo I.

Outra coleção didática, *Conexões com a Biologia*, é da autoria de: Miguel Thompson, bacharel e licenciado em Biologia pela Universidade Mackenzie, e Mestre e Doutor em Ciências (concentração em Oceanografia) pela USP; e Eloci Peres Rios, bacharela em Biologia pela Universidade Estadual Paulista (UNESP), e Mestre e Doutora em Ciências (concentração em Oceanografia) pela USP. Os conteúdos que consideramos serem da ecologia estão presentes no volume 1 da coleção, conforme pode ser observado no quadro 5 sobre a distribuição dos conteúdos:

Quadro 7: Distribuição geral dos conteúdos presentes no volume 1 da coleção Conexões com a Biologia (THOMPSON; RIOS, 2018).

Unidades	Capítulos
Biologia: a Ciência da Vida	1. O que é Ciência? 2. Uma breve introdução a Biologia 3. Biologia e o estudo da Vida 4. Surgimento de novos seres
A evolução da Vida	5. Teorias da evolução 6. Seleção natural e adaptação 7. Evidências da evolução 8. Interferência humana na evolução
Fundamentos da Ecologia	9. Ecologia e níveis de organização 10. Componentes dos ecossistemas 11. Biomas do mundo 12. Domínios morfoclimáticos brasileiros 13. Ecossistemas aquáticos 14. Diversidade biológica
Dinâmica do ecossistema	15. Relações tróficas 16. Fluxo de energia nos ecossistemas 17. Ciclos biogeoquímicos 18. Relações ecológicas 19. Adaptações aos fatores ecológicos 20. Estudo de populações 21. Fatores de regulações das populações
Conservação dos ecossistemas	22. Sucessão ecológica 23. Interferência humana no ambiente 24. Grandes impactos ambientais 25. Desenvolvimento sustentável
Saúde: bem-estar físico, mental e social	26. Conceitos de saúde 27. Saúde do adolescente e sexualidade 28. Principais tipos de doença 29. Tecnologia na saúde 30. Saúde no Brasil 31. Qualidade de vida e hábitos saudáveis
As moléculas da vida	32. Composição dos seres vivos 33. A água e os sais minerais 34. Compostos orgânicos (tema adaptado)
A célula	35. A descoberta da célula 36. Diversidade celular 37. Constituição e metabolismo celular (tema adaptado)

Fonte: Adaptado de Thompson, Rios (2018). Os temas adaptados dizem respeito aos vários subtemas agrupados em um único, em vista do espaço. Em negrito, temas que envolvem mais diretamente conteúdos ligados ao campo da ecologia.

Assim compreendemos essa divisão pois os conteúdos de ecologia para o EM não seguem uma divisão precisa entre as temáticas de ecologia de ecossistemas, ecologia de populações, ecologia de comunidades etc., dessa forma, nos restringimos aos capítulos destacados acima.

A obra em análise concentra conteúdos dos temas estruturadores de ambas sequências proposta pelo PCN+ (BRASIL, 2002) para a 1ª série do Ensino Médio, ao iniciar discussões

sobre a origem e evolução da vida; abordar a interação entre os seres vivos e meio ambiente, e finalizar o conteúdo com a temática de qualidade de vida as populações humanas e identidade dos seres vivos, ao tratar de assuntos relativos à saúde, assim como de características da composição e estrutura dos diferentes organismos e células.

No manual do professor, os autores abordam pressupostos teóricos nos quais a obra se apoia, assim como uma apresentação de temas e objetivos para o 1º ano do Ensino Médio. Cada capítulo é apresentado por meio de um mapa conceitual, das aprendizagens esperadas em trabalho e de sugestões metodológicas, que incluem experiências práticas, filmes, leituras em *sites* da internet e dicas de livros, entre eles, as obras de Begon, Odum e Ricklefs para aprofundar os temas abordados.

Quanto aos conteúdos referentes à ecologia, esses são iniciados com problemáticas, como a fragmentação de ecossistemas, no capítulo sobre os fluxos de energia e ciclos de matéria, se orientando-se por habilidades e competências, como por exemplo, “classificar a produtividade nos ecossistemas e analisar como auxiliam na interpretação do equilíbrio dinâmico dos ecossistemas” (THOMPSON; RIOS, 2018, p. 312). A disposição do manual do professor se encontra no Anexo II. Nessa obra, é possível encontrar comentários destacados ao longo dos capítulos, com orientações de trabalho para os professores, como pode ser visto na figura 2 abaixo:

Figura 2: Excerto 2 do manual do professor ilustrando a disposição de comentários ao longo dos capítulos na obra *Conexões com a Biologia* (THOMPSON; RIOS, 2018).

ológicas

gicas regulam as populações?

Interações ecológicas: as re-
 livíduos da mesma espécie,
 tre indivíduos de espécies
 ios com a interação, isto é,
 relação é favorável. Se ele
 te, a relação é considerada
 i benefícios nem prejuízos,
 víduo.

Neste livro foi adotada a proposta de Robert E. Ricklefs, em *A economia da natureza* (2010), para a definição das interações ecológicas entre as espécies. Esclareça aos alunos que determinar se uma relação é benéfica ou prejudicial tem, em parte, um caráter subjetivo do observador e que um conhecimento mais aprofundado do comportamento dos organismos pode, ao longo do tempo, mudar o parâmetro de classificação de uma relação.

Por fim, a coleção *Biologia Hoje* é da autoria de: Sérgio Linhares, bacharel e licenciado em História Natural pela Universidade do Brasil (atual UFRJ); por Fernando Gewandsznajder, licenciado em Biologia pela UFRJ, Mestre em Filosofia pela PUC e Doutor em Educação pela UFRJ; e Helena Pacca, bacharela e licenciada em Ciências Biológicas pela USP. Os conteúdos que consideramos tratar sobre ecologia são encontrados no volume 3 da coleção, e nas unidades 4, que corresponde a 5 capítulos; e unidade 5, com 3 capítulos, conforme o quadro 6 abaixo:

Quadro 8: Distribuição geral dos conteúdos presentes no volume 3 da coleção *Biologia Hoje* (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2018).

Unidades	Capítulos
Genética: o trabalho de Mendel	1. Primeira Lei de Mendel 2. Segunda Lei de Mendel
A genética depois de Mendel	3. Grupos sanguíneos e polialelia 4. Interação gênica e pleiotropia 5. Ligação gênica 6. Sexo e herança genética 7. As aplicações da genética molecular
Evolução	8. Evolução: as primeiras teorias 9. A teoria sintética: variabilidade genética e seleção natural 10. A teoria sintética: genética das populações e formação de novas espécies 11. Evolução: métodos de estudo 12. A evolução humana
Ecologia	13. O campo de estudos da ecologia 14. Cadeias e teias alimentares 15. Populações 16. Relações entre os seres vivos 17. Sucessão ecológica
Biosfera e poluição	18. Ciclos biogeoquímicos 19. Distribuição dos organismos 20. Poluição

Fonte: Adaptado de Linhares, Gewandsznajder, Pacca (2018). Em negrito, temas que envolvem mais diretamente conteúdos ligados ao campo da ecologia.

Esta obra engloba conteúdos sugeridos no tratamento dos temas estruturadores de ambas as sequências propostas pelo PCN+ (BRASIL, 2002) para a 3ª série do Ensino Médio, com o tratamento de conceitos genéticos no início do volume 3, dando lugar à discussão de aspectos evolutivos e então, abordando as interações entre seres vivos e meio ambiente.

No manual do professor, os autores trazem os objetivos gerais da coleção e os pressupostos teóricos em que se baseiam. Também há sugestões sobre como trabalhar os conteúdos, indicando trabalhos em equipe, como a construção de um terrário, textos sobre temas

específicos, e indicações de leitura, como Ricklefs e Begon. Nessa coleção não há comentários destacados ao longo dos textos de cada capítulo, e a disposição geral do manual pode ser encontrada no Anexo III.

Por fim, no que diz respeito às imagens utilizadas pelos autores no tratamento de conceitos ecossistêmicos, compreendemos que há um dito que circula no discurso imagético e que possui funções voltadas quase que exclusivamente à ilustração de algum conceito ou situação. Em *Biologia Moderna* (AMABIS; MARTHO, 2018) as imagens que acompanham os recortes são esquemas e gráficos que por um discurso escolar relativo à Ciência, buscam apresentar o conteúdo de forma ao aluno compreender o que está sendo trabalhado no capítulo. Em *Conexões com a Biologia* (THOMPSON; RIOS, 2018) o mesmo ocorre, estando presente ilustrações que parecem retratar mais cenários reais do que esquemas, pela disposição dos elementos gráficos. Na obra *Biologia Hoje* (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2018) há igualmente o uso de esquemas e ilustrações de algum animal/paisagem com essa função de facilitar a compreensão e ilustração do conceito ao aluno.

CAPÍTULO 4: Efeitos de sentido sobre Ecologia de Ecossistemas

4.1 Possíveis efeitos de sentidos na obra *Biologia Moderna*

A coleção *Biologia Moderna* é da autoria de Amabis e Martho (2018) e editada pela editora Moderna. Os recortes de enunciados que analisamos estão localizados no tema 3, “Fundamentos de Ecologia”, nos capítulos 8 e 12, intitulados “O fluxo de energia e ciclos da matéria na natureza” e “A humanidade e o ambiente”, respectivamente. Iniciamos a análise com um trecho em que os autores abordam os conceitos de energia e matéria:

Tomar consciência de que nossa vida depende da energia do Sol nos une ao cosmo, contribuindo para uma visão mais integrada da natureza. O estudo das transferências de energia e de matéria nos ecossistemas tem revelado detalhes sobre a teia da vida na Terra. Quanto maior o nosso conhecimento da rede de relações entre os seres vivos e o ambiente, mais condições teremos de preservar os ecossistemas do nosso planeta, um dos grandes desafios do século XXI (AMABIS; MARTHO, 2018, p. 193).

O trecho acima se encontra no corpo principal do texto e é trazido pelos autores da obra no início do capítulo 8, em que procuram apontar a importância do estudo da ecologia de ecossistemas em sua relação com o homem. A partir dos efeitos de sustentação em negrito no recorte “Tomar consciência **de que nossa vida depende da energia do Sol** nos une ao cosmo, **contribuindo para uma visão mais integrada da natureza**” (AMABIS; MARTHO, 2018, p. 193, grifos nosso), é instaurado um efeito de sentido de subordinação dos seres vivos a um funcionamento da natureza, que tem no Sol, um de seus constituintes. A referência a uma visão mais integrada da natureza suscita uma compreensão de caráter sistêmico das interações na natureza, ou seja, de um sistema hierárquico e complexo, como efeito da memória discursiva pelo emprego da palavra “integrada”, e seu deslize semântico em sentidos como integral, integralizado.

Os autores também se utilizam de discursos-transversos, ou seja, enunciados que trazem explicações do objeto de outro ponto de observação, para sustentar a necessidade de estudo e conhecimento da ecologia de ecossistemas como condição primária para superar desafios, conforme compreendemos na relação proporcional estabelecida no excerto a seguir, em que destacamos em negrito o efeito de sustentação: “Quanto maior o nosso conhecimento da rede de relações entre os seres vivos e o ambiente, mais condições teremos de preservar os ecossistemas do nosso planeta, **um dos grandes desafios do século XXI** (AMABIS; MARTHO, 2018, p. 193, grifo nosso).

E a partir deste efeito, cabe perguntar: Por que no século XXI? Relembramos que o efeito de pré-construído torna possível o dito a partir da retomada de algo que está fora do enunciado, um já-dito. Nesse sentido, compreendemos que esse último segmento tenha tal papel em vista do lugar de representação do século XXI no imaginário social, como palco de debate das questões de sustentabilidade. Assim, observamos um entrelaçamento dos conceitos ecossistêmicos à temática ambiental, que ocorre pelo funcionamento discursivo de efeitos de sustentação nos enunciados em análise.

Outro trecho em que os autores da obra desenvolvem um pouco mais a relação estabelecida no recorte anterior vem a seguir, no qual a locução conjuntiva subordinativa “uma vez que”, imprime um sentido de finalidade/utilitarismo para a ecologia neste trecho do corpo principal do texto, estabelecendo relação causal entre o desenvolvimento de estratégias de preservação e os conceitos ecossistêmicos: “A Ecologia torna-se imprescindível, uma vez que, para desenvolver estratégias globais de utilização dos recursos naturais, é fundamental conhecer a composição e o funcionamento dos ecossistemas” (AMABIS; MARTHO, 2018, p. 264).

Por meio de tais recortes, compreendemos um alinhamento dos conteúdos da ecologia de ecossistemas à temática ambiental, como produto das políticas públicas que nos editais de convocação já coagem sentidos a serem veiculados, como no seguinte excerto do documento oficial de convocação do PNLD de 2018:

Desse modo, é importante o entendimento das relações entre os conhecimentos da Biologia com os da Química e da Física, integrando-os na área de Ciências da Natureza, para entender processos como os referentes à origem e a à evolução da vida e do universo, ao fluxo de energia nos sistemas biológicos e às dinâmicas para a sustentabilidade dos ambientes naturais. Pelo conhecimento de Biologia, especificamente das dinâmicas dos organismos, dos ecossistemas e da vida em todas as suas associações com aspectos sociais e culturais, é possível compreender as questões controversas em torno das implicações das intervenções humanas nos ambientes (BRASIL, 2015, p. 53).

Outro enunciado no corpo do texto da obra em análise que nos chamou a atenção, diz respeito às relações que os autores da obra vão estabelecendo ao tratar sobre os processos de obtenção de energia e matéria:

Devemos lembrar que nossa espécie, assim como as outras espécies animais, necessita explorar os recursos do ambiente: temos de comer outros seres vivos para obter energia e matérias-primas, sem as quais não poderíamos sobreviver. Além disso, precisamos combater as espécies que nos causam doenças (bactérias, fungos, vermes, insetos etc.) e também as que disputam conosco o alimento, como parasitas e pragas que atingem nossas lavouras (AMABIS; MARTHO, 2018, p. 263).

O apontamento que fazemos diz respeito ao discurso-transverso que destacamos em negrito na primeira oração “Devemos lembrar que nossa espécie, **assim como as outras espécies animais**, necessita explorar os recursos do ambiente: temos de comer outros seres vivos para obter energia e matérias-primas, sem as quais não poderíamos sobreviver” (AMABIS; MARTHO, 2018, p. 263, grifo nosso). Em um primeiro momento, a relação entre a nossa espécie com as demais se faz de forma simétrica na medida em que necessitamos de processos exploratórios para conseguir nos alimentar e obter outros recursos para nossa manutenção e desenvolvimento. A relação nesse sentido, é tida como transparente, ou seja, a relação é evidente e literal.

Outra reflexão também se torna possível a partir do olhar que considera o desenvolvimento do ser humano e o histórico de interações que vêm se estabelecendo com os demais elementos da natureza ao longo dos anos. Nesse contexto, é possível compreender uma relação desigual pela referência do termo “explorar”, em negrito, que aqui compreendemos enquanto pré-construído para a expressão “Devemos lembrar que nossa espécie, assim como as outras espécies animais, necessita **explorar** os recursos do ambiente” (AMABIS; MARTHO, 2018, p. 263, grifo nosso). Explorar recursos do ambiente reclama na memória discursiva sentidos afiliados às atividades humanas em seu processo de intervenção na natureza, ou seja, há no imaginário social representações da ação antrópica no meio ambiente que (re)significa o termo “explorar”, colocando-o como assimétrico no enunciado de igualdade em análise.

Isto é, a exploração humana se configura de modo e intensidade bastante distintos do modo de ação de outros animais, como as técnicas de manejo do solo, forrageamento. Dito de outra forma, a palavra “explorar” significa em zonas discursivas diferentes no que diz respeito ao homem e sua comparação às outras espécies animais quando se busca na história e nos contextos de produção, as relações que estabelece. Esse aspecto torna visível a opacidade da língua.

O segundo aspecto que observamos diz respeito à segunda oração do recorte, “Além disso, precisamos combater as espécies **que nos causam doenças (bactérias, fungos, vermes, insetos etc.)** e também as que disputam conosco o alimento, **como parasitas e pragas que atingem nossas lavouras**” (AMABIS; MARTHO, 2018, p. 263, grifos nosso) em que os termos em destaque funcionam discursivamente enquanto discursos-transversos, introduzindo proposições de pensamento acerca dos objetos base. Tais enunciados, conjugados sobre uma regularidade discursiva, sustentam uma perspectiva antropocêntrica e finalista dos fenômenos biológicos neste excerto, mostrando-se enquanto representação corrente no imaginário social.

O Guia do Livro Didático de 2018 alerta sobre a ocorrência das compreensões finalistas e antropocêntricas de forma geral ao longo da história dos livros didáticos de biologia, em que pode aparecer em algum conceito ou trecho em diferentes obras. Assim, o documento aponta que esta forma de descrever as interações entre homem e natureza não é resultado apenas dos processos de adequação de linguagem, mas também das representações que se fazem de tais aspectos, em que há uma perspectiva de supremacia dos seres humanos em vista dos demais seres vivos, conforme é apresentado no documento:

Alguns trechos podem levar os estudantes a desenvolver uma leitura utilitarista do meio, ao apresentar microrganismos, plantas ou determinados animais, por exemplo, somente com a função de satisfazer as necessidades humanas. Uma visão antropocêntrica do fenômeno biológico pode se apresentar, ainda, quando são enfatizados os prejuízos que alguns seres vivos podem gerar ao ser humano, como os causadores de doenças e pragas agrícolas, em detrimento de sua importância ecológico-evolutiva (BRASIL, 2018, p. 21).

Assim, neste último recorte destacado no LD, as incidências explicativas²¹ destacadas em negrito reforçam uma consideração de outros seres vivos apenas em sua relação com o homem, destoando de algumas das recomendações do GLD 2018.

Ao longo do LD, os autores também apresentam orientações aos professores no trabalho de aspectos contextuais na abordagem do funcionamento dos ecossistemas, como pode ser visto no trecho abaixo que se encontra em destaque especial do texto:

Um aspecto importante que deve ser tratado são os gastos energéticos nas transferências alimentares e o conceito de produtividade. Embora pareçam apenas conceitos teóricos, eles estão presentes no nosso dia a dia. Um exemplo disso é que o preço dos alimentos é influenciado por essas relações (AMABIS; MARTHO, 2018, p. 194).

Os conceitos de transferência alimentar e produtividade são fundamentais ao se estudar os fluxos de energia e ciclo de matéria nos ecossistemas, os quais devem ser compreendidos em sua relação com o contexto atual e suas implicações para a atividade humana e a sociedade em geral. Na obra em análise, o trecho acima é trazido enquanto uma recomendação de abordagem no manual do professor, propiciando um contexto em que tais aspectos possam ser abordados. O contexto de produção de um conhecimento científico, especificamente, o econômico, é inerente à sua história e implicações, como afirma Pêcheux (1995): “[...] A produção histórica de um conhecimento científico dado não poderia ser pensada como uma “inovação nas mentalidades”, uma “criação da imaginação humana”, um “desarranjo dos

²¹ Incidente, pois revela o que se sabe a partir de outro lugar, e explicativa porque permite se pensar o objeto da proposição base introduzindo um novo pensamento, ver mais no capítulo 4.

hábitos do pensamento” etc., mas como efeito (e parte) de um processo histórico determinado, em última instância, pela própria produção econômica” (PÊCHEUX, 1995, p. 172).

Outras recomendações dizem respeito à forma como tais conteúdos programáticos podem ser abordados, conforme o seguinte excerto:

Um dos objetivos do capítulo é esclarecer porque a energia flui unidirecionalmente na natureza viva, dissipando-se pouco a pouco na forma de calor; isso é mostrado nas representações gráficas denominadas pirâmides ecológicas. [...] Diferentemente do fluxo unidirecional da energia, que se dissipa ao longo dos níveis tróficos, os elementos químicos são continuamente reciclados na natureza. No capítulo, enfatize as diferenças entre o comportamento da energia e o da matéria nos ecossistemas (AMABIS; MARTHO, 2018, p. 316).

No que diz respeito aos aspectos historiográficos da obra *Biologia Moderna* (AMABIS; MARTHO, 2018), os autores não trazem os contextos de produção ou fragmentos históricos da ecologia de ecossistemas ao longo do corpo do texto, nem caixas destacadas; o que dá indícios de funcionamento do que compreendemos enquanto um efeito de silenciamento constitutivo, ou seja, ao se dizer determinados enunciados, não se dizem outros. Esse efeito pode ser decorrente da produção do livro didático como um todo, com influências do Estado por meio das políticas públicas, do processo editorial e da própria concepção dos autores, sendo impraticável a nomeação de uma única causa.

De forma geral a abordagem dos conceitos de fluxo de energia e matéria no livro *Biologia Moderna* (AMABIS; MARTHO, 2018), se coloca, conforme compreendemos na acepção de Almeida et al. (2008), enquanto um discurso escolar relativo à Ciência, apresentando-se por meio de discursos transversos de ordem explicativa, não se tratando de um discurso científico propriamente dito, mas voltado ao ensino devido às suas raízes pedagógicas. Os efeitos de sustentação que destacamos em negrito nos excertos abaixo, reiteram tais considerações ao mostrar que esse processo de articulação traz explicações científicas complementares aos enunciados a que estão veiculados, como a seguir:

A energia emitida pelo Sol, **principalmente nas formas de luz e calor**, é proveniente de reações de fusão nuclear, **em que núcleos de hidrogênio se fundem, transformando-se em hélio**. É essa energia que possibilita a existência de vida na Terra: certos componentes da radiação solar aquecem o solo, as massas de água e o ar, propiciando um ambiente favorável à vida, e certos componentes da radiação solar são captados pelos seres fotossintetizantes para sintetizar moléculas orgânicas (AMABIS; MARTHO, 2018, p. 193, grifos nosso).

A porcentagem de energia efetivamente transferida de um nível trófico ao nível seguinte varia de acordo com os tipos de organismos envolvidos na

cadeia trófica, situando-se entre 5% e 20%. **Isso quer dizer que entre 80% e 95% da energia potencialmente presente em um nível trófico não é transferida para o nível seguinte.** No exemplo do coelho, **que se alimenta de vegetais**, a eficiência situa-se perto do limite inferior, **uma vez que os alimentos vegetais contêm grande quantidade de fibras; estas, apesar de conter energia em potencial, são inaproveitadas e eliminadas nas fezes** (AMABIS; MARTHO, 2018, p. 197, grifos nosso).

Nos excertos acima, compreendemos que os negritos indicam efeitos de sustentação de um discurso escolar relativo à Ciência, presente em grande parte dos recortes que realizamos. A partir disso, compreendemos que o aspecto pedagógico, voltado ao ensino, está bastante presente na obra de forma a relacionar-se com o conhecimento científico. Isso nos indica que o ensino da ecologia (de ecossistemas) é almejado pelos autores.

Os estudos de taxas de produtividade e aproveitamento energético aparecem ao longo dos textos principais, sendo produtos dos trabalhos desenvolvidos por Lindeman (1942), Odum (1988) dentre outros, ao longo da história. No entanto, articulam-se por literalidade, como se os sentidos fossem evidentes e não houvesse um histórico e um contexto de produção por trás deles. Quando Coutinho (1992) aponta sobre a necessidade de se problematizar dizeres ditos ecológicos, vemos nesse caso do livro, uma das situações que podem ser exploradas ao se questionar fatores que interferem e controlam a produtividade nas variadas escalas, assim como o papel do mercado, e de que forma essas tramas discursivas agenciam a criação de políticas e seus funcionamentos.

Em síntese, os recortes escolhidos evidenciam que a produção de sentidos na obra *Biologia Moderna* (AMABIS; MARTHO, 2018) a respeito dos conceitos de fluxo de energia e ciclos de matéria se alinham a discussões da temática ambiental no âmbito da ecologia de ecossistemas. No livro didático, também se mantém um discurso escolar relativo à Ciência por meio das várias incidências explicativas de um “discurso esvaziado de sujeito”. No que diz respeito aos aspectos historiográficos da ecologia de ecossistemas na obra em análise, não encontramos explicitações nos conteúdos analisados, ocorrendo um apagamento das origens e de seu contexto de produção, sendo apresentado por um efeito de evidência.

4.2 Possíveis efeitos de sentidos na obra *Conexões com a Biologia*

A coleção *Conexões com a Biologia* é da autoria de Thompson e Rios (2018), e editada pela editora Moderna. Trazemos alguns recortes de enunciados que estão localizados nos capítulos 3 e 4, intitulados “Fundamentos de Ecologia” e “Dinâmica dos Ecossistemas”,

respectivamente. Os autores do livro didático iniciam a discussão dos conceitos ecológicos estabelecendo uma relação de integração em larga escala dos ecossistemas, em que os fluxos de energia e ciclos de matéria seriam os elos entre as partes, conforme o excerto do corpo de texto principal:

Biosfera. Nível de organização mais abrangente, constituído por todos os ecossistemas do planeta. O conceito de biosfera nos ajuda a perceber que todos os ecossistemas da Terra estão interligados. Mesmo ecossistemas aparentemente muito distantes estão conectados por diversos fatores, como os fluxos de energia e de nutrientes transportados pelas correntes oceânicas e pelo ar ou as migrações dos animais (THOMPSON; RIOS, 2018, p.73).

A posição acima é resultada de anos de um intenso debate iniciado por Tansley (1935), sobre a interação de fatores bióticos e abióticos em um sistema, e que veio recebendo inúmeras contribuições ao longo das décadas seguintes. No entanto, o enunciado é apresentado como por uma literalidade de sentido, ou seja, descolado das controvérsias que marcaram esses debates em que os termos são compreendidos em (efeito de) transparência. Dessa forma, o enunciado pode ser compreendido a partir da ótica de um silenciamento constitutivo, no qual uma abordagem conteudista é privilegiada, pela própria enunciação de atributos e relações de determinado conceito, ao contrário de outra mais histórica, na relação do que é dito pelo não-dito.

Apesar disso, na obra identificamos um trecho do texto principal que traz uma breve retomada histórica da ecologia de ecossistemas:

Em 1935, o ecólogo inglês Arthur George Tansley (1871-1955) usou o termo ecossistema para descrever um sistema em que os componentes vivos e os não vivos interagem uns com os outros. Como todo sistema, o ecossistema é mais do que a soma de suas partes: as propriedades que o caracterizam surgem dos seus componentes e das interações entre eles (THOMPSON; RIOS, 2018, p.76).

Assim, os autores lançam mão da citação simples abordando aspectos temporais do fato científico, ou seja, o período (*quando*) em que ocorreu determinado evento, conforme estudado por Moraes (2016) ao analisar coleções didáticas de biologia do PNLD de 2015. No mesmo excerto, os autores também reconhecem algumas características dos ecossistemas, como os aspectos emergentes da interação entre seus constituintes, conforme evidenciado nos efeitos de sustentação em negrito que destacamos a seguir: “[...] Como todo sistema, o ecossistema é mais do que a soma de suas partes: **as propriedades que o caracterizam surgem dos seus componentes e das interações entre eles**” (THOMPSON; RIOS, 2018, p. 76, grifo nosso). Tal compreensão se aproxima da vertente holista ao se considerar o papel das características

emergentes de um dado sistema, em consonância das ideias de Tansley (1935) e Odum (1953) acerca do funcionamento de um ecossistema.

Os autores também trazem alguns objetivos da coleção didática no manual do professor que expressa compreensões sobre a ecologia de ecossistemas em seu funcionamento através dos ciclos de matéria e fluxos de energia, como o seguinte excerto:

Compreender fenômenos da natureza tendo como foco o conceito de vida e suas diferentes formas de manifestação, que, do ponto de vista biológico, é sempre um sistema organizado e integrado, que interage com o meio físico-químico através de um ciclo de matéria e de um fluxo de energia (THOMPSON; RIOS, 2018, p.285).

Outra produção de efeitos de sentidos sobre os conceitos de fluxo de energia e matéria que identificamos na coleção em análise diz respeito a discussão que fazem sobre a bioacumulação ou magnificação trófica, que por meio de alguns efeitos de sustentação que destacamos em negrito no trecho do texto principal a seguir, articulam os efeitos da poluição/impactos ambientais nas cadeias alimentares:

O estudo sobre as cadeias alimentares nos permite entender a forma como as concentrações de determinadas substâncias são passadas adiante no ecossistema. Qualquer substância **que não intervenha na respiração e não seja excretada** tende a acumular-se nos tecidos em um processo denominado magnificação trófica ou bioacumulação. É o caso dos agrotóxicos e outros poluentes não biodegradáveis, **que permanecem por muito tempo inalterados na água, no solo e na vegetação**. O resultado é a concentração desses produtos de forma cumulativa ao longo dos níveis tróficos da cadeia alimentar; **ou seja, organismos do final da cadeia tendem a apresentar maior concentração de poluentes em seus tecidos do que organismos de níveis tróficos anteriores** (THOMPSON; RIOS, 2018, p.113, grifos nosso).

Os discursos transversos destacados nos excertos acima, em negrito, trabalham efeitos de sentidos que se articulam a outros conceitos, como produtividade (respiração, excreção) e fatores abióticos (água, solo, etc.), e que por meio de incidências explicativas, trazem definições dos conceitos ecossistêmicos. Os autores também trazem no manual do professor algumas recomendações de tratamento dos conteúdos, como o seguinte trecho em um dos capítulos analisados: “Destaque como as necessidades básicas de todos os seres vivos (alimentação e reprodução) norteiam as relações que eles estabelecem entre si e com o meio” (THOMPSON; RIOS, 2018, p. 73). Trata-se de uma recomendação interessante ao se pensar nas relações humanas. Nesse sentido, até que ponto o consumo dos seres humanos funciona enquanto necessidade básica ou de que forma se guiam nas interações que estabelecem com os demais elementos do meio ambiente.

Dessa forma, em alguns dos enunciados selecionados da obra *Conexões com a Biologia* (THOMPSON; RIOS, 2018) compreendemos o funcionamento discursivo de efeitos de sustentação na circulação daquilo que denominamos anteriormente por um discurso escolar relativo à Ciência, conforme pode ser observado nos excertos a seguir, em que destacamos os discursos-transversos em negrito:

A manutenção do metabolismo dos seres vivos depende da energia contida nas ligações químicas dos nutrientes. A energia, por sua vez, encontra-se constantemente transitando entre os componentes bióticos do ecossistema, **que podem ser classificados de acordo com as relações de alimentação que estabelecem entre si. Essas relações tróficas constituem as cadeias alimentares** (THOMPSON; RIOS, 2018, p.108, grifos nosso).

Diferentemente da energia química, **produzida principalmente pelos organismos fotossintetizantes e de forma constante**, a matéria existe em quantidades limitadas no ambiente. Por essa razão, sua reciclagem é imperativa para a manutenção do equilíbrio ecológico. Essa reciclagem é realizada em circuitos naturais conhecidos como ciclos biogeoquímicos, **que envolvem tanto componentes bióticos como abióticos do ecossistema** (THOMPSON; RIOS, 2018, p.114, grifos nosso).

Outro aspecto que identificamos na obra, é o reconhecimento da importância da biodiversidade e seu papel fundamental no funcionamento dos ecossistemas, como no trecho “A ausência ou a diminuição da população de uma ou mais espécies em um fragmento podem alterar cadeias alimentares e relações ecológicas, levando ao desequilíbrio do ecossistema” (THOMPSON; RIOS, 2018, p.110) em consonância ao que é apontado por Golley (1993) e trabalhos correlatos sobre a estabilidade do ecossistema no que diz respeito ao funcionamento das cadeias alimentares.

Assim, a produção de sentidos a respeito dos fluxos de energia e ciclos de matéria na obra de Thompson e Rios (2018) apresentam os conceitos que se aproximam das colocações de Tansley (1935) e Odum (2007) no que diz respeito às influências holistas, ou seja, sobre a emergência de características singulares a partir da interação das partes no todo, de forma sistêmica. Além disso, alguns dos conteúdos veiculados são apresentados em vista de aspectos da temática ambiental, conforme orientações dos documentos normativos.

De forma geral, os efeitos de sentidos são produzidos articulando-se por incidências explicativas de um discurso escolar relativo à Ciência, predominantemente descolada de aspectos sociais, políticos e econômicos. Quanto ao caráter historiográfico da abordagem da ecologia de ecossistemas, não há uma explicitação aprofundada, com apenas citações breves de ecólogos e datas.

4.3 Possíveis efeitos de sentidos na obra *Biologia Hoje*

A coleção *Biologia Hoje* é da autoria de Linhares, Gewandsznajder e Pacca (2018) e editado pela editora Ática. Realizamos recortes a partir do tema 4, intitulado “Ecologia” compreendendo cinco capítulos, até o tema 5, “Biosfera e Poluição”, sendo constituído por três capítulos. Iniciamos as análises a partir do trecho abaixo, localizado no corpo de texto principal da obra, em que o excerto traz uma breve discussão sobre o consumo de recursos e o papel da ecologia:

Assim como os humanos, os demais seres vivos consomem recursos do ambiente. No entanto, nossa necessidade cada vez maior de consumir, sem levar em conta os impactos socioambientais dessa postura, tem afetado o meio ambiente de uma forma que pode ser irreversível. Para evitar que os recursos naturais sejam comprometidos, é preciso que a interferência humana no ambiente seja consciente e responsável. Nesse sentido, conhecer os conceitos de ecologia nos ajuda a participar, de forma esclarecida, das decisões que afetam a sociedade e o meio ambiente (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2018, p. 171).

Um primeiro aspecto a ser abordado diz respeito ao enunciado: “[...] No entanto, nossa necessidade cada vez maior de consumir, **sem levar em conta os impactos socioambientais dessa postura**, tem afetado o meio ambiente de uma forma que pode ser irreversível” (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2018, p. 171, grifo nosso); em que por meio de um efeito de sustentação, em negrito, há a produção de efeitos de sentidos pelos autores da obra em associar as práticas de consumo da natureza, aos impactos ambientais. Os autores estabelecem a relação entre “necessidade” e “maior consumo” enquanto literal, transparente, sem um questionamento. Nesse excerto, a “necessidade” adquire o sentido de consumo desenfreado, assim, o trecho pode ser parafraseado na seguinte oração: “o consumo desenfreado desconsidera os impactos socioambientais e, com isso, afeta o ambiente, possivelmente de modo irreversível”.

Essa primeira consideração que alerta para os riscos dos impactos relativos ao consumo de recursos naturais se torna base para o segundo aspecto que compreendemos no enunciado que segue no recorte: “[...] é preciso que a interferência humana no ambiente seja consciente e responsável. Nesse sentido, **conhecer os conceitos de ecologia nos ajuda a participar, de forma esclarecida, das decisões que afetam a sociedade e o meio ambiente** (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2018, p. 171, grifo nosso), em que o trecho em negrito agrega à ecologia papéis relacionados à temática ambiental, no que diz respeito aos seus conteúdos para subsidiar tomadas de decisão.

É importante salientar que os autores consideram no trecho em análise uma participação “de forma esclarecida” nas decisões em sociedade, e assim, cabe questionar o significado de “esclarecido” na oração. Nos parece que essa expressão funciona enquanto uma retomada de algo já-dito, fora do enunciado, ou seja, funciona como um pré-construído acerca do que “de forma esclarecida” significa em vista dos debates atuais, e que por um efeito da memória discursiva, torna possível o dito. A expressão “nesse sentido” pode ser trocada pela conjunção conclusiva “portanto”, não lhe alterando o sentido, o que torna ainda mais evidente uma visão “ecologizante” da temática ambiental: “[...] é preciso que a interferência humana no ambiente seja consciente e responsável. Portanto, conhecer os conceitos de ecologia nos ajuda a participar, de forma esclarecida, das decisões que afetam a sociedade e o meio ambiente”. Dessa forma, conhecer sobre ecologia seria o suficiente para as pessoas tomarem decisões conscientes para não poluir, não consumir em demasia, não desmatar etc.

A seguir, trazemos um recorte em que compreendemos ser comum o uso de efeitos de sustentação, por meio de incidências explicativas, para apresentar alguns dos conceitos ecossistêmicos na obra em análise, como será detalhado adiante. Conforme dissemos, trata-se de um recurso que associamos à enunciação de um discurso escolar relativo à Ciência, conforme pode ser observado no seguinte trecho que está ao longo corpo principal do texto:

Os resíduos de cada nível trófico são disponibilizados para a cadeia alimentar pela ação dos decompositores, sendo utilizados mais uma vez pelos produtores. Assim, podemos dizer que a matéria de um ecossistema está em permanente reciclagem. No entanto, parte da energia é transformada em trabalho celular ou sai do corpo do organismo na forma de calor – e esta é uma forma de energia que não pode ser usada na fotossíntese. Por isso, o ecossistema precisa, constantemente, receber energia de fora e há um fluxo unidirecional de energia, que vai dos produtores para os consumidores (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2018, p. 180).

O enunciado aprofunda a discussão sobre os ciclos de matéria e os fluxos de energia em um ecossistema, a partir dos componentes de uma cadeia alimentar: produtores, consumidores e decompositores. Dessa forma, ao abordar sobre a energia, os autores da obra vão estabelecendo diferenças entre aquelas que fluem ao longo dos níveis tróficos em diferentes processos, e aquelas que se dissipam, como é o caso do calor, conforme pode ser visto no trecho: “No entanto, parte da energia é transformada em trabalho celular ou sai do corpo do organismo na forma de calor – **e esta é uma forma de energia que não pode ser usada na fotossíntese**” (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2018, p. 180, grifo nosso) pela articulação de uma incidência explicativa, em negrito.

Outro efeito de sustentação se faz presente na oração: “Por isso, o ecossistema precisa, constantemente, receber energia de fora e há um fluxo unidirecional de energia, **que vai dos produtores para os consumidores** (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2018, p. 180, grifo nosso), especificando a direção dos fluxos energéticos em uma cadeia alimentar. Quanto a este aspecto, os estudos de Odum e Barret (2007) com base nas leis da termodinâmica, nomeadamente a Lei de Conservação de Energia e a Lei de Entropia, contribuíram para a constituição de uma fundação teórica para o funcionamento dos ecossistemas, conforme visto no capítulo 2, o que, no entanto, não é explicitado na obra em análise. Dessa forma, os conceitos ecossistêmicos aparecem descolados de seus contextos históricos de produção.

Ao abordarem os ciclos de matéria e fluxo de energia na natureza, os autores o fazem apresentando as noções de cadeias e teias alimentares, associando-as à necessidade de preservação do ambiente e ao possível desequilíbrio ecológico, como pode ser observado nos recortes abaixo:

As diferentes relações entre esses seres vivos estabelecem um delicado equilíbrio ecológico, no qual a eliminação de alguns organismos pode prejudicar vários outros seres vivos. Imagine, por exemplo, que o número de onças de uma das cadeias que compõem a teia alimentar representada abaixo diminuísse drasticamente. Isso faria com que o número de capivaras aumentasse, conseqüentemente, o número de plantas diminuiria, o que seria prejudicial para todos os organismos desse ecossistema (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2018, p. 179).

[...] Toda espécie faz parte de uma teia alimentar e sua extinção pode provocar desequilíbrios ecológicos e até mesmo o desaparecimento de outras espécies. Se pássaros, aranhas e outros animais que comem insetos herbívoros forem eliminados, por exemplo, esses insetos poderão se multiplicar e destruir plantações (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2018, p. 182).

Outro apontamento sobre os recortes é que o excerto: “[...] se pássaros, aranhas e outros animais que comem insetos herbívoros forem eliminados, por exemplo, **esses insetos poderão se multiplicar e destruir plantações**” (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, p. 182, grifo nosso) traz uma perspectiva antropocêntrica e finalista sobre os insetos, em que estes são concebidos enquanto pragas para a agricultura, fenômeno observado no GLD de 2018.

A relação entre a temática ambiental e alguns dos conceitos ecossistêmicos aqui abordados também é retratada em outras passagens, sendo inclusive, retomadas no manual do professor ao final da obra, em que trazem a seguinte recomendação:

[...] “Que problemas os plásticos e os metais pesados causam na cadeia alimentar?”. Esta última questão permite estabelecer a ligação entre cadeia alimentar e os desequilíbrios ecológicos, contribuindo para despertar no aluno

uma atitude responsável em relação à preservação do ambiente e à necessidade da reciclagem (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2018, p. 346).

Quanto a estes efeitos de sentido, é importante lembrar que Odum (2007) abordou sobre o funcionamento de ecossistemas quanto à sua estabilidade, relacionando o conceito de fluxo de energia em seu equilíbrio. Conforme abordamos no capítulo 2, o decréscimo dos fluxos de energia está ligado ao aumento da complexidade de um ecossistema, em que há o desenvolvimento de rotas múltiplas, acarretando fluxos alternativos. Nas palavras de Golley (1993, p. 100), “[...] a estabilidade de um ecossistema dependeu diretamente da diversidade de espécies daquele sistema. As espécies representam diferentes nichos alimentares e transferências de energia”. Dessa forma, os autores da obra *Biologia Hoje* (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2018) trazem uma elucidação do funcionamento dos ecossistemas em vista dos potenciais impactos em sua estrutura, como o desequilíbrio ecológico.

No que diz respeito ao emprego de aspectos históricos no tratamento do conteúdo ecossistêmico, identificamos alguns trechos em que esse processo pode ser observado:

Um exemplo de pirâmide de biomassa, descrito pelo ecologista estadunidense Eugene Odum (1913-2002). Ele calculou que, durante um ano, cerca de 8 toneladas de alfafa sustentam 1 tonelada de bezerros e estes alimentam um adolescente de 47kg no mesmo período (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2018, p. 182).

Em 1934, o cientista russo G.F. Gause (1910-1986) estudou o efeito da competição interespecífica em duas espécies do protozoário *Paramecium*: *P. aurelia* (de 40um a 130um de comprimento) e *P. caudatum* (menos de 0,25um de comprimento) (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2018, p. 205).

Esse tipo de mimetismo é chamado mimetismo batesiano, em homenagem ao seu descobridor, o naturalista inglês Henry Bates (1825-1892). Outro caso de mimetismo ocorre quando várias espécies, todas protegidas contra predadores por alguma defesa, como veneno ou gosto ruim, evoluem e passam a apresentar a mesma aparência [...] Esse fenômeno foi descrito pelo zoólogo alemão Fritz Müller (1831-1897) e é chamado mimetismo mülleriano (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2018, p. 207).

Apesar da presença variada de conteúdos acima, observamos um tipo de apagamento na obra quanto ao caráter historiográfico e às filiações teóricas do conhecimento abordado. Por um efeito de silenciamento constitutivo, ou seja, o não-dito como decorrência do dito, a obra privilegia determinados aspectos em detrimento de outros, tais como a presença conteudista do assunto e o descolamento do histórico de sua abordagem, sendo apresentado apenas o formato cientista-data-fato científico.

Notamos a presença de um quadro de destaque quanto ao caráter histórico, dentre todos os capítulos analisados, intitulado “A Ecologia e o conceito de sustentabilidade” (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2018, p. 173), no qual os autores abordam os impactos advindos da poluição na Revolução Industrial, com a formação dos *smogs* em Londres no ano de 1952. É introduzido também o papel dos movimentos ambientalistas e os primeiros eventos voltados às questões ambientais, como a Conferência de Estocolmo. No entanto, o quadro (Figura 19, p. 121) não desenvolve o conceito de sustentabilidade nem o cita ao longo do texto, apenas afirmando:

Princípios e conceitos definidos na ocasião tornaram-se base para o desenvolvimento da área do meio ambiente e, a partir dessa conferência, foram criadas inúmeras questões que colaboram até hoje para a mudança no pensamento e comportamento de grande parte da sociedade (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2018, p. 173).

Em síntese, a obra em análise discute os conceitos de ciclo de matéria e fluxos de energia alertando para o impacto dos desequilíbrios ecológicos pela perda de biodiversidade de um ecossistema, sendo recorrente a enunciação de um discurso escolar relativo à Ciência pelo emprego de efeitos de sustentação para dar suporte às noções trabalhadas. Também notamos que a temática ambiental é entrelaçada aos conteúdos ecossistêmicos, nos quais há a indicação de formas de trabalho em sala de aula no manual do professor disposto ao final do livro didático, assim como uma visão “ecologizante” da temática ambiental, em que os conteúdos ecossistêmicos selecionados nesta pesquisa são alinhados aos dizeres de conscientização para uma participação esclarecida do sujeito em sociedade.

Quanto à abordagem de aspectos historiográficos, nos recortes que fizemos ao longo do corpo de texto principal, fica evidente a citação breve com ênfase no aspecto cronológico da informação, ou seja, o período (*quando*) no qual ocorreu. No quadro de destaque (Figura 19, p. 121), compreendemos uma abordagem sobre sustentabilidade, sem, no entanto, uma discussão pormenorizada do conceito anunciado no título da sessão e das relações sociais e políticas do ocorrido. Dessa forma, em vista dos recortes, é predominante uma abordagem historiográfica dos conteúdos de ecologia de ecossistemas escassa ao longo dos capítulos analisados.

4.4 Desdobramentos

Ao longo desta pesquisa procuramos compreender como os autores dos LD enunciam noções da ecologia de ecossistemas, identificando o funcionamento discursivo que utilizam, tendo em vista seu entendimento enquanto disciplina escolar. Utilizamos “noções” da ecologia

de ecossistemas, pois trata-se de um trabalho elaborativo, uma representação do objeto “ecologia de ecossistemas” a partir do universo de referência do conjunto autores-editora-Estado. Dessa forma, são constructos que surgem do diálogo interno a partir de um conhecimento socialmente aceito e as valorações que esse conjunto carrega, em sua subjetividade.

Da mesma forma que um discurso escolar relativo à Ciência não se trata mais de um discurso científico ou “discurso da Ciência”, em decorrência das modificações que se operam nesse primeiro, como a influência pedagógica; o discurso presente no livro didático sobre ecologia de ecossistemas similarmente não representa um “discurso ecossistêmico”. É antes moldado aos pressupostos ideológicos do conjunto autores-editora-Estado, sofre conformações, executa-se alterações nas produções de efeitos de sentido pela movimentação de uma formação discursiva mais “científica” à outra, “escolar”. No entanto, esse processo guarda marcas, que como todo processo de enunciação, torna possível a sua retomada e o estudo das regularidades discursivas aí desencadeadas, por meio da ocorrência de encaixes e articulações.

Nas três obras analisadas, foi similar o uso de discursos-transversos de ordem explicativa e científica, para sustentar os enunciados e os conceitos apresentados. Sendo o LD um recurso voltado ao ensino, já era de se esperar que houvesse a predominância de um discurso escolar relativo à Ciência. Tal fato é colaborado pelo funcionamento do manual do professor, que dispõe de sugestões de trabalhos, leituras e comentários para elucidação e articulação do conteúdo ecossistêmico.

Outra característica presente nas obras que analisamos diz respeito ao entrelaçamento dos conceitos ecossistêmicos à temática ambiental. Trechos como: “[...] A Ecologia torna-se imprescindível, uma vez que, para desenvolver estratégias globais de utilização dos recursos naturais, é fundamental conhecer a composição e o funcionamento dos ecossistemas” (AMABIS; MARTHO, 2018, p. 264) da obra *Biologia Moderna*; e “[...] conhecer os conceitos de ecologia nos ajuda a participar, de forma esclarecida, das decisões que afetam a sociedade e o meio ambiente (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2018, p. 171) da obra *Biologia Hoje*, tratam de alguns dos exemplos em que à ecologia, é delegada a função de conscientização da população.

Os autores do LD ao apresentarem o conteúdo, vinculam aspectos da temática ambiental definindo papéis de ação da ecologia (de ecossistemas) em sociedade, como se por meio do estudo de seus conceitos, os sujeitos pudessem compreender os problemas ambientais

enfrentados no século XXI, e dependesse exclusivamente de suas ações para solucioná-los. Assim, por exemplo, ao tratarem de ciclo da matéria e de recursos naturais, abordam sobre exploração de biomas, poluentes etc., convocando o sujeito a refletir sobre o tema. Essa representação da ecologia (de ecossistemas) ligadas à temática ambiental se fez mais presente nas duas obras com os trechos acima descritos. No LD Conexões com a Biologia (THOMPSON; RIOS, 2018), os conceitos ecossistêmicos articularam-se por um discurso escolar relativo à Ciência, ou seja, com ênfase em definições científicas e aplicações voltadas ao ensino.

Quanto a esse aspecto, Bezzon e Diniz (2020) afirmam que diante das análises que realizaram com as três coleções didáticas de biologia do EM no PNLD 2015, observam um “[...] discurso romantizado, que convoca todos os seres humanos, de todas as nações, a encontrarem soluções. Esse discurso idealizado homogeneiza os seres humanos, igualando suas diferenças e diluindo suas responsabilidades para com a problemática ambiental” (BEZZON; DINIZ, 2020, p. 12). Assim, os pesquisadores supracitados afirmam que as classes exploradas e oprimidas, que são as vítimas de um sistema de produção que exaure o meio ambiente, são as culpabilizadas pela crise ambiental; enquanto as classes dominantes e opressoras têm suas responsabilidades encobertas por um discurso de igualdade. Nesse sentido, os livros didáticos contribuem para a reprodução dessas relações de dominação.

Dessa forma, tendo em vista a primeira questão de pesquisa dessa tese, ou seja, como podem ser produzidos efeitos de sentidos nos livros didáticos de biologia do Ensino Médio do PNLD 2018 selecionados para este estudo no que diz respeito à ecologia de ecossistemas? Por meio das análises dos enunciados, o funcionamento discursivo empregado pelos autores dos LD se faz pelo uso de pré-construídos e efeitos de sustentação que articulam aspectos da temática ambiental aos conceitos ecossistêmicos, caracterizando-se por uma “ecologização” dos fenômenos ambientais. Em vista do caráter pedagógico do LD, também é recorrente o emprego de efeitos encaixe e articulação de ordem mais conteudista, frequentemente presentes nos discursos escolares relativos à Ciência. Dessa forma, nas passagens dos recortes analisados, se faz presente um discurso que visa trazer definições e aplicações do conteúdo, colocando em detrimento outros aspectos sócio-históricos.

A predominância deste tipo de abordagem, ou seja, da grande frequência de aspectos conteudistas em detrimento de outros, auxilia a responder a segunda questão de pesquisa desta tese, no que diz respeito à historiografia, isto é, como aspectos historiográficos são abordados

no que diz respeito à ecologia de ecossistemas presente nos livros didáticos de biologia do Ensino Médio selecionados para este estudo?

Reconhecemos que os conceitos ecossistêmicos abordados nas obras analisadas são fruto de discussões intensas ao longo do processo de construção da ecologia de ecossistemas. Mesmo que não esteja explicitado, nas obras os autores retomam conceitos de cadeia alimentar de Charles Elton, níveis tróficos de Lindeman (1945), fluxos de energia de Odum e Barret (2007), dentre outros conceitos fundamentais. No entanto, sua abordagem se faz predominantemente descolada de aspectos históricos, de suas filiações teóricas.

Em duas obras, *Conexões com a Biologia* (THOMPSON; RIOS, 2018) e *Biologia Hoje* (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2018), há citações breves sobre algum ecólogo específico, como por exemplo Tansley (1935), ao explicar o que é um ecossistema, no formato cientista-data acompanhado do trabalho que desenvolveu. Em *Biologia Hoje* (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2018) há a presença de um quadro em destaque apresentando um conteúdo por meio de uma abordagem histórica, no caso “A Ecologia e o conceito de sustentabilidade”, o que, no entanto, não traz aprofundamentos e trata do conceito de forma escassa. Dessa forma, no que diz respeito aos aspectos historiográficos da ecologia de ecossistemas tratados nas obras analisadas nesta pesquisa, podemos afirmar que são escassos e/ou ausentes.

Bezzon e Diniz (2020) apontam que as obras analisadas no PNLD 2015 não trazem historicização a respeito da construção do conceito de ecossistema, não havendo textos sobre o contexto e as influências em torno de sua elaboração, assim “[...] os conhecimentos de Ecologia e, por conseguinte, o conceito de ecossistema permanecem monolíticos e mistificados, elaborados por cientistas [...] distantes da realidade dos professores e alunos” (BEZZON; DINIZ, 2020, p. 12), contribuindo para uma limitação do ensino de biologia, mistificando a produção do conhecimento e do fazer científico.

Uma das coleções analisadas pelos pesquisadores supracitados foi da autoria de José Mariano Amabis e Gilberto Rodrigues Martho, intitulada *Biologia em Contexto* (AMABIS; MARTHO, 2013)²², os mesmos autores da obra analisada nesta tese, *Biologia Moderna* (AMABIS; MARTHO, 2018). Uma análise comparativa das duas obras poderia ser interessante

²² O Guia do Livro Didático de 2015 com a resenha dessa e demais coleções aprovadas, pode ser encontrado em: < <https://www.fnde.gov.br/index.php/programas/programas-do-livro/pnld/guia-do-livro-didatico/item/5940-guia-pnld-2015>>. Acesso em 4 de Janeiro de 2021.

para se compreender possíveis mudanças. No capítulo 2 também discutimos que o aspecto histórico apareceu na discussão de outros três trabalhos (LEAL, 2001; CUNHA; AMARO; CARMO, 2014; BERMUDEZ; LONGHI; GRAVIDIA, 2015), sendo retratado de forma escassa nos materiais analisados pelos pesquisadores, tratando-se assim, de uma situação recorrente no tempo.

Dissemos anteriormente que esse apagamento é efeito de um silenciamento constitutivo nas obras. Surge da relação do dito e o não-dito. O edital de convocação do PNLD 2018 se manifesta quanto aos aspectos históricos em seus critérios eliminatórios para o componente curricular de biologia: “Orienta a construção de uma compreensão dos conhecimentos das Ciências Biológicas e suas teorias a partir de modelos explicativos elaborados em contextos sócio-históricos específicos” (BRASIL, 2015, p. 55). O que pode ocorrer nesse caso, é o papel do valor que o processo histórico possui para as editoras e autores dos LD. Assim, se privilegia algumas abordagens e conteúdos, em que ao se dizer determinadas coisas, não se diz outras.

Robin (1977) afirma que “[...] o discurso só é discurso quando se refere a suas condições de produção” (ROBIN, 1977, p.26), instituindo o discurso enquanto objeto de estudo do historiador. Sendo o discurso demarcado historicamente, tal associação não poderia ser discrepante. A enunciação dos discursos sobre ecologia de ecossistemas fornece indícios sobre o contexto de produção em que estão sendo produzidos. Nesse sentido, se consideramos os trechos analisados como recortes de discursos da tríade autores-editora-Estado sobre essa temática, é possível afirmar que apesar das orientações à cerca da proposição do componente curricular de biologia dever contemplar aspectos históricos, isso é feito de forma dissonante entre os conteúdos, e no que diz respeito à ecologia de ecossistemas, de forma escassa. Esse é o contexto de produção desses discursos quanto ao aspecto histórico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos apontamentos realizados até o momento, é possível refletir sobre a constituição de uma regularidade discursiva a respeito da ecologia de ecossistemas nas obras didáticas. Por meio dos encaixes e articulações, ou seja, da presença de pré-construídos e discursos-transversos, há a produção de uma série de enunciados típicos de uma formação discursiva sobre a ecologia (de ecossistemas) dos LD. Na qual circula dizeres e representações de como essa mesma ecologia deve se configurar no ensino, isto é, aquilo que pode e deve ser dito sobre esse campo de conhecimento no LD.

Entretanto, reconhecemos que quaisquer generalizações a partir da análise de apenas 3 dentre as 10 obras didáticas que compuseram o PNLD de 2018 é uma fragilidade, no entanto, concebemos tendências discursivas na produção de efeitos de sentidos sobre ecologia de ecossistemas no ensino.

Por um efeito da memória discursiva, o discurso no LD sobre a ecologia de ecossistemas se conjuga a partir das formações ideológicas do conjunto autores-editora-Estado, ou seja, é por meio dos pré-construídos e discursos-transversos de noções sobre esse campo de conhecimento em sua relação com pressupostos ideológicos, que há a estabilização de efeitos de sentidos do que se deseja disseminar. Chamaremos assim, “discurso escolar ecossistêmico” possíveis efeitos de sentidos produzidos na leitura de obras didáticas, a partir da interface ensino (de biologia/ ecologia) e o campo de estudos da ecologia de ecossistemas. O contexto de produção desses efeitos de sentidos é o da ecologia de ecossistemas enquanto disciplinar escolar.

O “discurso escolar ecossistêmico” tem como característica a articulação de conceitos da ecologia de ecossistemas que podem estar entrelaçados à temática ambiental, pressupondo um processo de conscientização do sujeito e provendo entendimento sobre problemáticas ambientais de forma que o torne capaz de tomar decisões em sociedade e participar de debates. No entanto, pode reproduzir uma ideia de igualdade entre as classes vítimas de modelos predatórios de exploração do meio ambiente e aquelas dominantes, em um tom que culpabiliza os primeiros, por serem maioria, e suaviza os últimos, por serem minoria. Também reconhecemos uma aproximação aos discursos da Educação Ambiental, pelo caráter educativo e a temática ambiental presentes em sua circulação.

Esse discurso também é caracterizado por apresentar conceitos predominantemente descolados de seus contextos de produção e dos aspectos históricos que influenciaram sua elaboração, ou seja, suas filiações teóricas. Assim, a natureza do “discurso escolar ecossistêmico” é heterogênea, sendo possível encontrar elementos de formações discursivas distintas: como a Pedagógica, devido aos contextos de produção no trabalho com habilidades de ensino e pressupostos teórico educacionais dos LD; a Ecológica, no que diz respeito aos conceitos ecossistêmicos que se traduzem em noções trabalhadas pela tríade autores-editora-Estado; e a Ambientalista, quanto a abordagem de aspectos da temática ambiental ao longo da obra.

Quanto a essa última, a Ambientalista, cabe dizer que os conteúdos nos livros didáticos de biologia sofrem um processo de redução, dada a enorme quantidade de conceitos e fatos que devem ser abordados, assim como também recebem um foco que é orientado pelos documentos oficiais. É em vista dessas orientações legislativas que os conteúdos se adequam às abordagens daquele contexto de produção atual das obras e exibem determinada conjuntura. Esse foco das obras, em vista das orientações, pode explicar o porquê talvez a temática da ecologia de ecossistemas venha recebendo uma “guinada” em direção à temática ambiental, ou seja, pela importância que adquiriu nos últimos anos. Isso também significa que em outro momento histórico, os interesses eram outros e similarmente, o foco dos conteúdos ecossistêmicos também.

Além disso, essa tendência discursiva, que aqui nomeamos “discurso escolar ecossistêmico”, pode sofrer outras conformações no restante das coleções didáticas do PNL 2018 do componente curricular biologia, pois editoras e autores possuem representações e leituras de mundo que variam. E assim, em sua relação com os documentos do Estado, pode adquirir outras características. Contudo, acreditamos que o LD também é um produto de dominação do Estado, e caso determinada mercadoria cultural seja muito divergente do esperado, a coleção é descartada ou inutilizada.

Com isso, queremos dizer que se o “discurso escolar ecossistêmico” exibe determinada tendência, é por um efeito da memória discursiva, ou seja, da conjugação de um discurso sob um outro prévio em uma série regular, indeterminadamente. É um efeito de história que torna possível o dito, e assim, ressoa no imaginário social a respeito da ecologia de ecossistemas. Também é importante lembrar que práticas sociais alteram essa (re)produção discursiva, em que a rede de sentidos está sempre à deriva.

Acreditamos que a pesquisa realizada contribui com o desenvolvimento de outras formas de incluir ecologia (de ecossistemas) nos livros didáticos, e conseqüentemente de trabalhá-la na escola, ao refletirmos sobre seu campo de estudos nas interfaces com a História, a Linguagem e o Ensino de Ciências. Dessa forma, reforçamos o que foi colocado por Coutinho (1992) há quase 30 anos atrás, sobre a necessidade de se problematizar a natureza de um discurso dito ecológico e seu agenciamento na educação e em sociedade. Em nossos resultados, é possível observar uma “ecologização” dos fenômenos sociais, em que a ecologia é colocada enquanto instância que conscientiza e prescreve ações e soluções para as crises enfrentadas.

Não houve tantas mudanças. Bezzo e Diniz (2020) defendem que se faz necessário uma produção mais crítica do livro didático, que incorpore e supere o que já existe, acrescentando ou explicitando um caráter mais humano, histórico e controverso nas obras. No levantamento sobre o tema ecologia e os livros didáticos, vários pesquisadores (LEAL, 2001; CUNHA; AMARO; CARMO, 2014; BERMUDEZ; LONGHI; GRAVIDIA, 2015) também chamaram a atenção ao valor que o aspecto histórico possui na abordagem dos conteúdos.

Na história de desenvolvimento da ecologia de ecossistemas, há relatos de seu emprego enquanto subsídio em propagandas políticas, como a proposta *nazi* pelos ecólogos alemães (KATO, 2014). E a ideologia age dessa forma: dissimulando sua existência no interior de seu funcionamento. É nesse jogo de assujeitamento e coerção que se constituem mecanismos legislativos, instaurando práticas e representações de mundo do que seria o normal e o adequado em resposta ao interesse de determinados grupos.

Compartilhamos da posição dos pesquisadores, e lembramos a importância do papel das políticas públicas e a noção do Estado a respeito da ecologia e suas aplicações. Que haja a problematização de discursos ditos ecológicos naturalizados, cujas raízes foram apagadas e os contextos de produção, silenciados. Que se faça uma produção crítica dos recursos didáticos, levando em consideração o resultado das pesquisas na área de Ensino de Ciências, no diálogo com a produção científica, valorizando-os historiograficamente. E que se discuta aspectos filosóficos e sociológicos do campo de estudos da ecologia (de ecossistemas), compreendendo seus modos de ação, aplicações e limitações nos livros didáticos.

Nenhum conhecimento é neutro. Tudo é ideológico.

REFERÊNCIAS

ACOT, P. **História da ecologia**. Rio de Janeiro: Campus, 1990.

ALMEIDA, M. J. P. M. Historicidade e interdiscurso: pensando a Educação em Ciências na escola básica. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 10, n. 3, p.333 – 341, 2004.

_____. O texto de divulgação científica como recurso didático na mediação do discurso escolar relativo à ciência. In: PINTO, G. A. (Org.). **Divulgação científica e práticas educativas**. Curitiba: Editora CRV, p. 11-24, 2010.

ALMEIDA, M. J. P. M.; CASSIANI, S.; OLIVEIRA, O. B. **Leitura e escrita em aulas de ciências: luz, calor e fotossíntese nas mediações escolares**. Florianópolis: Letras contemporâneas, 2008.

AMABIS, J. M; MARTHO, G. R. **Biologia em Contexto**. Editora Moderna, São Paulo, 2013.

_____. **Biologia Moderna**. Editora Moderna, São Paulo, 2018.

BASSO, L. D. P.; TERRAZZAN, E. A. Estudo sobre o processo de escolha de livros didáticos de ciências recomendados pelo PNLD 2013 em escolas de educação básica. **Cadernos de Educação**, Pelotas, n. 50, p. 01-11, 2015.

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecology from individuals to ecosystems**. United Kingdom: Blackwell Publishing, 4. ed, 2006.

BERMUDEZ, G. M. A.; LONGHI, A. L.; GRAVIDIA, V. La enseñanza monumentalista y utilitarista de las causas de la biodiversidad y de las estrategias para su conservación: un estudio sobre la transposición didáctica de los manuales de la Educación Secundaria española. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 21, n. 3, 2015.

BEZZON, R. Z.; DINIZ, R. E. S. O conceito de ecossistema em livros didáticos de biologia do ensino médio: abordagem e possíveis implicações. **Educação em Revista**, Belo Horizonte, v.36, 2020.

BIANCHI, V.; ROCHA, V. R. Sobre impactos ambientais em livros didáticos de biologia do ensino médio. **Revista SBEnBio**, Maringá, n. 9, p. 1804, 2016.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: <
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em 29 de Janeiro de 2021.

_____. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Lei n. 9.394 de 20 de dezembro de 1996, DOU 23/12/96.

_____. **Parâmetros Curriculares Nacionais:** introdução aos parâmetros curriculares nacionais. Brasília: SEF/MEC, 126p, 1997.

_____. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**, Brasília: MEC/Semtec, 2000.

_____. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **PCN Ensino Médio:** orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/Semtec, 2002.

_____. Ministério da Educação (MEC) e Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). **Matriz de referência para o ENEM**, Brasília: MEC/INEP, 2009.

_____. Ministério da Educação (MEC). **Qualis**. Brasília: MEC, 2009b. Disponível em: <<https://www.gov.br/capes/pt-br/assuntos/noticias/capes-aprova-a-nova-classificacao-do-qualis>>. Acesso em 29 de Dezembro de 2020.

_____. Ministério da Educação (MEC). **Diretrizes curriculares nacionais para o ensino médio**. Brasília, 2012.

_____. Ministério da Educação (MEC). **Edital de Convocação 4/2015-CGPLI**. Processo de Inscrição e Avaliação de Obras Didáticas para o Programa Nacional do Livro Didático - PNLD 2018. Brasília: MEC, 2015.

_____. **Decreto nº 9.099, de 18 de Julho de 2017**. Dispõe sobre o Programa Nacional do Livro e do Material didático. D.O.U, 19 de Julho de 2017, seção 1. Brasília, 2017.

_____. Ministério da Educação (MEC). **PNLD 2018: Biologia – guia de livros didáticos – Ensino Médio/ Secretaria da Educação Básica (SEB)**. Brasília, 2018.

_____. Ministério da Educação (MEC). **PNLD 2018 – Valores de aquisição por editora**. Brasília, 2018b.

_____. Ministério da Educação (MEC). **Diretrizes curriculares nacionais para o ensino médio**. Brasília, 2018c.

BRITTO, T. F. **O livro didático, o mercado editorial e os sistemas de ensino apostilados**. Centro de Estudos da Consultoria do Senado, Brasília, 2011. Disponível em <<http://www2.senado.leg.br/bdsf/handle/id/201152>> Acesso em 6 de Maio de 2019.

BRUGLIATO, E. T. **Um estudo com licenciandos em física sobre a energia nuclear em livros didáticos e textos de divulgação científica**. 2020. 259p. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2020.

CARVALHO, I. C. M. **Territorialidades em luta: uma análise dos discursos ecológicos**. 1989. 142p. Dissertação (Mestrado em Educação), FGV: Instituto de Estudos Avançados em Educação, Rio de Janeiro, 1989.

_____. **A invenção do sujeito ecológico: sentidos e trajetórias em Educação ambiental**. 2001. 349p. Tese (Doutorado em Educação), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

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. 252p. Tese (Doutorado em Educação: História, Política, Sociedade), Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. São Paulo, 2007.

CHAPIN, F. S.; MATSON, P. A.; VITOUSEK, P. M. **Principles of terrestrial ecosystem ecology**. New York: Springer, 2. ed., 2002.

CLEMENTS, F. E. **Plant succession: an analysis of the development of vegetation**. Washington: Carnegie Institution of Washington, 1916.

CONEIN, B; COURTINE, J-J; GADET, F; MARANDIN, J-M; PÊCHEUX, M. **Materialidades discursivas**. Revisão técnica da tradução de Eni Orlandi e José Horta Nunes. Campinas: Editora da Unicamp, 2016.

COSTA, J. D. R. Unidade linguística e valor referencial: uma discussão sobre referenciação e unidade linguística em uma teoria da enunciação. **Littera Online**, Maranhão, v. 4, n. 6, 2013.

COUTINHO, M. Os desafios historiográficos educacionais da ecologia contemporânea. **Em Aberto**, Brasília, ano 11, n. 55, p. 42-48, 1992.

COUTINHO, F. A.; SOARES, A. G. Restrições cognitivas no livro didático de biologia: um estudo a partir do tema "ciclo do nitrogênio". **Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 12, n.2, p. 137-150, 2010.

CULIOLI, A. **Pour une linguistique de l'énonciation : domaine notionnel**. Paris: Ophrys, Tome 3, 1999.

CUNHA, E. G. M.; AMARO, L. B. R.; CARMO, C. C. Abordagem histórica do conceito de flutuações populacionais cíclicas - problemática abordada por Elton. **Revista SBEnBio**, São Paulo, n. 7, p. 3934, 2014.

CURILAF, C. I. G; DENEGRI, G. M. Supuestos epistemológicos y ontológicos presentes en la historia de la ecología. **Ecología Austral**, Buenos Aires, v.26, n.221-228, 2016.

DEL POZZO, L. **As atividades experimentais nas avaliações dos livros didáticos de Ciências do PNLD 2010**. 2010. 150p. Dissertação (Mestrado em Educação), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

FERREIRA, A. R. P. G. **História do movimento ambientalista: a sua trajetória no Piauí.** 2008. 131p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Universidade Federal do Piauí. Teresina, 2008.

ROCHA FILHO, P. P. A. R.; QUEIROZ, M. S. Propostas de atividades experimentais em livros didáticos de biologia, adotadas por escolas estaduais do município de barreiras - Bahia - Brasil: a ecologia em questão. **Revista SBEnBio**, São Paulo, n. 7, p. 6122, 2014.

FREIRE, C. C.; MOTOKANE, M. T. Análise fatorial e análise de agrupamento no mapeamento de concepções epistemológicas de professores sobre a ciência e a ecologia. **Revista Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 21, n.3, p. 152-175, 2016.

GADÊLHA, L. R.; OLIVEIRA, C. A.; NEPOMUCENO, J.; QUEIROZ, M. S. Avaliação dos recursos visuais em quatro livros didáticos sobre o tema de ecologia. **Revista SBEnBio**, São Paulo, n. 7, p. 6153, 2014.

GOLLEY, F. B. **A history of the ecosystem concept in ecology.** More than the sum of parts. New Haven/London: Yale University Press, 1993.

GOMES, M. F.; SILVA, L. A. Análise do conteúdo ecologia no livro didático considerando os estatutos do conhecimento biológico. **Revista SBEnBio**, São Paulo, n. 7, p. 2067, 2014.

GONÇALVES, P. S. A preposição para no português brasileiro: entre a invariância de funcionamento e a variação semântica. **Linguística**, Montevideu, v. 28, p. 57-72, 2012.

HAECKEL, E. **Generelle Morphologie der Organismen.** Allgemeine Grundzüge der Organischen Formen-wissenschaft, mechanisch begründet durch die von Charles Darwin reformirte Descendenztheorie. Berlin: G. Reimer, v. 2, 1866.

HAROCHE, C.; HENRY, P.; PÊCHEUX, M.. **A semântica e o corte saussuriano: língua, linguagem, discurso.** Análise do discurso: apontamentos para uma história da noção-conceito de formação discursiva. São Carlos: Pedro & João, p. 13-32, 2007.

JENKINS, K. **A história repensada.** São Paulo: Contexto, 2007.

KATO, D. S. **O conceito de ecossistema na produção acadêmica brasileira em educação ambiental: construção de significados e sentidos.** 2014. 233p. Tese (Doutorado em Educação Escolar), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Araraquara, 2014.

KATO, D.; MARTINS, L. A. P. A “sociologia de plantas”: Arthur George Tansley e o conceito de ecossistema (1935). **Filosofia e História da Biologia**, São Paulo, v. 11, n. 2, p. 189-202, 2016.

KINGSLAND, S. Alfred J. Lotka and the origins of theoretical population ecology. **PNAS**, v. 112, n. 31, p. 9493-9495, 2015.

LAGAZZI, S. Em torno da prática discursiva materialista. **Organon**, Porto Alegre, v. 30, n. 59, p. 85-100, 2015.

LAUDAN, R. Histories of the sciences and their uses: a review of 1913. **History of science**, v. 31, p. 1-34, 1993.

LEAL, M. C. Estudo piloto de transposição didática da cadeia alimentar. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 1, n. 2, p. 1-11, 2001.

LEWINSOHN, T. Primórdios da ciência ecológica no Brasil colonial e imperial. **Filosofia e História da Biologia**, São Paulo, v. 11, n. 2, p. 347-381, 2016.

LINDEMAN, R. The trophic dynamic aspect of ecology. **Ecology**, Washington, v. 23, n.4, p. 399-417, 1942.

LINHARES, S; GEWANDSZNAJDER, F; PACCA, H. **Biologia Hoje**. São Paulo: Ática, 3 ed., 2018.

LORENZ, K. M.; BARRA, V. M. Produção de materiais didáticos de ciências no Brasil, período: 1950 a 1980 [The development of Science education materials in Brazil from 1950 to 1980]. **Ciência e Cultura**, São Paulo, Brasil: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, vol. 38, n. 12, p. 1970-1983, 1986.

MACULAN, B. C. M. S. **Estudo e aplicação de metodologia para reengenharia de tesauro: remodelagem do THESAGRO**. 2015. 345f. Tese (Doutorado em Ciência da Informação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Ciência da Informação. Belo Horizonte: UFMG, 2015.

MACULAN, B. C. M. S.; LIMA, G. A. B. O. Buscando uma definição para o conceito de conceito. **Perspectivas em Ciência da Informação**, Belo Horizonte, v. 22, n. 2, p. 54-87, 2017.

MALDIDIER, D. **A inquietação do discurso:(re) ler Michel Pêcheux hoje**. Trad. Eni P. Orlandi. Campinas, São Paulo: Pontes, 2003.

MARTINS, R. A. Ciência versus historiografia: os diferentes níveis discursivos nas obras sobre história da ciência. Pp. 115-145, in: ALFONSO-GOLDFARB, Ana Maria & BELTRAN, Maria Helena Roxo (eds.). **Escrevendo a História da Ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas**. São Paulo: EDUC / Livraria de Física, 2005.

MATTOS, L. M. A.; HARTMANN-KRETCHMER, A.; GOMES, M. M. Currículos de biologia: compreendendo a ecologia em livros didáticos alemães e brasileiros. **Revista SBEnBio**, Maringá, n. 9, p. 3485, 2016.

MCCORMICK, J. **Rumo ao paraíso: a história do movimento ambientalista**. Tradução: Marco Antonio Esteves da Rocha e Renato Aguiar. Rio de Janeiro: Relume-Dumará, 1992.

MEDEIROS, C. **Efeitos de relações de poder no discurso ecológico sobre preservação de árvores da arborização urbana de Recife/PE**. 2009. 186p. Dissertação (Mestrado em Linguística e Ensino), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009.

MORAIS, W. R. **História e natureza da ciência no ensino de biologia: perfil e concepções de professores em serviço e de materiais didáticos**. 2016. 230p. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru, 2016.

MOTTA, A. L. A. R. **O sujeito no discurso ecológico sobre a pesca na cidade de Cáceres estado de Mato Grosso**. 2003. 137p. Dissertação (Mestrado em Linguística). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

ODUM, E. P.; BARRET, G. W. **Fundamentals of ecology**. Cengage Learning, 5. ed., 2007.

ODUM, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara, 1988.

ONOFRE, M., B.; REZENDE, L., M. (Org.). **Linguagem e Línguas Naturais – Clivagem entre o enunciado e a enunciação**. São Carlos: Pedro & João Editores, 2009.

ORLANDI, E. P. Discurso, imaginário social e conhecimento. **Em aberto**, Brasília, v. 14, n. 61, p. 52-59, 1994.

_____. Efeitos do verbal sobre o não-verbal. **Rua**, Campinas, v. 1, n. 1, p. 35-47, 1995.

_____. **Interpretação: Autoria, leitura e efeitos do trabalho simbólico**. Petrópolis: Editora Vozes, 1998.

_____. Michel Pêcheux e a análise de discurso. **Estudos da Língua (gem)**, v. 1, p. 9-13, 2005.

_____. **As formas do silêncio: no movimento dos sentidos**. Campinas: Editora da Unicamp, 2007.

_____, E. P.; LAGAZZI-RODRIGUES, S. **Discurso e textualidade**. Campinas: Pontes, 2010.

_____. **Discurso e Texto: formulação e circulação dos sentidos**. Campinas: Pontes, 2012.

PÊCHEUX, M., FICHANT, M. **Sobre a história das ciências**. Tradução: F. Bairrão. Lisboa: Editorial Estampa, 1971.

PÊCHEUX, M. Ler o arquivo hoje. **Gestos de leitura: da história no discurso**, v. 2, p. 55-66, 1994.

_____. **Semântica e discurso: uma crítica à afirmação do óbvio.** Trad. Eni Puccinelli Orlandi, Lourenço Chacon Jurado Filho, Manoel Luiz Gonçalves Corrêa, Silvana Mabel Serrani. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 1995.

_____. Análise automática do discurso (1969). In: GADET, F.; HAK, Tony (orgs.) **Por uma análise automática do discurso: uma introdução à obra de Michel Pêcheux.** 2ª ed, Campinas, SP: Editora da Unicamp, 1997.

_____. Papel da Memória. In: **Papel da Memória.** Pierre Achard et al. Tradução: José Horta Nunes. 1ª edição. Campinas, SP: Pontes, 1999.

PEDUZZI, L. O. Q. Sobre a utilização didática da História da Ciência. In: PIETROCOLA, M. O. (Org.). **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora.** 2.ed. Florianópolis: Editora da UFSC, p.53-75, 2001.

RICKLEFS, R. E. **The economy of nature.** New York: W. H. Freeman and Company, 6. ed, 2009.

REIS, M. A.; SILVA, S. N. Análise de conteúdo sobre biodiversidade em livros didáticos de biologia do ensino médio. **Revista SBEnBio**, São Paulo, n. 7, p. 1818, 2014.

ROBIN, R. Linguagem e ideologias. In: **Langage et idéologies: le discours comme objet de l'histoire.** Tradução de Fábio Ramos Barbosa Filho. Paris: Les Éditions Ouvrières, p.3-11, 1974.

_____. **História e Linguística.** Tradução de Adélia Bolle e Miralda Pereira. 1977.

ROSA, M. D. **O uso do livro didático de ciências por professores do 6º ao 9º ano do ensino fundamental: um estudo de abrangência nacional.** 2019. 184p. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática), Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2019.

RUSSELL, C. Whigs and professionals. **Nature**, v. 308, p. 777-778, 1984.

SANTOS, R. M. S.; SELLES, S. L. E.; VILELA, M. L. Conhecimento científico e escolar no ensino de ecologia: a dualidade entre paradigmas ecológicos em um livro didático. **Revista SBEnBio**, São Paulo, n. 7, p. 933, 2014.

SAUSSURE, F. **Curso de linguística geral.** Editora Cultrix, São Paulo, 2006.

SIRKIS, A. Enquanto isso, na terra do pau-brasil.... IN: MCCORMICK, J. **Rumo ao paraíso: a história do movimento ambientalista.** Tradução: Marco Antonio Esteves da Rocha e Renato Aguiar. Rio de Janeiro: Relume-Dumará, p. 215-224, 1992.

SILVA, S. R. **A constituição e a materialização do discurso ecológico em reportagens da mídia impressa brasileira.** 2016. 131p. Dissertação (Mestrado em Linguística), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

TANSLEY, A. G. The use and abuse of vegetational concepts and terms. **Ecology**, v.16, p.284-307, 1935.

THOMPSON, M., RIOS, E., P. **Conexões com a Biologia.** Editora Moderna, São Paulo, 2018.

VIDEIRA, A. A. P. Historiografia e história da ciência. **Revista da Fundação Casa de Rui Barbosa**, Botafogo, Ano 1, n.1, p.111-158, 2007.

ANEXOS I

Figura 3: Excerto 3 contendo recorte de enunciados analisados da obra *Biologia Moderna* (AMABIS; MARTHO, 2018).

A importância do assunto

Tomar consciência de que nossa vida depende da energia do Sol nos une ao cosmo, contribuindo para uma visão mais integrada da natureza.

O estudo das transferências de energia e de matéria nos ecossistemas tem revelado detalhes sobre a teia da vida na Terra. Quanto maior o nosso conhecimento da rede de relações entre os seres vivos e o ambiente, mais condições teremos de preservar os ecossistemas do nosso planeta, um dos grandes desafios do século XXI.

Neste capítulo discutimos como a energia da luz solar é captada pelos seres fotossintetizantes e transferida para o sistema vivo, quando os organismos se alimentam uns dos outros. Do ponto de vista da energética alimentar na natureza, há os que produzem e os que consomem. E é por meio dessas relações alimentares que a energia flui no sistema vivo.

Um dos grandes objetivos do capítulo é esclarecer por que a energia flui unidirecionalmente na parte viva da natureza, dissipando-se pouco a pouco na forma de calor. Além disso, discute-se o que isso tem a ver com as representações gráficas denominadas pirâmides ecológicas.

Outros aspectos importantes tratados no capítulo são os ciclos biogeoquímicos de alguns elementos fundamentais à vida. Diferentemente do fluxo unidirecional da energia, que se dissipa ao longo dos níveis tróficos, os elementos químicos são continuamente reciclados na natureza. Neste capítulo, acompanhe e compare o comportamento da energia e da matéria nos ecossistemas.

8.1 Energia para a vida

O Sol é uma estrela amarela localizada no centro do Sistema Solar. Cerca de 74% da massa solar deve-se ao gás hidrogênio (H₂) e 24% ao gás hélio (He); os 2% restantes distribuem-se entre elementos como o oxigênio, o carbono, o ferro, o enxofre, o níquel, entre outros.

A energia emitida pelo Sol, principalmente nas formas de luz e calor, é proveniente de reações de fusão nuclear, em que núcleos de hidrogênio se fundem, transformando-se em hélio. É essa energia que possibilita a existência de vida na Terra: certos componentes da radiação solar aquecem o solo, as massas de água e o ar, propiciando um ambiente favorável à vida, e certos componentes da radiação solar são captados pelos seres fotossintetizantes para sintetizar moléculas orgânicas. (Fig. 8.1)

Os glicídios produzidos na fotossíntese são utilizados pelo próprio organismo fotossintetizante de duas maneiras: a) para obter a energia necessária ao metabolismo; b) como matéria-prima para a síntese dos diversos tipos de moléculas que constituem seu corpo.

Os animais herbívoros, ao se alimentarem de seres fotossintetizantes como as plantas, ingerem moléculas orgânicas ricas em energia que foi originalmente captada da luz solar pelos seres fotossintetizantes.

Concluimos, então, que a porta de entrada para a energia solar nos sistemas vivos é a fotossíntese. A absoluta maioria dos organismos da Terra obtém energia para sua vida, direta ou indiretamente, do Sol.

Figura 8.1 Representação esquemática, por meio de modelos de esferas, do processo da fotossíntese. Os átomos de oxigênio das moléculas de água à esquerda foram coloridos em um tom vermelho mais escuro para mostrar que são eles que formam todo o gás oxigênio gerado no processo. [Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.]

Figura 4: Excerto 4 contendo recorte de enunciados analisados da obra *Biologia Moderna* (AMABIS; MARTHO, 2018).

Um aspecto importante que deve ser tratado são os gastos energéticos nas transferências alimentares e o conceito de produtividade. Embora pareçam apenas conceitos técnicos, eles estão presentes no nosso dia a dia. Um exemplo disso é que o preço dos alimentos é influenciado por essas relações. Explore esse ponto de vista ao tratar o assunto.

8.2 Transferências de energia entre seres vivos

A massa da matéria orgânica que constitui um ser vivo é chamada de **biomassa**. Uma vez que as moléculas orgânicas são altamente energéticas, a quantidade de biomassa reflete a quantidade de energia química potencial presente em determinada porção de matéria orgânica.

Como já comentamos, a energia entra na biosfera por meio dos seres autotróficos: algas, plantas e bactérias autotróficas. A maioria dos seres autotróficos é fotossintetizante, produzindo moléculas orgânicas a partir de compostos inorgânicos (H_2O e CO_2) e energia luminosa do Sol. Os seres autotróficos são os únicos capazes de produzir moléculas orgânicas, isto é, biomassa, a partir de moléculas inorgânicas; por isso, eles são os únicos "produtores" de biomassa na natureza.

Os seres heterotróficos (bactérias heterotróficas, fungos, protozoários, animais e umas poucas plantas parasitas) têm de obter moléculas orgânicas prontas para, a partir delas, conseguir energia e produzir suas próprias moléculas orgânicas. Assim, eles têm necessariamente de consumir matéria orgânica de outros seres vivos. Por isso, quanto ao aspecto alimentar, os seres heterotróficos desempenham o papel de "consumidores" de biomassa na natureza.

Teias e cadeias alimentares

Em uma comunidade biológica, os seres vivos mantêm diversos tipos de relações quanto à alimentação. Por exemplo, certos tipos de plantas servem de alimento a várias espécies de animais. Determinado tipo de pássaro alimenta-se de diversos animais, como insetos, vermes, aranhas etc. Outro pássaro só come sementes de capim e assim por diante. Essa multiplicidade de relações alimentares constitui a **teia alimentar**, ou teia trófica (do grego *trophé*, alimentar, nutrir).

Para facilitar o entendimento, costuma-se destacar, nas teias alimentares, determinadas seqüências lineares de organismos, denominadas **cadeias alimentares**, ou cadeias tróficas. Vejamos um exemplo de cadeia alimentar: plantas de capim, gafanhotos que se alimentam do capim, pássaros que se alimentam dos gafanhotos e serpentes que se alimentam dos pássaros.

Os primeiros componentes da cadeia alimentar são os **produtores**, seres autotróficos fotossintetizantes ou quimiossintetizantes que produzem, a partir de substâncias inorgânicas, a biomassa que alimenta os demais componentes da cadeia.

Seres heterotróficos, ou seja, aqueles que se alimentam de outros seres vivos, são os **consumidores**. Os que se alimentam diretamente dos produtores são denominados **consumidores primários**; os que se alimentam dos consumidores primários são denominados **consumidores secundários**; e assim por diante. (Fig. 8.2)

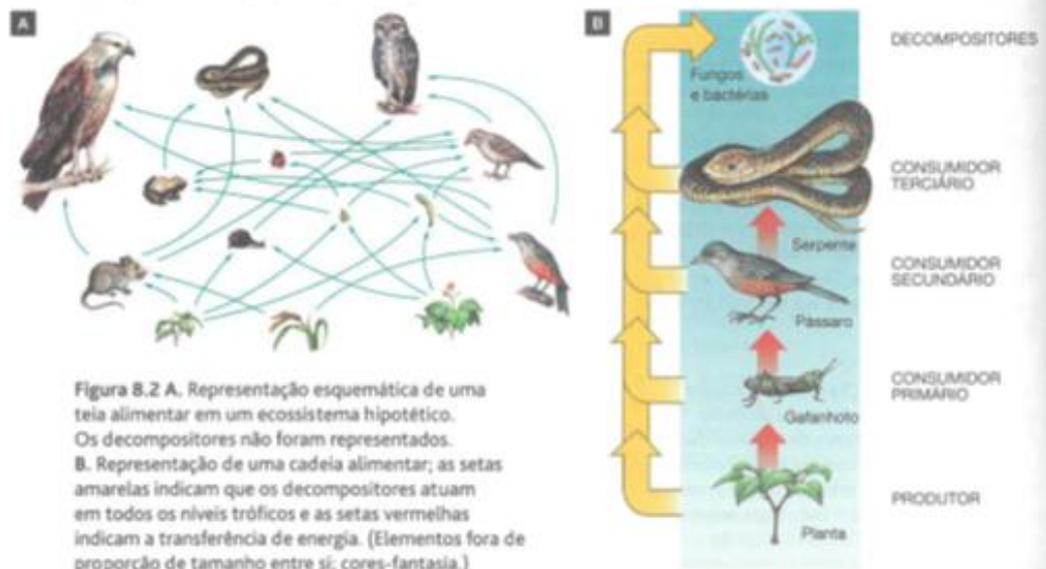


Figura 5: Excerto 5 contendo recorte de enunciados analisados da obra Biologia Moderna (AMABIS; MARTHO, 2018).

Além disso, o coelho produz diariamente certa quantidade de urina e de fezes. Estas últimas contêm parte do alimento que o animal ingeriu, mas que não foi aproveitada completamente.

Para ganhar biomassa e crescer, o coelho precisa comer mais do que gasta com suas atividades metabólicas básicas e do que elimina nas fezes; tem de haver sobra energética e de biomassa para o animal produzir a matéria orgânica constituinte dos músculos, dos ossos e de todos os demais tecidos e órgãos corporais.

Nas cadeias alimentares, a quantidade de energia presente no nível trófico dos produtores, representado pelos vegetais ingeridos pelo coelho, é muito maior que a energia efetivamente transferida ao nível seguinte, no caso, ao coelho, o consumidor primário.

Como comentamos, isso ocorre por dois motivos: primeiro, porque os seres vivos consomem boa parte das moléculas nutritivas na respiração celular para manter sua própria vida; segundo, porque os seres vivos não aproveitam totalmente o alimento que ingerem: parte da biomassa ingerida é eliminada, inaproveitada, nas fezes.

Pirâmides ecológicas

A porcentagem de energia efetivamente transferida de um nível trófico ao nível seguinte varia de acordo com os tipos de organismos envolvidos na cadeia trófica, situando-se entre 5% e 20%. Isso quer dizer que entre 80% e 95% da energia potencialmente presente em um nível trófico não é transferida para o nível seguinte. No exemplo do coelho, que se alimenta de vegetais, a eficiência situa-se perto do limite inferior, uma vez que os alimentos vegetais contêm grande quantidade de fibras; estas, apesar de conter energia em potencial, são inaproveitadas e eliminadas nas fezes. (Fig. 8.7)

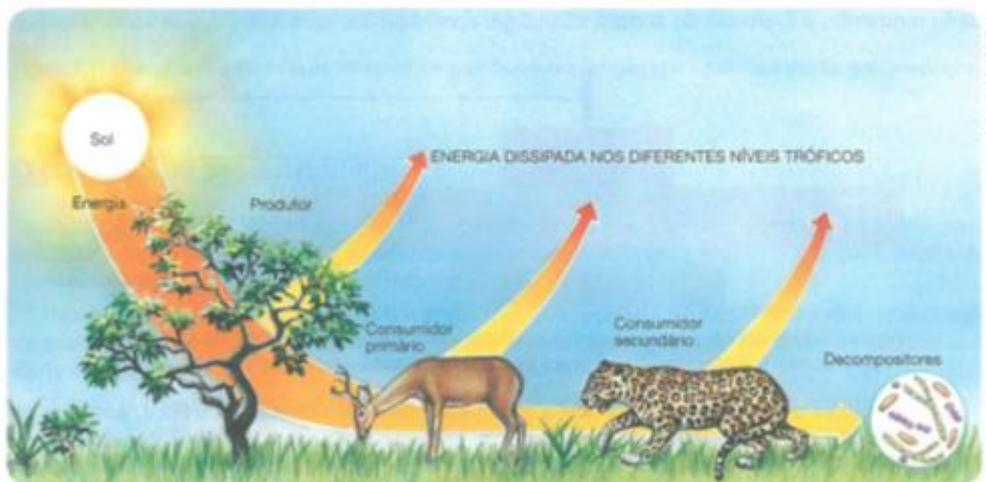


Figura 8.7 Representação esquemática da transferência de energia ao longo de uma cadeia alimentar. A energia é gradualmente dissipada ao passar pelos níveis tróficos, em um processo unidirecional. Os decompositores atuam em todos os níveis tróficos. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Em uma teia alimentar, a quantidade de energia (em kcal = quilocaloria) ou seu equivalente em biomassa (em g = grama), nos diferentes níveis tróficos, costuma ser representada por retângulos horizontais sobrepostos, resultando em um gráfico denominado **pirâmide ecológica**, ou **pirâmide trófica**. (Fig. 8.8)

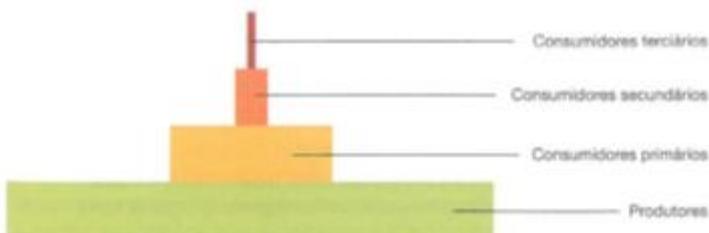


Figura 8.8 Exemplo de pirâmide ecológica. Gráficos em forma de pirâmide são utilizados para representar a energia e a biomassa disponíveis em cada nível trófico.

Figura 6: Excerto 6 contendo recorte de enunciados analisados da obra *Biologia Moderna* (AMABIS; MARTHO, 2018).



Por uma humanidade sustentável

A humanidade agride a natureza e, por isso, está a caminho da autodestruição? Nos meios de comunicação, as opiniões a esse respeito são contraditórias. A maioria dos estudiosos consultados acredita que nossa espécie tem causado danos irreparáveis ao planeta. Entretanto, para alguns (geralmente ligados a interesses econômicos), os alertas dos ambientalistas são exagerados e a humanidade saberá solucionar os problemas que surgirem. Quem tem razão? Haverá riscos reais de catástrofes provocadas pela poluição, pela degradação ambiental ou pelo esgotamento de recursos naturais?

Vamos aos fatos: nos dois últimos séculos, o desenvolvimento da sociedade industrial e o crescimento da população humana têm causado impactos ambientais sem precedentes. 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; extinção de espécies. Isso se deve principalmente à explosão populacional humana e aos modelos vigentes de desenvolvimento industrial e tecnológico, implementados pelo progresso científico.

Devemos lembrar que nossa espécie, assim como as outras espécies animais, necessita explorar os recursos do ambiente: temos de comer outros seres vivos para obter energia e matérias-primas, sem as quais não poderíamos sobreviver. Além disso, precisamos combater as espécies que nos causam doenças (bactérias, fungos, vermes, insetos etc.) e também as que disputam conosco o alimento, como parasitas e pragas que atingem nossas lavouras.

"Ecotelhado" no prédio da prefeitura da cidade de São Paulo (SP, 2004): uma pequena ação pela sustentabilidade.

Os assuntos abordados no capítulo poderiam ser trabalhados com as disciplinas de Física, Química, Geografia e História, apenas para mencionar aquelas com as quais a possibilidade de integração é mais direta.

Figura 7: Excerto 7 contendo recorte de enunciados analisados da obra Biologia Moderna (AMABIS; MARTHO, 2018).

Entretanto, para poder desfrutar de uma longa vida na Terra, a humanidade precisa encontrar formas equilibradas de convívio com a natureza e de exploração dos recursos naturais. O grande desafio do século XXI é considerar os limites da capacidade de suporte do ambiente (relembre esse conceito no capítulo 9) e ter consciência de nossa relação com a natureza, principalmente no que diz respeito aos recursos que utilizamos e ao destino que damos aos resíduos produzidos. Só assim poderemos amenizar o impacto sobre o ambiente e garantir um mundo habitável para as próximas gerações. Esse é o princípio básico do desenvolvimento sustentável, que estudaremos neste capítulo.

A importância do assunto

Nas últimas décadas, cada vez mais pessoas têm percebido a necessidade do uso racional dos recursos naturais, de maneira a garantir um mundo habitável para as próximas gerações.

Neste capítulo, tratamos de alguns aspectos problemáticos da relação entre seres humanos e natureza. Aprendendo mais sobre esses temas, damos um passo importante para nosso futuro. É importante refletir sobre a proteção e a conservação ambiental, e contribuir para a construção de uma sociedade mais equilibrada. A proteção e a restauração dos ecossistemas naturais devem ser prioridade de todos os povos da Terra.

Nesse contexto, a Ecologia torna-se imprescindível, uma vez que, para desenvolver estratégias globais de utilização dos recursos naturais, é fundamental conhecer a composição e o funcionamento dos ecossistemas. Cuidar do planeta é, hoje, uma responsabilidade de todos os cidadãos do mundo.

12.1 O conceito de desenvolvimento sustentável

Antes de trabalhar o tema de sustentabilidade com os estudantes, verifique o que eles sabem sobre o assunto e quais atitudes poderiam ser consideradas sustentáveis.

A constatação dos danos ambientais resultantes do crescimento populacional e do desenvolvimento econômico tem levado a humanidade a repensar seu modo de vida. Como veremos no último item deste capítulo, autoridades de muitos países têm se reunido em fóruns mundiais dedicados a tratar globalmente dos problemas ambientais e das possíveis soluções.

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. Em outras palavras, cada geração tem o compromisso de deixar para as gerações seguintes um ambiente equivalente ou melhor do que o recebido de seus antecessores. Esse deveria ser o princípio norteador das ações e das atividades humanas em relação ao ambiente.

O princípio do desenvolvimento sustentável pode (e deve) ser aplicado a diversos aspectos do relacionamento da humanidade com o ambiente. Por exemplo, ao explorar os recursos de florestas e de outros ambientes naturais, é preciso garantir o replantio das espécies nativas para permitir sua perpetuação. Outra ação importante para o desenvolvimento sustentável é investir no estudo de fontes de energia renováveis – biocombustíveis, energia eólica, energia solar e energia hidrelétrica –, substituindo gradativamente os combustíveis fósseis como o petróleo e o carvão mineral. Economizar água em casa, evitando os desperdícios, também é uma atitude coerente com os princípios do desenvolvimento sustentável, uma vez que ajuda a garantir a disponibilidade desse precioso recurso natural a nossos filhos e netos.

A ideia central do desenvolvimento sustentável é simples, mas sua aplicação é complexa e requer a parceria ativa de diversos setores da sociedade: governo, iniciativa privada, instituições de ensino e de pesquisa, mídia (TV, internet, imprensa), educadores e estudantes.

Apresentamos, a seguir, alguns princípios para uma sociedade sustentável segundo o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma). Reflita sobre eles antes de iniciar a leitura do item seguinte.



Figura 8: Excerto 8 mostrando a disposição do Manual do Professor na obra *Biologia Moderna* (AMABIS; MARTHO, 2018).

MÓDULO 3

Fundamentos da Ecologia



CAPÍTULO 8

O fluxo de energia e ciclos da matéria na natureza

A importância do assunto

Tomar consciência de que nossa vida depende do Sol contribui para a visão mais integrada da natureza.

No capítulo discutimos a maneira pela qual a energia da luz solar é captada por seres fotossintetizantes e transferida para o sistema vivo quando organismos se alimentam uns dos outros. O estudo das transferências de energia tem revelado detalhes essenciais sobre a teia da vida na Terra. Quanto maior nosso conhecimento da rede de relações entre os seres vivos e o ambiente, mais condições temos de preservar os ambientes terrestres, um dos grandes desafios do século XXI.

Um dos objetivos do capítulo é esclarecer por que a energia flui unidirecionalmente na natureza viva, dissipando-se pouco a pouco na forma de calor; isso é mostrado nas representações gráficas denominadas pirâmides ecológicas.

Outros aspectos importantes tratados no capítulo são os ciclos biogeoquímicos de alguns elementos fundamentais à vida. Diferentemente do fluxo unidirecional da energia, que se dissipa ao longo dos níveis tróficos, os elementos químicos são continuamente reciclados na natureza. No capítulo, enfatize as diferenças entre o comportamento da energia e o da matéria nos ecossistemas.

Sugestões didáticas e comentários sobre o capítulo

Na abertura do capítulo falamos sobre a importância da luz em nossa vida; indiretamente, vivemos graças à energia luminosa do Sol. De tempos em tempos, reaparecem pessoas que afirmam ser capazes de viver diretamente da energia solar, sem ingerir nenhum alimento.

Recomendamos discutir com os estudantes e explicar por que isso não é possível do ponto de vista da ciência.

O conceito de energia, suas formas de manifestação e sua interconversão oferecem excelentes oportunidades de integração com as disciplinas de Física e Química. Pode ser bem proveitoso trocar ideias a esse respeito com os colegas dessas disciplinas; como sempre, as integrações interdisciplinares enriquecem o trabalho de todos os envolvidos.

Como a Ecologia hoje faz parte de muitos currículos do ensino fundamental, é possível que os estudantes já dominem os conceitos de organismo autotrófico e organismo heterotrófico, bem como as relações entre fotossíntese e respiração aeróbica. Vale a pena avaliar previamente o que os estudantes sabem desses assuntos; eles são fundamentais para entender as transferências de energia no mundo vivo.

A importância dos assuntos tratados no capítulo justifica a presença de dois quadros "Ciência e cidadania". O primeiro, intitulado *Água, um recurso cada vez mais precioso*, alerta sobre a possível escassez de água potável no futuro e apresenta uma série de ações destinadas a racionalizar o consumo desse recurso em nossa casa, um ato de cidadania. No segundo, cujo título é *Adubação verde, leguminosas e rizóbios*, referente ao ciclo natural do nitrogênio, comenta-se sobre a atualidade de uma técnica milenar, a adubação verde, e a importância ecológica de um microrganismo – o rizóbio –, que se hospeda nas células das plantas leguminosas. Um dos objetivos desse quadro é mostrar que o conhecimento científico pode levar a descobertas como a relação cooperativa entre plantas e bactérias, que traz benefícios para tantos seres vivos, incluindo nossa espécie.

Ao abordar o ciclo do carbono, sugerimos um trabalho complementar sobre a formação de combustíveis fósseis, de onde vem a energia que eles armazenam e de que forma eles estão integrados com esse ciclo. Se for o caso, é possível aprofundar a questão e incentivar a pesquisa e o debate sobre os combustíveis fósseis.


SUPLEMENTO PARA O PROFESSOR

Figura 9: Excerto 9 mostrando a disposição do Manual do Professor na obra Biologia Moderna (AMABIS; MARTHO, 2018).

Habilidades sugeridas

- Conhecer os fundamentos da Ecologia e justificar a importância dos estudos ecológicos para o bem-estar atual e futuro da humanidade.
- Identificar os integrantes dos diversos níveis tróficos de um ecossistema: produtores, consumidores e decompositores.
- Compreender as relações de transferência de energia nas teias alimentares.
- Reconhecer e explicar o comportamento cíclico de alguns elementos químicos que constituem as substâncias orgânicas.
- Representar, por meio de esquemas e desenhos, as etapas fundamentais dos ciclos biogeoquímicos da água, do carbono e do nitrogênio.
- Aplicar o conhecimento sobre os ciclos biogeoquímicos para interpretar eventuais alterações nos ciclos naturais, prever tendências e adotar soluções de preservação.

Itens principais

- Energia para a vida
- Transferências de energia entre seres vivos
- O conceito de ciclo biogeoquímico
- Ciclo da água
- Ciclo do carbono
- Ciclo do nitrogênio

Conceitos fundamentais

• Biomassa	• Ciclo biogeoquímico
• Teia alimentar	• Ciclo da água
• Cadeias alimentares	• Ciclo do carbono
• Produtores	• Ciclo do nitrogênio
• Consumidores	• Fixação do nitrogênio
• Decompositores	• Nitrificação
• Pirâmide ecológica	• Desnitrificação
• Produtividade	

CAPÍTULO 9

A dinâmica das populações

A importância do assunto

População biológica é uma importante unidade ecológica, como será visto no capítulo. O estudo de certas características de uma população ao longo do tempo informa se ela está em expansão, em declínio ou estável, o que permite estabelecer correlações com fatores como disponibilidade de alimento, clima etc.

Ainda há muita divergência quando o assunto é o crescimento da população humana: alguns acham que se trata de um problema secundário, uma vez que a miséria e a fome no mundo estão mais relacionadas com as más políticas de distribuição de renda do que com a superpopulação.

Entretanto, é inegável que muitos problemas da humanidade se agravam quando o ambiente natural é degradado, e isso decorre diretamente da quantidade de pessoas que o exploram. É importante discutir a variedade de pontos de vista sobre esse tema cada vez mais relevante para o futuro da humanidade.

Sugestões didáticas e comentários sobre o capítulo

A questão populacional humana é um destaque dos cursos de Geografia, de modo que vale a pena combinar alguma atividade integrada com os professores dessa disciplina; a nosso ver, essa interdisciplinaridade deveria fazer parte do planejamento curricular.

O quadro "Amplie seus conhecimentos" aborda o experimento clássico do cientista russo Georgyi F. Gause sobre populações. Uma sugestão é pedir aos estudantes que, após a leitura do quadro, escrevam um pequeno texto comentando seu ponto de vista sobre a seguinte questão: os resultados com populações de besouros podem ser estendidos a outras espécies?

O quadro "Ciência e cidadania" do capítulo, intitulado *A população humana*, trata de vários aspectos demográficos, incluindo a questão da explosão populacional. O texto e as questões propostas no Guia de leitura possibilitam que os estudantes obtenham informações importantes sobre o tema. Após a leitura do quadro, sugira a eles que respondam às questões e sugestões do Guia por escrito.

Convém reservar algum tempo para discutir as respostas em classe, de modo que a atividade seja motivadora e possa auxiliar na formação da cidadania.

Habilidades sugeridas

- Conhecer e conceituar algumas características das populações – densidade demográfica, taxa de crescimento populacional, taxa de natalidade e taxa de mortalidade – e aplicar esses conhecimentos na interpretação de curvas de crescimento populacional.
- Conhecer os fatores que regulam o tamanho das populações biológicas.
- Discutir a tendência de crescimento das populações humanas.
- Compreender os riscos decorrentes da explosão demográfica, discutindo e formando opinião sobre controle de natalidade, planejamento familiar e sociedade sustentável.

SUPLEMENTO PARA O PROFESSOR 117

ANEXOS II

Figura 10: Excerto 10 contendo recorte de enunciados analisados da obra *Conexões com a Biologia* (THOMPSON; RIOS, 2018).

• **Organismo.** Cada ser vivo é um organismo, seja ele unicelular, como uma ameba, ou pluricelular, como uma árvore.

• **População.** Conjunto de organismos de uma mesma espécie que habitam a mesma área geográfica e estabelecem relações entre si.

• **Comunidade ecológica.** Também denominada biota ou biocenose, é constituída de populações que vivem em um mesmo local e interagem entre si.

• **Ecossistema.** Compreende a(s) comunidade(s) e os componentes não vivos de determinada área geográfica.

• **Biosfera.** Nível de organização mais abrangente, constituído por todos os ecossistemas do planeta.

O conceito de **biosfera** nos ajuda a perceber que todos os ecossistemas da Terra estão interligados. Mesmo ecossistemas aparentemente muito distantes estão conectados por diversos fatores, como os fluxos de energia e de nutrientes transportados pelas correntes oceânicas e pelo ar ou as migrações dos animais. As baleias jubarte, por exemplo, se alimentam nas águas gelidas da Antártida, mas se reproduzem e criam seus filhotes em águas mais quentes, como em Abrolhos, na Bahia. Dessa forma, as jubartes conectam esses dois ecossistemas distantes. Alterações na disponibilidade de alimento na Antártida afetam o número de indivíduos e seu sucesso reprodutivo em Abrolhos.

Destaque como as necessidades básicas de todos os seres vivos (alimentação e reprodução) norteiam as relações que eles estabelecem entre si e com o meio.

Rota de migração das baleias jubarte

As baleias jubarte (*Megaptera novaeangliae*) vivem parte do ano nas águas gelidas da Antártida, mas se reproduzem e criam seus filhotes em águas mais quentes na costa do Brasil.

Figura 11: Excerto 11 contendo recorte de enunciados analisados da obra *Conexões com a Biologia* (THOMPSON; RIOS, 2018).

2

Componentes dos ecossistemas

O que forma um ecossistema?

Em 1935, o ecólogo inglês Arthur George Tansley (1871-1955) usou o termo **ecossistema** para descrever um sistema em que os componentes vivos e os não vivos interagem uns com os outros. Como todo sistema, o ecossistema é mais do que a soma de suas partes: as propriedades que o caracterizam surgem dos seus componentes e das interações entre eles.

◆ Definição de ecossistema

Os princípios que descrevem os ecossistemas podem ser aplicados a qualquer escala, desde uma pequena poça de água até a biosfera. Os limites entre eles são estabelecidos considerando-se as interações ecológicas entre seus componentes em determinada área.

Os ecossistemas naturais podem ser terrestres ou aquáticos, de acordo com o meio predominante. Os manejados pelo ser humano podem ser, segundo o grau de interferência, seminaturais (ou seja, alterados, ainda com elementos nativos) ou urbanos (com baixa presença de componentes naturais).

O prefixo a em "abiótico" vem do grego e tem sentido de negação. Assim, abiótico é algo não vivo, anormal é algo não normal, entre outros exemplos. Comente isso com os alunos, para que possam inferir o significado dos termos que se iniciam com esse prefixo.

Componentes bióticos e abióticos

Os **componentes bióticos** são todos os seres vivos que constituem o ecossistema. Os **componentes abióticos** são os fatores físicos e geoquímicos do ambiente, como a temperatura, a radiação solar, a umidade relativa do ar, o solo e os gases atmosféricos.

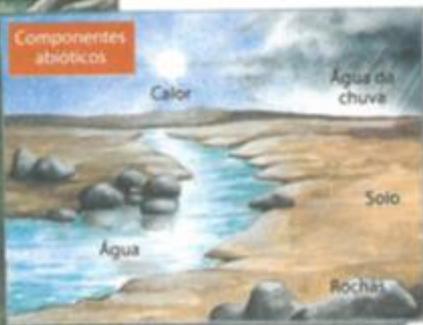
Componentes de um ecossistema



Componentes bióticos



Componentes abióticos



Representação de um ecossistema mostrando em detalhe os seres vivos e os componentes abióticos. (Representação fora de proporção; cores-fantasia.)

Figura 12: Excerto 12 contendo recorte de enunciados analisados da obra *Conexões com a Biologia* (THOMPSON; RIOS, 2018).

TEMA

1

Relações tróficas

De onde vem a energia dos seres vivos?

A manutenção do metabolismo dos seres vivos depende da energia contida nas ligações químicas dos nutrientes. A energia, por sua vez, encontra-se constantemente transitando entre os componentes bióticos do ecossistema, que podem ser classificados de acordo com as relações de alimentação que estabelecem entre si. Essas relações tróficas constituem as **cadeias alimentares**.

◆ **Cadeias alimentares**

As cadeias alimentares se iniciam sempre com um organismo **autótrofo** (bactéria, alga ou planta), ou seja, capaz de produzir seu próprio alimento. Organismos **heterótrofos**, que não têm essa capacidade, obtêm energia ao se alimentarem dos autótrofos ou de outros organismos heterótrofos, fazendo assim a energia fluir pela cadeia.

As cadeias alimentares são, portanto, representações gráficas do fluxo de energia. Cada organismo, exceto os autótrofos, se alimenta do ser vivo que o precede e pode servir de alimento para o elo que o sucede, caso haja um. Cada elo da cadeia representa um **nível trófico**, que pode ser classificado em três categorias: **produtor, consumidor e decompositor**.

Produtores

São os organismos autótrofos que captam energia, luminosa ou química, e sintetizam compostos orgânicos a partir de substâncias inorgânicas. A maior parte dos produtores realiza **fotossíntese**, processo em que a energia luminosa proveniente do Sol é transformada em energia química. A energia fica armazenada nas ligações químicas dos carboidratos (açúcares) formados na fotossíntese e permanece disponível para os organismos produtores e para os demais integrantes da cadeia alimentar.

Os produtores constituem o primeiro nível trófico das cadeias alimentares.

Fotossíntese



Representação esquemática da fotossíntese, processo no qual organismos produtores sintetizam compostos orgânicos a partir de substâncias inorgânicas e energia luminosa, como simplificado na equação química.

Fonte: RAVEN, P. H. et al., 2007.

Consumidores

Por não serem capazes de produzir o próprio alimento, os organismos heterótrofos obtêm energia alimentando-se de outros organismos. Assim, os consumidores podem ser classificados da seguinte maneira:

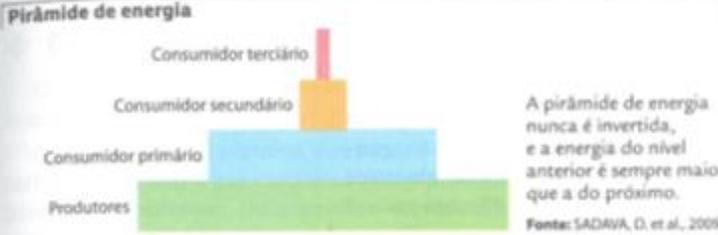
- **Consumidores primários.** Também chamados de consumidores de primeira ordem, são organismos herbívoros que se alimentam diretamente dos produtores. Constituem o segundo nível trófico da cadeia alimentar.
- **Consumidores secundários.** Os consumidores de segunda ordem são organismos carnívoros que se alimentam dos consumidores primários. Constituem o terceiro nível trófico.

◆ 108

Figura 13: Excerto 13 contendo recorte de enunciados analisados da obra Conexões com a Biologia (THOMPSON; RIOS, 2018).

Pirâmide de energia

As pirâmides de energia representam a quantidade de energia química disponível em cada nível trófico de uma cadeia alimentar. Como o fluxo de energia é unidirecional, a maior quantidade de energia sempre está associada aos organismos produtores e, portanto, a pirâmide de energia nunca pode ser invertida. Considera-se que um organismo passa para o elo seguinte da cadeia alimentar, em média, cerca de 10% da energia que recebe.



A pirâmide de energia nunca é invertida, e a energia do nível anterior é sempre maior que a do próximo.

Fonte: SADAVA, D. et al., 2009.

◆ Produtividade dos ecossistemas

Produtividade é a quantidade de matéria orgânica produzida em determinado tempo. Esse conceito pode ser aplicado em diversos níveis (espécie, população etc.). No caso de ecossistemas, reflete a produção de biomassa por unidade de área e tempo, geralmente expressa em quilocaloria de biomassa produzida por metro quadrado por ano ($\text{kcal/m}^2/\text{ano}$).

A produtividade pode ser classificada de acordo com o nível trófico ao qual se refere:

- **Produtividade primária.** Quantidade de matéria orgânica gerada pelos produtores.
- **Produtividade secundária.** Quantidade de matéria orgânica incorporada pelos consumidores primários.

Essas duas categorias podem ser subdivididas:

- **Produtividade bruta.** Total de matéria orgânica acumulada.
- **Produtividade líquida.** Total de matéria orgânica acumulada descontados os gastos energéticos com a respiração celular. A energia correspondente à produtividade líquida é a que está realmente disponível para o nível trófico seguinte.

Trabalhe as questões a seguir oralmente com os alunos para verificar a compreensão dos conteúdos desenvolvidos no Tema antes de prosseguir com as questões de Aplicação. O que significa o fluxo de energia ser unidirecional e aberto? Quais são os tipos de pirâmides ecológicas? Qual é a diferença entre produtividade primária e secundária?

Atividades Responda em seu caderno

Aplicação

1. Na caatinga, durante a época seca, a maioria das plantas fica sem folhas. Na época da chuva, as folhas voltam a crescer. Nesse ambiente, a produtividade líquida é igual nas duas estações citadas?
2. O fitoplâncton e as plantas terrestres têm papéis semelhantes nos fluxos de energia dos ecossistemas aquáticos e terrestres, respectivamente. Explique esses papéis e elabore pirâmides ecológicas para cada um.
3. A agricultura orgânica vem ganhando espaço na mesa dos brasileiros por priorizar a não utilização de agrotóxicos. Utilize informações do quadro *Magnificação trófica* e explique como essa prática contribui para o equilíbrio dos ecossistemas.

Comunicação

4. Que fatores podem influenciar a produtividade primária nos ecossistemas terrestres? Elabore um texto descrevendo esses fatores.
5. Discuta com seus colegas a seguinte afirmação: *A energia não é criada nem perdida, mas transformada.*

+ Magnificação trófica

O estudo sobre as cadeias alimentares nos permite entender a forma como as concentrações de determinadas substâncias são passadas adiante no ecossistema. Qualquer substância que não intervenha na respiração e não seja excretada tende a acumular-se nos tecidos em um processo denominado magnificação trófica ou bioacumulação.

É o caso dos agrotóxicos e outros poluentes não biodegradáveis, que permanecem por muito tempo inalterados na água, no solo e na vegetação. O resultado é a concentração desses produtos de forma cumulativa ao longo dos níveis tróficos da cadeia alimentar; ou seja, organismos do final da cadeia tendem a apresentar maior concentração de poluentes em seus tecidos do que organismos de níveis tróficos anteriores.

113 ◆

Figura 14: Excerto 14 contendo recorte de enunciados analisados da obra *Conexões com a Biologia* (THOMPSON; RIOS, 2018).

3

Ciclos biogeoquímicos

Como a matéria é reciclada nos ecossistemas?

Diferentemente da energia química, produzida principalmente pelos organismos fotossintetizantes e de forma constante, a matéria existe em quantidades limitadas no ambiente. Por essa razão, sua reciclagem é imperativa para a manutenção do equilíbrio ecológico. Essa reciclagem é realizada em circuitos naturais conhecidos como **ciclos biogeoquímicos**, que envolvem tanto componentes bióticos como abióticos do ecossistema. Por meio desses ciclos, diversas substâncias voltam a ficar disponíveis para os organismos produtores e para os demais seres vivos.

◆ **Ciclo da água**

A água é o principal componente dos seres vivos: dependendo da espécie, pode chegar a mais de 90% da massa do organismo. Além de facilitar o transporte de substâncias, proporciona um ambiente propício às reações metabólicas dos seres vivos, o que torna sua disponibilidade um fator importante para a dinâmica dos ecossistemas.

A água pode ser encontrada em três estados físicos: *gasoso*, na forma de vapor-d'água na atmosfera; *líquido*, como em oceanos, rios, lagos, chuva e reservatórios subterrâneos de água; e *sólido*, como o gelo nos picos das montanhas e as calotas polares. Pode-se dizer, então, que o **ciclo hidrológico** descreve a constante mudança de estado físico da água. Essa mudança ocorre por meio de processos como evaporação, sublimação, condensação, precipitação, infiltração e transpiração, como pode ser observado na ilustração a seguir.

Ciclo da água

Atmosfera

Precipitação

Transpiração

Evaporação

Escoamento

Infiltração

Lençol freático e aquífero

Oceano

CICLO DA ÁGUA

Saliente como o fluxo da água nos diversos compartimentos naturais permeia todos os ciclos estudados. Mostre que as movimentações do ar e da água promovem a circulação física dos elementos na natureza.

Representação do ciclo da água. (Representação fora de proporção; cores-fantasia.)
 Fonte: RICKLEFS, R. E., 2010.

Figura 15: Excerto 15 mostrando a disposição do Manual do Professor na obra *Conexões com a Biologia* (THOMPSON; RIOS, 2018).

Unidade 3

Fundamentos da Ecologia

Mapa de conceitos

```

    graph TD
      Ecologia[Ecologia] -- estuda as relações entre os --> SeresVivos[Seres vivos]
      Ecologia -- estuda as relações entre os --> Ambiente[Ambiente]
      SeresVivos -- são classificados em --> Espécies[Espécies]
      SeresVivos -- vivem no --> Ambiente
      Espécies -- ocupam --> Nichos[Nichos ecológicos]
      Espécies -- vivem em um mesmo --> Habitat[Habitat]
      Habitat -- é o local onde se encontram as --> Populações[Populações]
      Populações -- constituem as --> Comunidades[Comunidades]
      SeresVivos -- são chamados de --> ComponentesBióticos[Componentes bióticos]
      SeresVivos -- são chamados de --> ComponentesAbióticos[Componentes abióticos]
      Ambiente -- é caracterizado por --> Temperatura[Temperatura]
      Ambiente -- é caracterizado por --> Umidade[Umidade]
      Ambiente -- é caracterizado por --> Luminosidade[Luminosidade]
      ComponentesBióticos -- interagem e constituem os --> Ecossistemas[Ecossistemas]
      ComponentesAbióticos -- interagem e constituem os --> Ecossistemas
      Temperatura -- influenciam o --> Clima[Clima]
      Umidade -- influenciam o --> Clima
      Luminosidade -- influenciam o --> Clima
      Ecossistemas -- o conjunto de todos eles corresponde à --> Biosfera[Biosfera]
  
```

Aprendizagens esperadas

Conteúdos	Habilidades e competências
Ecologia	Interpretar a Ecologia como uma área de estudos que se fundamenta na teoria dos ecossistemas.
Níveis de organização dos sistemas ecológicos	Saber operar com os conceitos de que os indivíduos da mesma espécie formam populações e que diferentes populações formam as comunidades biológicas.
Componentes bióticos e abióticos	Concluir que o ambiente apresenta componentes bióticos e abióticos, inferindo que os ecossistemas resultam da interação entre eles.
Habitat e nicho ecológico	Elaborar a compreensão de que habitat é o local onde vivem as populações e que um ecossistema possui habitats diferentes. Interpretar o conjunto de relações que uma espécie estabelece num ecossistema com o nicho ecológico, entendendo que num ecossistema duas espécies não ocupam o mesmo nicho.
Biomassas	Concluir que biomassas são as diferentes unidades ecológicas determinadas pelo clima, solo e relevo do local, associando-os com as diferentes zonas climáticas terrestres.

306

Figura 16: Excerto 16 mostrando a disposição do Manual do Professor na obra *Conexões com a Biologia* (THOMPSON; RIOS, 2018).

Conteúdos	Habilidades e competências
Domínio morfoclimático	Reconhecer que um domínio morfoclimático agrupa formações vegetais distintas e saber aplicar tais conhecimentos. Conhecer geograficamente os domínios morfoclimáticos brasileiros, localizando-os.
Características dos ecossistemas de água doce	Compreender o critério de classificação dos ecossistemas de água doce com base no tipo de movimentação das massas de água.
Características dos ecossistemas marinhos	Relacionar a penetração da luz com as zonas fótica e afótica. Diferenciar, adaptativamente, os tipos de organismos marinhos: plâncton, nécton, bentos.

◆ Sugestões metodológicas

◆ Abertura

***Aedes aegypti*: um vizinho indesejado**

A Abertura desta Unidade traz um assunto que é conhecido da maioria da população: o combate ao *Aedes aegypti*, mosquito famoso principalmente por ser vetor da dengue, mas que recentemente tem causado preocupações por transmitir também chicungunha e o vírus zika, além de outras doenças menos conhecidas. A proposta, no entanto, é analisar esse assunto sob a ótica da Ecologia, levando os alunos a perceberem como os conhecimentos sobre hábitat e nicho ecológico, por exemplo, são fundamentais para minimizar os problemas causados por esse inseto.

Questione os alunos sobre as medidas mais conhecidas de combate ao mosquito. Eles provavelmente se lembram das recomendações de não deixar água limpa parada acumulada em vasos, pneus etc. Nesse momento, pode ser trabalhado o conceito de nicho ecológico: comente que esse conceito abrange hábitos como a forma de reprodução, que, no caso desse inseto, depende da disponibilidade de água limpa parada. Aproveite também para explicar o conceito de hábitat, esclarecendo que o mosquito e os humanos vivem no mesmo hábitat, porém ocupam nichos diferentes.

Outro fato interessante é apresentado ao final do texto citado: os vírus carregados pelo *Aedes* têm origem silvestre, isto é, longe das cidades. Utilize essa informação para debater com os alunos questões como: de que maneira os vírus presentes em ambientes silvestres chegam às cidades? A ocupação e a urbanização de áreas preservadas podem ter algum papel nisso?

Pense em uma solução

Nesta seção, os alunos são convidados a refletir sobre os aspectos ecológicos da vida do *Aedes aegypti* que tenham relevância para o combate a esse mosquito. É importante deixar claro que, para as fêmeas do mosquito, os seres humanos, assim como outros mamíferos, são um recurso importante, fonte de alimento. Os machos de *A. aegypti* se alimentam de pólen. Assim, questionamentos importantes podem ser levantados: será que a oferta de alimentos e a

ocorrência de predadores naturais do mosquito são mais favoráveis nos ambientes urbanos? O clima influencia a distribuição dessa espécie no mundo? Além da água parada, que outros recursos de que o mosquito precisa podem ser utilizados para controlar as populações desse inseto?

Se julgar conveniente, comente que uma das possibilidades de combate ao mosquito é a utilização de machos geneticamente modificados, produzidos em laboratório, que, ao cruzarem com as fêmeas nativas, geram uma prole que não se desenvolve completamente, morrendo antes de atingir a idade reprodutiva. Se quiser saber mais, recomendamos a reportagem disponível em <www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/12/151210_combate_aedes_aegypti_genetica_mw_rb> (acesso em: dez. 2015).

Valores e atitudes

As questões propostas nesta seção procuram estimular os alunos a se posicionar de forma crítica em relação ao tema. É interessante debater sobre como a proliferação do mosquito pode ser combatida e qual é o papel do Estado e da população nessa tarefa.

◆ TEMA 1

Ecologia e níveis de organização

Na Abertura da Unidade foi efetuada uma breve introdução ao assunto, sendo agora o momento de sistematizar os conhecimentos. Neste Tema os alunos são apresentados à Ecologia e aos objetivos dessa Ciência, bem como aos níveis de organização e aos conceitos de hábitat e de nicho ecológico.

Explore a ilustração da hierarquia dos níveis de organização estabelecendo uma conexão com a discussão inicial da proliferação de organismos. Discuta como os conhecimentos obtidos em estudos relacionados à Ecologia podem auxiliar na resolução de problemas ambientais.

Ainda em relação aos níveis de organização, estabeleça uma correlação entre a organização dos agrupamentos humanos em cidades, municípios, estados, países, continentes e o planeta. Incentive os alunos a apontar outras correlações possíveis com base em observações do cotidiano.

Figura 17: Objetivos de cada capítulo no Manual do Professor na obra *Conexões com a Biologia* (THOMPSON; RIOS, 2018).

Unidade 3 • Fundamentos da Ecologia	
Abertura: <i>Aedes aegypti</i> : um vizinho indesejado	
Temas	<ol style="list-style-type: none"> 1 – Ecologia e níveis de organização 2 – Componentes dos ecossistemas 3 – Biomas do mundo 4 – Domínios morfoclimáticos brasileiros 5 – Ecossistemas aquáticos 6 – Diversidade biológica
Objetivos	<p>Ressaltar a importância da integração das áreas científicas, valorizando a importância da preservação da biodiversidade e as conexões com o impacto ambiental.</p> <p>Valorizar o debate científico como método de construção do conhecimento, associando os conhecimentos da Biologia com os dos estudantes.</p> <p>Dialogar sobre questões socioculturais construindo posturas de crítica e indagação no contexto dos discursos sobre sustentabilidade.</p>
Unidade 4 • Dinâmica do ecossistema	
Abertura: Ecossistemas fragmentados	
Temas	<ol style="list-style-type: none"> 1 – Relações tróficas 2 – Fluxo de energia nos ecossistemas 3 – Ciclos biogeoquímicos 4 – Relações ecológicas 5 – Adaptações aos fatores ecológicos 6 – Estudo de populações 7 – Fatores de regulação das populações
Objetivos	<p>Compreender fenômenos da natureza tendo como foco o conceito de vida e suas diferentes formas de manifestação, que, do ponto de vista biológico, é sempre um sistema organizado e integrado, que interage com o meio físico-químico através de um ciclo de matéria e de um fluxo de energia.</p> <p>Interpretar fenômenos da natureza a partir da concepção de que os seres vivos entre si e em sua relação com o meio constituem um conjunto reciprocamente dependente.</p> <p>Descrever os ciclos biogeoquímicos com uma visão interdisciplinar e compreender o papel dos seres humanos em cada um deles.</p> <p>Entender a biodiversidade do planeta, especificamente do Brasil, a partir do reconhecimento de sua influência na qualidade de vida humana e, conseqüentemente, no uso de seus produtos, apontando contradições, problemas e soluções respaldadas eticamente.</p>
Unidade 5 • Conservação dos ecossistemas	
Abertura: Resíduos de mineração poluem o mar	
Temas	<ol style="list-style-type: none"> 1 – Sucessão ecológica 2 – Interferência humana no ambiente 3 – Grandes impactos ambientais 4 – Desenvolvimento sustentável

ANEXOS III

Figura 18: Excerto 17 contendo recorte de enunciados analisados da obra *Biologia Hoje* (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2018).



Fonte: Retirado de: (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2018, p. 171).

Figura 19: Excerto 18 mostrando o quadro de destaque de conteúdo histórico da obra *Biologia Hoje* (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2018).

A reunião e a interação da comunidade com o ambiente físico formam um **sistema ecológico** ou **ecossistema** (figura 13.1). A savana africana – com sua vegetação, seus animais, seu tipo de solo e seu clima característico – é um ecossistema, assim como um lago, um oceano e até um simples aquário.

O conjunto de florestas, campos, desertos e outros grandes ecossistemas formam a **biosfera** (do grego *bios* = vida; *sphaira* = esfera, globo). A biosfera pode ser definida como a região da Terra onde há vida.

O termo é usado também como o conjunto de regiões do planeta em condições de sustentar a vida de modo permanente. A biosfera estende-se do topo das montanhas mais altas (cerca de 8 km de altitude) até o fundo dos oceanos (cerca de 11 km de profundidade).

Fique de olho!

Fazendo uma analogia, se a Terra fosse uma bola de basquete, a biosfera teria a espessura da camada de tinta sobre a bola.

Biologia e História



A Ecologia e o conceito de sustentabilidade

A preocupação com a poluição do ar é algo antigo. Há registro de reclamações 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 e aquecer as casas. Ainda assim, as leis criadas para controlar a emissão de fumaça não tinham peso algum. Isso só começou a mudar na metade do século XX, quando ocorreu em Londres, no ano de 1952, um desastre conhecido como Grande nevoeiro (*Smog*).

Na ocasião, a cidade de Londres ficou coberta por uma fumaça densa durante quatro dias e estima-se que 4 mil pessoas tenham morrido. Esse desastre foi causado por uma combinação de fatores ambientais: uma camada de ar frio cobriu a cidade e fez com que a fumaça produzida pelas fábricas e pelos sistemas de aquecimento das residências não conseguisse se dispersar. Por ser rica em compostos de enxofre, a fumaça era amarelada e limitava a visibilidade a menos de meio metro (figura 13.2).

Outros problemas ambientais começaram a ser percebidos também após a metade do século XX, entre eles a chuva ácida e a diminuição da camada de ozônio.

Assim, dentro de um contexto de protestos de cunho político e social que se desenhava na década de 1960, um grupo de ambientalistas, conhecido como Clube de Roma, se reuniu, em 1968, para discutir os impactos causados pelo desenvolvimento industrial. Eles publicaram um estudo chamado *Os limites do crescimento*, em que projetaram, por meio de estudos matemáticos, os efeitos

do crescimento populacional no aumento da poluição e na disponibilidade dos recursos naturais. Esse estudo, embora tivesse erros, contribuiu para um novo pensamento em relação aos impactos ambientais causados pelo desenvolvimento.

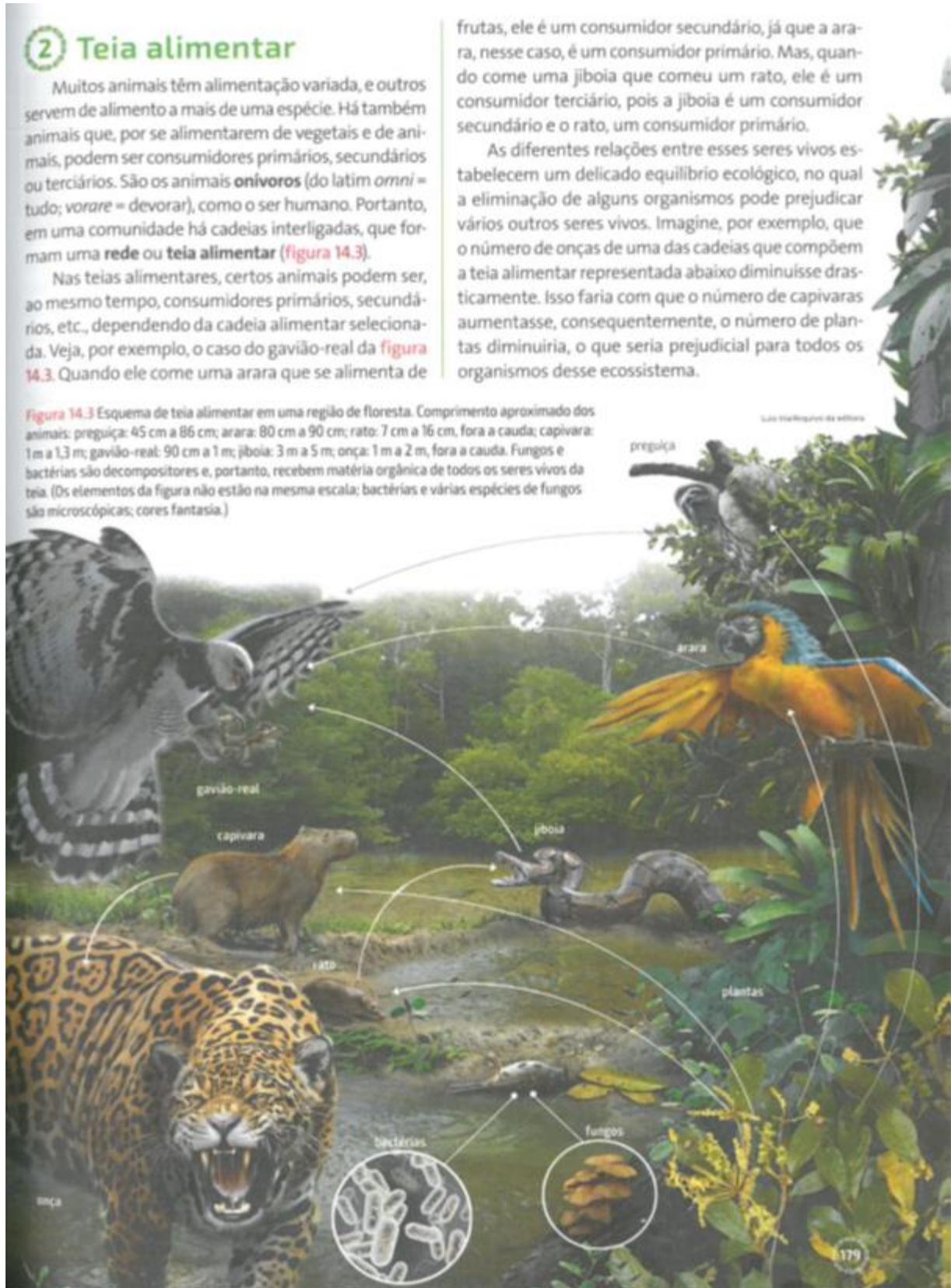
Assim, a Organização das Nações Unidas (ONU), juntamente com os Estados e a comunidade científica, realizou a Primeira Conferência Mundial sobre o Homem e o Meio Ambiente, em junho de 1972. Também conhecida como Conferência de Estocolmo, essa foi a primeira grande reunião voltada para as questões ambientais e preservação do meio ambiente. Princípios e conceitos definidos na ocasião tornaram-se base para o desenvolvimento na área do meio ambiente e, a partir dessa conferência, foram criadas inúmeras questões que colaboram até hoje para a mudança no pensamento e comportamento de grande parte da sociedade.

Fontes de pesquisa: <www.ambito-juridico.com.br/ult/7n_link/revista_artigos_leitura/artigo_id=12292>, <www.theguardian.com/environment/gallery/2012/dec/05/60-years-great-smog-london-in-pictures>, <www.eols.net/sample-chapter/L09/L6-156-15.pdf>. Acesso em: 3 jan. 2018.



Figura 13.2 Smog fotoquímico em Londres, 1952.

Figura 20: Excerto 19 contendo recorte de enunciados analisados da obra Biologia Hoje (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2018).



Fonte: Retirado de: (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2018, p. 179).

Figura 21: Excerto 20 contendo recorte de enunciados analisados da obra Biologia Hoje (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2018).

Nos ecossistemas terrestres, os principais produtores são os vegetais. Nos aquáticos (rios, mares, lagos, etc.), são as algas microscópicas, que formam o **fitoplâncton** (do grego *phyton* = planta; *plagkton* = o que vaga), nome dado ao conjunto de seres autotróficos que flutuam livremente na água. As algas servem de alimento para o **zoo-plâncton** (do grego *zoon* = animal), que é o conjunto de seres heterotróficos que também flutuam nas águas, como protozoários, pequenos invertebrados e larvas de vários animais.

Fluxo de energia e ciclo da matéria no ecossistema

Da energia luminosa que chega a um ecossistema, pouco mais de 1% é utilizado na fotossíntese, mas isso já é o suficiente para gerar de 150 bilhões a 200 bilhões de toneladas de matéria orgânica por ano. Boa parte desses compostos orgânicos é consumida na respiração da própria planta e eliminada como gás carbônico e água. Desse modo, a planta obtém a energia necessária para seu metabolismo. Parte dessa energia é liberada na forma de calor e o restante da matéria orgânica passa a fazer parte do corpo do organismo (raízes, caules e folhas, no caso dos vegetais superiores).

A matéria orgânica e a energia que ficaram retidas nos autotróficos compõem o alimento disponível para os consumidores. Uma parte das substâncias ingeridas por um animal é eliminada nas fezes e na urina. Outra parte é oxidada pela respiração para a produção da energia necessária ao movimento e às outras atividades do organismo. E há ainda uma parte que passa a fazer parte do corpo (crescimento e reposição de tecidos); esta é a parte que fica disponível ao nível trófico seguinte (figura 14.4).

15% são retidos no corpo 50% saem com as fezes 25% são utilizados na respiração celular



Figura 14.4 Gafanhotos comendo folha. Apenas uma parte da energia e da matéria orgânica consumida permanece na cadeia para o nível trófico seguinte; o restante é eliminado nas fezes e pela respiração celular. (O comprimento dos gafanhotos varia em torno de 1 cm a 8 cm, dependendo da espécie.)

Esses processos se repetem em todos os níveis da cadeia alimentar. Parte da matéria e da energia do alimento não passa para o nível trófico seguinte e sai da cadeia na forma de fezes, urina, gás carbônico, água e calor.

Em média, apenas 10% da energia de um nível trófico passa para o nível seguinte (figura 14.5). Mas essa porcentagem pode variar entre 2% e 40%, dependendo das espécies da cadeia e do ecossistema em que se encontram.

Como vimos, os resíduos de cada nível trófico são disponibilizados para a cadeia alimentar pela ação dos decompositores, sendo utilizados mais uma vez pelos produtores. Assim, podemos dizer que a matéria de um ecossistema está em permanente reciclagem. No entanto, parte da energia é transformada em trabalho celular ou sai do corpo do organismo na forma de calor – e esta é uma forma de energia que não pode ser usada na fotossíntese. Por isso, o ecossistema precisa, constantemente, receber energia de fora e há um fluxo unidirecional de energia, que vai dos produtores para os consumidores.

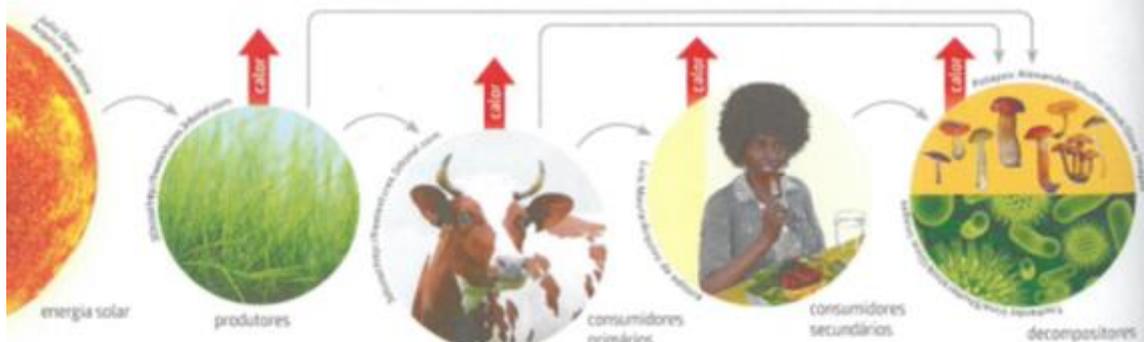


Figura 14.5 A quantidade de matéria e de energia disponíveis de um nível para outro diminui ao longo da cadeia alimentar. (Os elementos da figura não estão na mesma escala; cores fantasia.)

Figura 22: Excerto 21 mostrando fragmento histórico em enunciado da obra Biologia Hoje (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2018).

Veja na **figura 14.9** um exemplo de pirâmide de biomassa, descrito pelo ecologista estadunidense Eugene Odum (1913-2002). Ele calculou que, durante um ano, cerca de 8 toneladas de alfafa sustentam 1 tonelada de bezerros e estes alimentam um adolescente de 47 kg no mesmo período.



Figura 14.9 Pirâmide de biomassa. A largura de cada retângulo indica a quantidade de matéria orgânica, por hectare, em cada nível trófico em determinado momento. (Os organismos ilustrados não estão na mesma escala; cores fantasia.)

Como não considera a passagem do tempo, em algumas situações essa pirâmide também pode apresentar aspecto invertido. Por exemplo, em dado momento, a biomassa de algas microscópicas (fitoplâncton) pode ser menor que a de consumidores primários (zooplâncton) (**figura 14.10**). Isso ocorre porque a medição da biomassa não considera a taxa de renovação da matéria orgânica. Se considerarmos um período de tempo, veremos que, ao longo de um ano, por exemplo, a quantidade média de zooplâncton foi menor que a de fitoplâncton, cuja velocidade de reprodução permite uma rápida renovação.

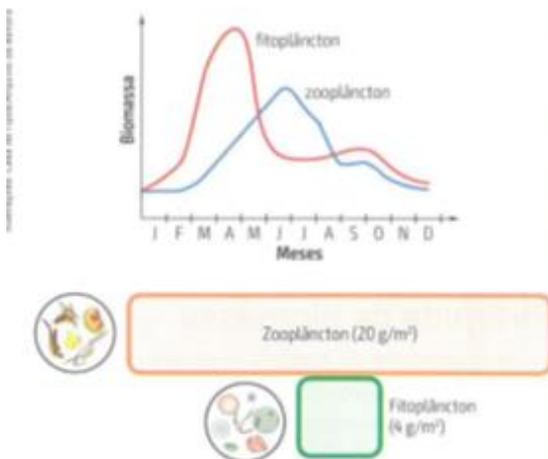


Figura 14.10 Observe no gráfico que, entre meados de maio e julho, a biomassa de zooplâncton era maior que a de fitoplâncton. Essa inversão ocorre por causa de mudanças na temperatura, na intensidade luminosa e nos nutrientes ao longo das estações do ano. (Os elementos da figura não estão na mesma escala: fitoplâncton e zooplâncton são microscópicos; cores fantasia.)

Pirâmide de energia

Nesse caso, representamos em cada nível trófico a quantidade de energia acumulada por unidade de área ou de volume e por unidade de tempo (kcal/m²/ano ou kcal/m³/ano). Como considera o fator tempo, a pirâmide de energia indica a produtividade de um ecossistema, e, por isso, nunca fica invertida (**figura 14.11**).

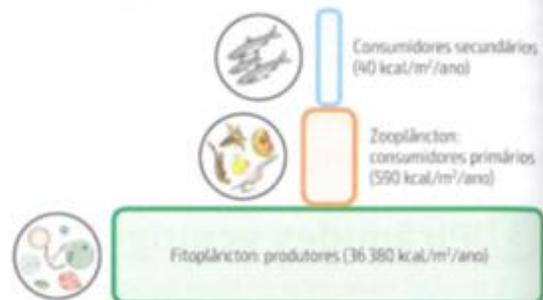


Figura 14.11 Exemplo de pirâmide de energia em um lago. (Os elementos da figura não estão na mesma escala: fitoplâncton e zooplâncton são microscópicos; cores fantasia.)

4 Poluição e desequilíbrio nas cadeias alimentares

Poluição é uma alteração no ambiente provocada pelo acréscimo de produtos que ameacem a saúde ou a sobrevivência de seres humanos ou de outros seres vivos.

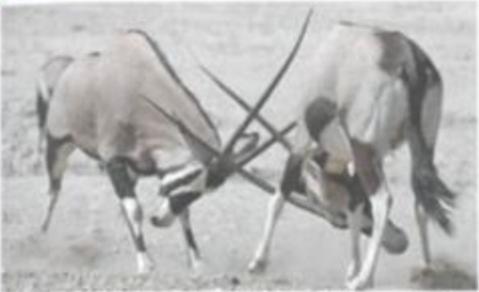
Como acabamos de ver, toda espécie faz parte de uma teia alimentar e sua extinção pode provocar desequilíbrios ecológicos e até mesmo o desaparecimento de outras espécies. Se pássaros, aranhas e outros animais que comem insetos herbívoros forem eliminados, por exemplo, esses insetos poderão se multiplicar e destruir plantações.

Para combater insetos e outros organismos que se alimentam de plantas, é comum o uso de agrotóxicos, também chamados pesticidas ou defensivos agrícolas. Contra insetos, por exemplo, usam-se inseticidas; contra fungos, fungicidas; e assim por diante. Muitos inseticidas não são específicos e afetam também outros organismos. Além de destruir os insetos perniciosos, afetam aqueles que transportam o pólen (e são, portanto, essenciais para a reprodução

Figura 23: Excerto 22 mostrando fragmento histórico em enunciado da obra Biologia Hoje (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2018).

7 Competição intraespecífica

Os seres vivos competem por nutrientes e energia. Entre os vegetais, a competição se dá principalmente por luz, água e sais minerais. Entre os animais, ela é mais variada: há luta por matéria orgânica (alimento), espaço vital, parceiros para a reprodução, etc. (figura 16.16).



Antílopes africanos (*Oryx gazelle*, cerca de 1,8 m a 2 m de comprimento).



Raposas vermelhas (*Lupus vulpes*, cerca de 46 cm a 90 cm de comprimento, fora a cauda).

Figura 16.16 Combate entre machos pelo acesso à fêmea ou a um território. Muitas vezes não há uma verdadeira luta; cada um apenas exibe sua força ou suas armas.

Quando seres vivos competem, há prejuízos para todos os indivíduos envolvidos, pois, mesmo para o vencedor, a competição custou parte de seu tempo e energia, que poderia ter sido usada para garantir sua sobrevivência e reprodução.

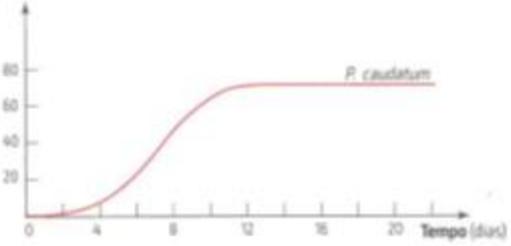
A competição intraespecífica é um dos fatores que controlam o tamanho das populações, pois provoca a morte ou afeta a reprodução de alguns indivíduos. Em aves e mamíferos, é comum o indivíduo estabelecer, pelo menos durante a época de reprodução, uma região ou um território em que não permite a entrada de estranhos. O território pode ser demarcado de várias maneiras. No caso de lobos e coelhos, a urina e as fezes possuem substâncias com cheiro característico, por exemplo.

8 Competição interespecífica

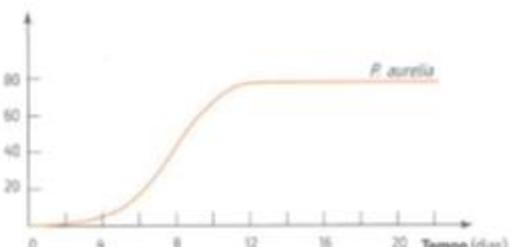
Em 1934, o cientista russo G. F. Gause (1910-1986) estudou o efeito da competição interespecífica em duas espécies do protozoário *Paramecium*: *P. aurelia* (de 40 μm a 130 μm de comprimento) e *P. caudatum* (menos de 0,25 μm de comprimento).

Em geral, criados separadamente, esses protozoários crescem até um nível que, aparentemente, equivale ao limite da capacidade de sustentação do ambiente. No experimento de Gause, as duas espécies foram cultivadas juntas. De reprodução mais lenta, a *P. caudatum* diminuía até se extinguir; a *P. aurelia* continuava a crescer até se estabilizar (figura 16.17).

Número de indivíduos



Número de indivíduos



Número de indivíduos

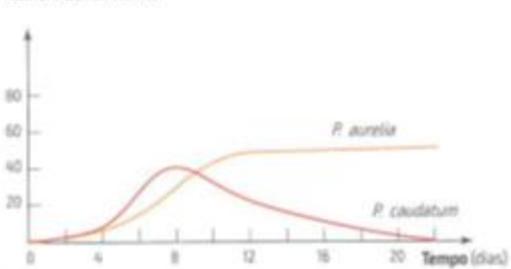


Figura 16.17 Competição entre dois paramécios pelos mesmos recursos em uma determinada área: uma das espécies é eliminada.

Copyright adaptado para fins educacionais
Banco de Imagens/Arquivo da Editora

Relações entre os seres vivos **205**

Figura 24: Excerto 23 mostrando fragmento histórico em enunciado da obra *Biologia Hoje* (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2018).

Coloração de advertência

Na coloração de advertência, também chamada **coloração aposemática** ou **aposematismo** (do grego *apo* = afastado; *sema* = sinal), a presa possui uma cor ou um aspecto que funciona como um sinal para o predador de que ela possui defesas contra ele. Estas podem ser um gosto ruim ou a liberação de secreções irritantes ou certos tipos de veneno. A coloração de advertência permite que os predadores aprendam que essas defesas existem e passem a evitar esses animais (figura 16.19).



Figura 16.19 Anfíbios venenosos costumam ser bem coloridos, como se vê neste exemplar da espécie *Dendrobates azureus* (de 2,5 cm a 5 cm de comprimento).

Mimetismo

O **mimetismo** (do grego *mimesis* = imitação) ocorre quando os animais de uma espécie se assemelham aos de outra espécie venenosa, não palatável (de gosto ruim) ou perigosa para o predador.

Algumas borboletas não têm gosto ruim, não eliminam substâncias irritantes nem são venenosas, mas apresentam a forma ou a cor daquelas que têm essas defesas. É também o caso de insetos inofensivos que se assemelham a vespas que picam com o ferrão. Ou, ainda, de serpentes não peçonhentas, como a cobra-coral-falsa, semelhantes às espécies peçonhentas, como a cobra-coral-verdadeira (figura 16.20). Com esse artifício, o animal pode ser poupado, pois engana o predador que já teve experiências desagradáveis com o animal mimetizado e aprendeu a evitá-lo.



Cobra-coral-falsa (*Drynopsis gubei*; até 1,20 m de comprimento).



Cobra-coral-verdadeira (*Micrurus corallinus*; 60 cm a 70 cm de comprimento).

Figura 16.20 A cobra-coral-falsa, que não é peçonhenta, assemelha-se à cobra-coral-verdadeira, que é peçonhenta.

Essa semelhança acontece por meio de um processo evolutivo, em que um animal inofensivo, por mutação, passa a assemelhar-se a outro que provoca danos ao predador (chamado animal-modelo), ganhando uma vantagem seletiva e aumentando, assim, de número na população.

Esse tipo de mimetismo é chamado **mimetismo batesiano**, em homenagem ao seu descobridor, o naturalista inglês Henry Bates (1825-1892).

Outro caso de mimetismo ocorre quando várias espécies, todas protegidas contra predadores por alguma defesa, como veneno ou gosto ruim, evoluem e passam a apresentar a mesma aparência. Com isso, uma espécie é beneficiada pela experiência desagradável que o predador teve com outra espécie. Esse fenômeno foi descrito pelo zoólogo alemão Fritz Müller (1831-1897) e é chamado **mimetismo mülleriano**.

Figura 25: Excerto 24 mostrando a disposição do Manual do Professor na obra *Biologia Hoje* (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2018).

de idade há cerca de 3 milhões e 300 mil anos. A menina foi chamada de Selam, que significa paz no idioma etíope.

Selam é mais um fóssil da espécie *Australopithecus afarensis*, que ganhou notoriedade como Lucy, nome com que foi batizado o primeiro esqueleto fóssil descoberto dessa espécie, em 1974, que viveu há cerca de 3,18 milhões de anos e pode ser um ancestral da linhagem que deu origem à espécie humana.

O estudo do fêmur de Selam indica que a garota podia andar em posição ereta, mas a análise de sua escápula, seus braços e seus longos e encurvados dedos indica que ela também podia se deslocar por via aérea, pendurando-se em ramos de árvores. Essas características também estão presentes em Lucy e em outros restos fósseis de *Australopithecus afarensis*.

Fontes de pesquisa: ALEMSEGED, Z. et al. A Juvenile Early Hominin Skeleton from Dikika, Ethiopia. *Nature*, v. 443, n. 7109, p. 296-301, 2006.

O boxe *Biologia e ética* (p. 166) lembra que não se pode atribuir todas as características do ser humano à evolução, uma vez que nossa espécie não está sujeita apenas à evolução biológica, mas também à cultural, chamando também a atenção para os limites da ciência. O professor pode fechar o estudo da evolução com uma pergunta do tipo: "Um estudante disse que não houve evolução na Terra, afirmando que, embora muitas espécies tenham sido extintas, cada uma surgiu há muito tempo, de modo independente das outras e que não há nenhum parentesco evolutivo entre elas. Que argumentos você usaria para rebater essa afirmativa?".

Espera-se que o aluno tenha compreendido que ele poderá apresentar várias evidências da evolução, como as semelhanças anatômicas, embriológicas e moleculares entre grupos de seres vivos, as sequências de fósseis, etc.

O professor também pode retomar o tema abordado no Capítulo 10, que defende a ideia de que, do ponto de vista biológico, não faz sentido falar em raças na espécie humana, aproveitando sempre para combater quaisquer tipos de discriminação.

A evolução da espécie humana é um tópico em que as novidades surgem com muita rapidez. Por isso, também pode ser pedida uma pesquisa em grupo sobre as principais características dos fósseis de possíveis antepassados da espécie humana e de outros parentes evolutivos próximos, possibilitando que os alunos se aprofundem e se atualizem um pouco mais sobre esse tópico. A pesquisa pode incluir, por exemplo, os fósseis descobertos mais recentemente como o *Orrorin tugenensis*, o *Homo floresiensis*, o *Sahelanthropus tchadensis* e o *Ardipithecus ramidus*, entre outros.

CAPÍTULO 13: O campo de estudo da Ecologia

O objetivo desse capítulo é apresentar alguns conceitos básicos de Ecologia (população, comunidade, ecossistema, etc.), necessários para a compreensão dos assuntos tratados nos capítulos seguintes.

As questões que iniciam o capítulo ajudam o professor a avaliar o conhecimento prévio do aluno sobre o conceito de Ecologia.

O texto abaixo chama a atenção para um dos problemas centrais dessa Unidade e do mundo de hoje: a diminuição de biodiversidade do planeta, um tema que foi trabalhado também em vários capítulos do segundo Volume desta Coleção.

Muriquí e onça-pintada

O muriquí, também chamado mono-carvoeiro, é o maior primata das Américas. Vive na mata Atlântica (floresta tropical que acompanha o litoral brasileiro), nas partes altas das árvores, em bandos de cerca de vinte indivíduos, e se alimenta de folhas, frutas e flores. Na língua tupi, muriquí significa "gente tranquila", pois não costuma haver agressão entre seus membros.

Estudos recentes indicam que há duas espécies distintas: *Brachyteles arachnoides*, encontrada em São Paulo, no Rio de Janeiro e em parte do estado do Paraná, e *Brachyteles hypoxanthus*, em Minas Gerais, Espírito Santo e sul da Bahia.

A onça-pintada (*Panthera onca*) é o maior felino das Américas. É encontrada em áreas de vegetação densa de florestas tropicais, cerrados e do pantanal. De hábitos noturnos e solitária, caça mamíferos (capivaras, tatus, preguiças, cutias), aves e répteis (tartarugas, jacarés). Alguns indivíduos com pelagem escura,

Figura 26: Excerto 25 mostrando a disposição do Manual do Professor na obra *Biologia Hoje* (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2018).

conhecidos como onças-pretas ou panteras, são variedade da mesma espécie. Também é chamada de jaguar, que em tupi significa "o que mata com um salto".

A sobrevivência desses animais está ameaçada pela caça e pela destruição dos ecossistemas em que vivem.

O boxe *Biologia e História* (p. 173) aborda como, ao longo do tempo, as questões ambientais e a preservação do meio ambiente passaram a ser consideradas relevantes para a humanidade.

Para avaliar e trabalhar os conhecimentos dos alunos sobre os conceitos de população, comunidade e ecossistema, o professor pode solicitar a eles que tragam revistas, livros ou artigos da internet em que apareçam representantes da fauna brasileira em seus ambientes naturais. A partir daí, pode lançar questões do tipo: "Que nome se dá ao conjunto de onças-pintadas que vivem em um mesmo lugar?"; "Que nome se dá ao conjunto de todos os seres vivos de uma floresta?"; "Como é chamado o conjunto formado pelos seres vivos e sua interação com o ambiente físico em que vivem?".

A questão 2 de **Atividades** permite avaliar a compreensão do estudante sobre os conceitos de *habitat* e nicho. A questão 3 permite que o estudante aplique os conceitos de *habitat* e nicho a animais brasileiros. A atividade avalia também o conhecimento do aluno sobre adaptações (presente na Unidade sobre evolução deste Volume). Os conceitos de *habitat* e nicho podem ser avaliados também pelas questões 5, 6 e 11.

O professor pode optar por realizar a atividade prática a seguir para familiarizar os alunos com a Ecologia, levando-os a desenvolver maior contato com a flora e a fauna da região onde moram.

Observação de um ecossistema

Nesta atividade, vocês devem se reunir em grupos para observar e estudar um ecossistema, que poderá ser o jardim da casa de algum dos componentes do grupo, ou de um parente, um trecho de jardim público, ou o próprio jardim da escola. Para realizá-la são necessários os seguintes materiais:

- caderno de desenho ou folhas de desenho em uma prancheta;
- caneta, lápis preto e borracha.

1. Observem o ambiente e façam uma descrição resumida de seus componentes.
2. Descrevam a presença ou ausência de árvores e de outras plantas.
3. Identifiquem o meio em que as plantas estão (canteiros, nas frestas de uma calçada, etc.).
4. Observem se há passagens entre os canteiros.
5. Caracterizem o solo do jardim: ele é úmido ou seco? Qual a origem da água que esse solo recebe (rega, chuva ou ambos)? Há alguma fonte, ou outro tipo de irrigação?
6. Em silêncio e imóveis, observem por alguns minutos e anotem: que aves frequentam o jardim? Há algum sinal de que essas aves habitam o local? Ou elas estão apenas de passagem? No momento da observação, elas estavam se alimentando? Em caso afirmativo, o que comiam?

Com base nas observações e nos desenhos, respondam:

- a) Quais os elementos físicos desse ecossistema?
- b) Que tipo de seres vivos foram encontrados?
- c) Quantas espécies de plantas e de animais vivem nesse ecossistema? Quantas populações?

Em classe, o professor e os alunos podem analisar as observações registradas e discutir as respostas das questões.

CAPÍTULO 14: Cadeias e teias alimentares

Antes de trabalhar o conceito de cadeia alimentar, o professor pode verificar se os alunos já dominam os conceitos de fotossíntese e respiração celular, apresentados no primeiro Volume desta Coleção. Para isso, pode propor perguntas do tipo: "Como as plantas conseguem os açúcares presentes em seu corpo?" e, em relação ao conceito de respiração, pode questionar: "Por que plantas e animais respiram?".

O professor deve ficar atento também para concepções do tipo "A fotossíntese é a respiração das plantas" ou "As plantas só respiram à noite", trabalhadas no primeiro Volume desta Coleção. É importante saber se os alunos compreendem que: fotossíntese e