

Tania Pereira Christopoulos
Wânia Duleba
Flávia Noronha Dutra Ribeiro
Evandro Mateus Moretto
Renata Colombo
organizadores

VISÕES PARA UM MUNDO SUSTENTÁVEL

Abordagens em ciência, tecnologia,
gestão socioambiental e governança



VISÕES PARA UM MUNDO SUSTENTÁVEL

CONSELHO EDITORIAL

André Luiz V. da Costa e Silva

Cecilia Consolo

Dijon De Moraes

Jarbas Vargas Nascimento

Luís Augusto Barbosa Cortez

Marco Aurélio Cremasco

Rogério Lerner

VISÕES PARA UM MUNDO SUSTENTÁVEL

Abordagens em ciência, tecnologia,
gestão socioambiental e governança

Tania Pereira Christopoulos
Wânia Duleba
Flávia Noronha Dutra Ribeiro
Evandro Mateus Moretto
Renata Colombo
(Organizadores)

Visões para um mundo sustentável: abordagens em ciência, tecnologia, gestão socioambiental e governança

© 2023 Tania Christopoulos, Wânia Duleba, Flávia Noronha Dutra Ribeiro, Evandro Mateus Moretto,
Renata Colombo (organizadores)

Editora Edgard Blücher Ltda.

Publisher Edgard Blücher

Editor Eduardo Blücher

Pré-produção Aline Flenic

Coordenação editorial Rafael Fulanetti

Coordenação de produção Andressa Lira

Produção editorial Helena Simões Miranda

Preparação de texto Ana Lúcia dos Santos

Diagramação Alessandra de Proença

Capa Laércio Flenic

Imagem de capa iStockphoto

Blucher

Rua Pedroso Alvarenga, 1245, 4º andar

04531-934 – São Paulo – SP – Brasil

Tel.: 55 11 3078-5366

contato@blucher.com.br

www.blucher.com.br

Segundo o Novo Acordo Ortográfico, conforme 6. ed.

do *Vocabulário Ortográfico da Língua Portuguesa*,

Academia Brasileira de Letras, julho de 2021.

É proibida a reprodução total ou parcial por quaisquer
meios sem autorização escrita da editora.

Todos os direitos reservados pela Editora Edgard Blücher Ltda.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Angélica Ilacqua CRB-8/7057

Visões para um mundo sustentável : abordagens em
ciência, tecnologia, gestão socioambiental e governança /
organizado por Tania Pereira Christopoulos... [et al.] – São
Paulo: Blucher, 2023.

393 p. : il, color.

Bibliografia

ISBN 978-65-5550-351-7

1. Sustentabilidade I. Christopoulos, Tania Pereira

24-1297

CDD 577.27

Índices para catálogo sistemático:

1. Sustentabilidade

Conteúdo

Agradecimentos.11
Prefácio13
Apresentação17
Estrutura do livro17
Eixo 1: Políticas ambientais e governança	
1. Políticas nacionais de adaptação à mudança do clima no Brasil: uma análise histórica de seus dilemas, avanços e desafios	25
1.1 Introdução.	27
1.2 Material e métodos.	28
1.3 Fundamentação (2000-2010)	29
1.4 Planejamento (2011-2015)31
1.5 Entraves de implementação e financiamento (2016-2020)	34
1.6 Incertezas (2021-2023)	37
1.7 Considerações finais	38
Referências	39

2. Controle das emissões de GEE nas estações de tratamento de esgotos no Brasil: uma análise das diretrizes nacionais e dos planos de ação climática entre 2009 e 2022	47
2.1 Introdução	49
2.2 Metodologia	51
2.3 Resultados e discussão	52
2.4 Considerações finais	61
Referências	62
3. Energias solar e eólica: soluções sustentáveis no combate às mudanças climáticas quando associadas à equidade e seus reflexos socioambientais . . .	67
3.1 Introdução	69
3.2 Metodologia	70
3.3 Os aspectos da sustentabilidade e a produção de energia sustentável.	70
3.4 A matriz energética brasileira	73
3.5 A NDC do Brasil	76
3.6 Discussão	77
3.7 Considerações finais	79
Referências	79
4. Análise da recategorização do Mosaico de Unidades de Conservação Jureia-Itatins à luz do princípio do não retrocesso	83
4.1 Introdução	85
4.2 Metodologia	90
4.3 Fundamentação teórica.	92
4.4 Resultados e discussão	93
4.5 Considerações finais	95
Referências	95
5. Panorama de onde estão os riscos e os danos associados às barragens de mineração no Brasil	99
5.1 Introdução	101
5.2 Metodologia	102
5.3 Legislação aplicada à segurança de barragens no Brasil	103
5.4 Resultados e discussão	106
5.5 Considerações finais	112
Referências	112

Eixo 2: Diplomacia ambiental

6. Novas demandas de cooperação internacional: análise das implicações diplomáticas da exploração de recursos na foz do Amazonas	117
6.1 Introdução	120
6.2 Metodologia	123
6.3 Fundamentação bibliográfica	125
6.4 Análise dos impactos ambientais e diplomáticos da exploração de petróleo na foz do Amazonas	129
6.5 Considerações finais	133
Referências	135
7. A proteção e a conservação das baleias como ativos da diplomacia ambiental brasileira: oportunidades para o clima e biodiversidade	139
7.1 Introdução	141
7.2 Métodos	142
7.3 Fundamentação teórica e contexto histórico	142
7.4 A atuação diplomática do Brasil na proteção das baleias e o Santuário de Baleias do Atlântico Sul	146
7.5 Externalidades possíveis para diplomacia ambiental	150
7.6 Considerações finais	153
Referências	154

Eixo 3: Ciência e tecnologia ambiental

8. Avaliação socioambiental a partir do modelo multirregional de insumo-produto: o caso da demanda têxtil brasileira	161
8.1 Introdução	163
8.2 Metodologia	166
8.3 Resultados e discussão	168
8.4 Considerações finais	173
Referências	174
9. Poluição por microplásticos e sua relação com as roupas que lavamos	179
9.1 Introdução	182
9.2 Métodos	182
9.3 Fundamentação bibliográfica	183
9.4 Resultados e discussão	185

9.5 Considerações finais	193
Referências	195
10. Microplásticos e aprendizado de máquina: uma revisão sistemática	199
10.1 Introdução.	201
10.2 Métodos	202
10.3 Resultados e discussão	203
10.4 Considerações finais	214
Referências	215
11. Explorando o sabor da Amazônia: uma análise do mel de <i>Duckeola ghilianii</i> (Spinola, 1853) (caçadora-de-limão) e sua contribuição para o desenvolvimento regional sustentável	219
11.1 Introdução	222
11.2. Metodologia	225
11.3 Resultados e discussão	228
11.5 Considerações finais.	230
Referências	231
Eixo 4: Gestão socioambiental	
12. Tecnologias para o meio ambiente: definições e políticas regionais para o seu desenvolvimento	237
12.1 Introdução	239
12.2 Método: revisão sistemática da literatura	240
12.3 Resultados	242
12.4 Considerações finais	254
Referências	256
13. Percepção de risco e adoção de medidas preventivas pela população no contexto de desastres naturais.	261
13.1 Introdução	263
13.2 Metodologia	264
13.3 Resultados e discussão.	265
13.4 Considerações finais	271
Referências	272
14. Desafios socioambientais e climáticos do sistema agroalimentar	277

14.1 Introdução	279
14.2 Métodos	280
14.3 O sistema agroalimentar global e as mudanças do clima	281
14.5 Considerações finais	289
Referências	290
15. Ambiente alimentar no transporte público: uma análise sob a perspectiva de idiossincrasias políticas, socioculturais e econômicas	299
15.1 Introdução	302
15.2 Metodologia.	305
15.3 Resultados	306
15.4 Discussão	309
Referências	312
16. Riscos, vulnerabilidades, desigualdades e (in)justiça ambiental: o caso da comunidade Jardim Keralux (São Paulo-SP)	317
16.1 Introdução	319
16.2 Metodologia.	320
16.3 Os termos risco, vulnerabilidade, (in)justiça e racismo ambiental.	323
16.4 Jardim Keralux: riscos, vulnerabilidades e (in)justiças socioambientais	328
16.5 Considerações finais	332
Referências	333
17. Perspectivas em aplicações da teoria dos campos estratégicos para a sustentabilidade: o caso da comunidade acadêmica brasileira	337
17.1 Introdução	339
17.2 Problema de pesquisa e objetivo	340
17.3 Fundamentação teórica	341
17.4 Metodologia	347
17.5 Resultados e discussões	348
17.6 Considerações finais.	352
Referências	355

Eixo 5: Propostas teórico-metodológicas

18. Análise sociológica do discurso como procedimento metodológico para o estudo de campos de ação estratégica	359
18.1 Introdução	361

18.2 Teoria de campos de ação estratégica: um breve panorama	361
18.3 Análise sociológica do discurso: abordagem e características	363
18.4 Aproximações teórico-metodológicas entre a teoria de campos de ação estratégica e a análise sociológica do discurso	365
18.5 Considerações finais	369
Referências	369
19. Análise sobre o papel histórico e contemporâneo da ecocrítica diante da crise ambiental global	371
19.1 Introdução	373
19.2 Objetivos e metodologia	374
19.3 Conceituação da ecocrítica	375
19.4 As fases iniciais da ecocrítica	376
19.5 A ecocrítica no contexto socioambiental	377
19.6 O pós-colonialismo na ecocrítica.	379
19.7 Considerações finais	380
Referências	382
Sobre os autores e os organizadores	385
Índice remissivo.	389

Agradecimentos

Os organizadores agradecem aos revisores:

- Prof. Dr. Aleix Altimiras Martin (GE-Unicamp)
- Prof. Dra. Aline Martins de Carvalho (FSP-USP)
- Dr. Alisson Diego Machado (FMSP-USP)
- Dr. Allan Yu Iwama de Mello (IO-USP)
- Profa. Dra. Andrea Leite Rodrigues (EACH-USP)
- Profa. Dra. Ana Cláudia Alves de Carvalho (UFPA)
- Prof. Dra. Ana Paula Fracalanza (PROCAM-USP)
- Dr. Andrei de Abreu Sodré Polejack
- Prof. Dr. Arthur Roberto Capella Giannattasio (IRI-USP)
- Profa. Dra. Camila Borelli Zeller (UFJF)
- Profa. Dra. Daniela Silva Canella (UERJ)
- Dra. Fabiana Barbi (Doutora pela Unicamp)
- Prof. Dr. Felipe Zambaldi (FGV-EAESP)
- Prof. Dr. Gerardo Alberto Silva (UFABC)
- Dr. Gustavo Barbosa Mozzer (Doutor pela Unicamp)
- Dr. João Mott Pavanelli (Doutor pela USP)
- Prof. Dr. João Paulo Marcicano (EACH-USP)
- Dra. Joicelene Regina Lima da Paz (Doutora pela UNB)
- Profa. Dra. Luciana Chiavoloni de Andrade Jardim (PUC-SP)
- Dra. Luciana Aparecida Iotti Ziglio (Doutora em Geografia pela USP)
- Prof. Dr. Marcelo Fantinato (EACH-USP)

Prof. Dr. Marcelo Lauretto (EACH-USP)
Moana Silva Simas (Doutoranda pela Norwegian University of Science and Technology)
Prof. Dr. Martin Jayo (EACH-USP)
Dra. Monica Yoshizato Bierwagen (Doutora pela EACH-USP)
Profa. Dra. Natália Molina Cetrulo (Unicamp)
Dr. Paulo Roberto Cunha (Doutor pela Procam-USP)
Dr. Pedro Henrique Campello Torres (Doutor pela PUC-RJ)
Prof. Dr. Ramon Garcia Fernandez (UFABC)
Profa. Dra. Rosana Icassatti Corazza (IGE-Unicamp)
Profa. Dra. Rosane Cristina de Andrade (UERJ)
Profa. Dra. Sandra Mara Ribeiro Muradi (PUC-SP)
Profa. Dra. Sarajane Marques Peres (EACH-USP)
Prof. Dr. Sergio Schneider (UFRGS)
Prof. Dra. Silvia Helena Zanirato (EACH-USP)
Dra. Silvia Regina Stuchi (Doutora pela Unicamp)
Prof. Dra. Sonia Seger Pereira Mercedes (UFMG)
Dra. Tatiane Tobias da Cruz (Doutora pela Unesp)

As dissertações de mestrado e as teses de doutorado contaram com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), do Código de Financiamento 001 e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp).

Prefácio

A humanidade tem uma tarefa fundamental, que é fazer a transição desta nossa atual sociedade insustentável para um mundo que abrace os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Este livro discute várias questões críticas ao longo de caminhos possíveis para essa transição. A obra tem uma abordagem que foca em cinco aspectos essenciais: 1) políticas ambientais e governança; 2) diplomacia ambiental; 3) ciência e tecnologia para a sustentabilidade; 4) gestão socioambiental; 5) propostas teórico-metodológicas.

Nossa sociedade está em um período importante de transição, já que fica claro que o atual modelo socioeconômico está essencialmente falido, tanto do ponto de vista socioeconômico quanto do ponto de vista ambiental. A superexploração dos recursos naturais de nosso planeta e a visão do maior lucro no menor prazo possível, não importando as consequências sociais ou ambientais, está levando o planeta a uma situação crítica. Vemos tensões sociais aumentando por causa da enorme desigualdade social, com migrações em massa para a Europa e os Estados Unidos, bem como o aumento de tensões geopolíticas e, ainda, o aumento significativo dos eventos climáticos extremos, como secas intensas e prolongadas, além de chuvas torrenciais, impactando a população mais vulnerável tanto nas áreas urbanas como em comunidades na Amazônia. A necessidade de políticas públicas de mitigação de emissões e adaptação ao novo clima baseada em ciência é urgente.

Precisamos de ciência em todas as áreas para mudar o rumo de nossa sociedade, e as questões discutidas neste livro fornecem alguns caminhos possíveis e colocam uma luz nas possíveis trajetórias para a humanidade. Já no Capítulo 1, observamos

uma análise histórica da agenda de adaptação climática no Brasil, oferecendo insu-
mos para o fortalecimento de futuras políticas transversais de adaptação. Isso tem
de ser feito em todos os setores econômicos, incluindo-se estações de efluentes do-
mésticos, aspecto tratado no Capítulo 2, com uma análise detalhada de legislações
nacionais, relatórios governamentais e planos municipais de combate às mudanças
climáticas que tratam do controle das emissões de gases de efeito estufa em estações
de tratamento de efluentes domésticos, constando que é fundamental incluir o setor
de saneamento nas diretrizes nacionais. Outro setor fundamental na mitigação de
emissões é o setor energético, que é analisado no Capítulo 3, que aborda a temática
das ofertas energéticas consideradas limpas, relacionando-as às Contribuições Na-
cionalmente Determinadas (*Nationally Determined Contributions* – NDC), com o
olhar da sustentabilidade e atentando para a geração de externalidades negativas. O
papel das comunidades tradicionais é fundamental de ser integrado nas opções de
mitigação e adaptação, o que é abordado no Capítulo 4 com uma avaliação e identi-
ficação das condições em que se encontram as comunidades tradicionais presentes
na região do Mosaico de Unidades de Conservação (MUC) Jureia-Itatins – palco
de conflitos socioambientais –, de modo a enquadrá-las em Reservas de Desen-
volvimento Sustentável (RDS). A segurança do setor de mineração é analisada no
Capítulo 5, que apresenta o panorama atual das barragens de contenção de rejeitos
no Brasil relativamente às categorias risco, dano potencial associado e nível de alerta
e emergência, definidas pela Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB).
Enfatiza-se que os dados do Sistema Integrado de Gestão de Barragem de Mineração
(SIGBM) funcionam como um mecanismo de controle dos órgãos fiscalizadores, no
auxílio ao planejamento e definição de estratégias de rastreamento de estruturas que
necessitam de maior atenção.

A segunda parte do livro analisa a importante questão da diplomacia ambiental
e a cooperação internacional. Também é avaliado o impacto socioambiental da ca-
deia têxtil brasileira, mensurando-se e analisando-se as emissões de gases de efeito
estufa (GEE) e a geração de empregos decorrentes da demanda por produtos têxteis
no Brasil. Uma significativa questão emergente é abordada no Capítulo 9, que é a
poluição por microplásticos (MP), com foco nas microfibras liberadas ao se lavarem
roupas sintéticas, feitas de tecidos como poliéster, acrílico e poliamida. Os autores
destacam a necessidade de se padronizarem métodos de análise das microfibras e
normalizarem-se os procedimentos de lavagem de têxteis. O estudo amplia a com-
preensão da poluição por MPs na lavagem de roupas, ressaltando a importância de
escolhas sustentáveis nos produtos têxteis e no gerenciamento adequado do descarte
de resíduos plásticos. Outra questão que recentemente está atraindo muita atenção
é a possibilidade de aplicação da inteligência artificial (IA), especialmente o apren-

dizado de máquina (AM), em estudos ambientais, tema que é abordado no Capítulo 10. A segurança alimentar é tema importante dos Capítulos 14 e 15, com diferentes abordagens. A análise dos impactos da mudança do clima para a segurança alimentar e nutricional (SAN) é abordada, bem como é feita uma análise de como as práticas alternativas de produção de alimentos podem contribuir com a transformação do Sistema Alimentar Global, considerando-se o agravamento das mudanças climáticas.

Por fim, o livro trata das questões associadas às externalidades socioambientais, com foco na mitigação da crise ambiental global. Com a apresentação de temas organizados nos eixos “políticas ambientais e governança”, “diplomacia ambiental”, “ciência e tecnologia para a sustentabilidade”, “gestão socioambiental” e “propostas teórico-metodológicas”, este livro dirige-se a pesquisadores, sociedade civil e tomadores de decisão interessados em reflexões teóricas, abordagens empíricas e metodológicas relativas à agenda da sustentabilidade. É uma importante contribuição para a construção de uma sociedade sustentável, levando-se em conta as dificuldades dessa transição socioeconômica que teremos de fazer ao longo das próximas décadas.

Paulo Artaxo
(Centro de Estudos Amazônia Sustentável – USP)

Apresentação

Os sistemas socioambientais desvelam, atualmente, uma realidade permeada pela insustentabilidade. Questões relacionadas à vulnerabilização do meio ambiente com implicações sociais e ambientais chamam os pesquisadores a refletirem sobre impactos locais e globais. Temas relativos às cidades, à agricultura, à energia, à diversidade e à igualdade, às tecnologias e à diplomacia apresentam-se para a discussão em diversos âmbitos da sociedade.

Os capítulos deste livro refletem as preocupações sobre vários desses temas, expressas em pesquisas científicas de docentes e discentes do Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade da Universidade de São Paulo (USP), com vistas a um horizonte em que a resiliência do planeta e o bem-estar humano se entrelacem, permitindo a emergência de visões aspirantes a um mundo sustentável.

Os manuscritos foram recebidos a partir de uma chamada aberta aos docentes, discentes e egressos do citado programa de pós-graduação e foram selecionados por avaliadores. Todos os artigos contaram com a avaliação de três pareceristas, sendo um interno e dois externos ao programa, em processo duplo cego, pelo qual os pareceristas não tiveram acesso ao(s) nome(s) dos autores, e vice-versa.

ESTRUTURA DO LIVRO

Esta obra está organizada em quatro eixos temáticos: políticas ambientais e governança, diplomacia ambiental, ciência e tecnologia para a sustentabilidade, gestão socioambiental e propostas teórico-metodológicas para a condução de pesquisas relacionadas à pauta da sustentabilidade.

O eixo “Políticas ambientais e governança” é composto por cinco capítulos, abordando políticas relacionadas a questões socioambientais.

O Capítulo 1, elaborado por Marina Valverde Briant e Alexandre Toshio Igari, apresenta uma análise histórica da agenda de adaptação climática no Brasil, oferecendo insumos para o fortalecimento de futuras políticas federais de adaptação e concluindo com a demonstração da necessidade de políticas públicas transversais relativas ao tema.

No Capítulo 2, Fernanda de Marco de Souza, João Vitor Rodrigues de Souza e Marcelo Antunes Nolasco analisam legislações nacionais, relatórios governamentais e planos municipais de combate às mudanças climáticas que tratam do controle das emissões de gases de efeito estufa em estações de tratamento de efluentes domésticos, constando que é fundamental incluir o setor de saneamento nas diretrizes nacionais, a fim de aumentar sua visibilidade no combate às mudanças climáticas.

O Capítulo 3, de Vitor Calandrini e Paulo Santos de Almeida, aborda a temática das ofertas energéticas consideradas limpas, relacionando-as às Contribuições Nacionalmente Determinadas (*Nationally Determined Contributions* – NDC), com o olhar da sustentabilidade e atentando para a geração de externalidades negativas. A pesquisa baseia-se em literaturas e documentos publicados em periódicos científicos, discutindo o aproveitamento dos meios energéticos considerados renováveis no Brasil e as problemáticas associadas à necessidade de incorporação de aspectos socioambientais essenciais para a sustentabilidade.

No Capítulo 4, Beatriz Decarli Oliveira Lopes e Flávia Noronha Dutra Ribeiro propõem a avaliação e a identificação das condições em que se encontram as comunidades tradicionais presentes na região do Mosaico de Unidades de Conservação (UC) Jureia-Itatins – palco de conflitos socioambientais –, de modo a enquadrá-las em Reservas de Desenvolvimento Sustentável (RDS), com base no enquadramento jurídico e atendendo ao princípio do não retrocesso.

No Capítulo 5, Geise Corrêa Teles e Marcelo Marini Pereira de Souza apresentam o panorama atual das barragens de contenção de rejeitos no Brasil, relativamente às categorias risco, dano potencial associado e nível de alerta e emergência, definidas pela Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB). Enfatizam que os dados do Sistema Integrado de Gestão de Barragem de Mineração (SIGBM) funcionam como um mecanismo de controle dos órgãos fiscalizadores, no auxílio ao planejamento e definição de estratégias de rastreamento de estruturas que necessitam de maior atenção. Adicionalmente, comentam que os acidentes ocorridos no Brasil alertam para a importância da transparência na exposição de dados sobre barragens de mineração.

O segundo eixo traz dois capítulos sobre “Diplomacia ambiental”, explorando temas relacionados a proteção ambiental e cooperação internacional, com foco nas iniciativas e postura do Brasil.

No Capítulo 6, Alisson Felipe Moraes Neves, Milena Malteze Zuffo e Wânia Duleba investigam os potenciais impactos diplomáticos e as demandas dos *stakeholders* envolvidos na possível perfuração da Margem Equatorial, especificamente no Bloco FZA-M-59. A análise é conduzida sob a perspectiva da diplomacia ambiental e da cooperação internacional. Os autores identificam os *stakeholders* no processo de licenciamento ambiental e delineiam oportunidades de cooperação entre Brasil e Guiana Francesa. Eles enfatizam a necessidade de uma avaliação socioecológica abrangente e propõem soluções alinhadas com compromissos internacionais e metas de sustentabilidade global.

No Capítulo 7, Paulo Cezar Rotella Braga e Wânia Duleba traçam a trajetória do Brasil quanto a caça, conservação e proteção das baleias em suas águas jurisdicionais. Além de analisarem as sinergias dos esforços diplomáticos do Brasil com outros tratados ambientais, eles destacam como essa história bem-sucedida beneficia não apenas a biodiversidade e o clima global, mas também está em sintonia com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Os autores sugerem que a diplomacia ambiental do Brasil pode se enriquecer ao integrar esses feitos em discursos e debates em convenções ambientais, fortalecendo, assim, a posição do país em fóruns internacionais.

O eixo “Ciência e tecnologia para a sustentabilidade” é composto por quatro capítulos que exploram temas relacionados a análises socioambientais da indústria têxtil, microplásticos, inteligência artificial (aprendizado de máquina) e conservação de florestas.

No Capítulo 8, Alessandra Maria Giacomini, Jhonathan Fernandes Torres de Souza e Sergio Almeida Pacca propõem avaliar o impacto socioambiental da cadeia têxtil brasileira, mensurando e analisando as emissões de gases de efeito estufa (GEE) e a geração de empregos decorrentes da demanda por produtos têxteis no Brasil. O método se baseou no modelo multirregional de insumo-produto (MRIP). A simples redução da demanda têxtil como estratégia de mitigação das emissões de GEE mostrou-se pouco atrativa socialmente devido à perda de empregos, em comparação com outros setores. Existe uma margem adicional no que concerne a um uso final desnecessário, no atual modelo de negócios conhecido como *fast fashion*. Estratégias para minimizar os impactos são apresentadas pelos autores.

O Capítulo 9, escrito por Maria Carolina Garcia Peixoto Sacchi e Wânia Duleba, aborda a poluição por microplásticos (MP), com foco nas microfibras liberadas ao se lavarem roupas sintéticas, como poliéster, acrílico e poliamida. Os autores destacam a necessidade de padronizar métodos de análise das microfibras e normalizar

os procedimentos de lavagem de têxteis. Além disso, enfatizam a importância de políticas ambientais e leis que exijam filtros nas máquinas de lavar roupa, como já feito na França. O estudo amplia a compreensão da poluição por MPs na lavagem de roupas, ressaltando a importância de escolhas sustentáveis nos produtos têxteis e no gerenciamento adequado do descarte de resíduos plásticos.

No Capítulo 10, Tuanny Lemos Balestrin e Wânia Duleba conduzem uma revisão sistemática da literatura para identificar as possibilidades de aplicação da inteligência artificial (IA), especialmente o aprendizado de máquina (AM), em estudos sobre poluição por microplásticos (MP) no meio ambiente. Os autores exploram diversas abordagens para detecção, classificação e quantificação de MPs, incluindo o uso de dados imagéticos e de técnicas de química analítica, combinadas com técnicas de inteligência artificial. A pesquisa indica que as técnicas de AM, oferecem valiosas contribuições para a compreensão da poluição por MPs, mas sua implementação em larga escala ainda enfrenta desafios, como a necessidade de padronização de metodologias, a adoção generalizada da tecnologia e a integração de algoritmos complementares.

O Capítulo 11, de Mayara Faleiros Quevedo e Tiago Maurício Franco, finaliza o eixo “Ciência e tecnologia” analisando a potencial qualidade do mel da abelha da espécie *Duckeola ghiliani* (caçadora-de-limão). Os autores verificam que essa abelha pode ser manejada racionalmente para a produção de mel, além de uso já conhecido dela como guardiã dos meliponários, favorecendo o desenvolvimento da meliponicultura na região. Como outras abelhas sem ferrão, as suas valorização, proteção, conservação e criação contribuem também para a manutenção das florestas, a partir de ações de educação ambiental e do manejo correto das espécies.

O eixo “Gestão socioambiental” apresenta vários temas e abordagens. São sete capítulos tratando de questões relativas à gestão, envolvendo sociedade e meio ambiente.

O Capítulo 12, de Emanuel Galdino e Tania Pereira Christopoulos, propõe-se a suprir uma lacuna científica, identificando a polissemia de termos utilizados para exemplificar as tecnologias para o meio ambiente, assim como o amplo leque de possibilidades utilizado pelos países para estimular seus desenvolvimento e aplicação. As implicações sociais deste estudo incluem a conscientização sobre o papel dessas tecnologias para o meio ambiente e controvérsias associadas, além de prover elementos para a formulação de políticas públicas, já que ressalta as diferentes abordagens adotadas em distintas regiões do mundo.

No Capítulo 13, Beatriz de Deus Rodrigues e Helene Mariko Ueno exploram a temática da percepção de riscos em relação aos desastres naturais e de respostas preventivas individuais atribuíveis a essa percepção. Identificam, por meio de uma revisão da literatura, cenários e fatores que contribuem para diferentes níveis de

percepção de risco. Assinalam que, para aumentar a resiliência da população neste contexto, é necessário propor políticas que considerem esses diferentes níveis de percepção de risco e priorizem atenção às populações vulneráveis.

Os Capítulos 14 e 15 têm como objeto o sistema alimentar, com diferentes abordagens. O Capítulo 14, de Giselle Cristina Santos de Aguiar e Sonia Regina Paulino, propõe identificar os impactos da mudança do clima para a segurança alimentar e nutricional (SAN), além de analisar como as práticas alternativas de produção de alimentos podem contribuir para a transformação do Sistema Alimentar Global (SAG), considerando o agravamento das mudanças climáticas. Com base em pesquisas bibliográfica e documental, verifica-se que os principais impactos da mudança do clima na SAN ocorrem no acesso, na produção, na qualidade nutricional e na volatilidade dos preços dos alimentos, principalmente nas populações mais pobres e em situações de desigualdade social.

No Capítulo 15, Patrícia Mello Silva e André Felipe Simões discutem como a venda de produtos alimentícios em espaços públicos, especialmente no ambiente alimentar do transporte público sobre trilhos da cidade de São Paulo, traz implicações para o consumo de alimentos ultraprocessados e para a saúde coletiva. A partir da análise da literatura pertinente, reconhecem que é de extrema relevância o reconhecimento e a adoção de medidas regulatórias por parte do Estado, particularmente no sentido de proteger e promover a saúde da população, concomitantemente abordando as doenças crônicas não transmissíveis, associadas à má alimentação.

No Capítulo 16, Jackson Cruz Magalhães e Sylmara Lopes Francelino Gonçalves-Dias apresentam o histórico de ocupação e estabelecimento de uma comunidade e enfatizam aspectos que conduziram a uma realidade marcada por risco, vulnerabilidade e injustiça ambiental. Revelam que conhecer os fatores condicionantes dessa realidade é importante para que sejam planejadas estratégias para sua mitigação. Percebeu-se que o estabelecimento da população em área contaminada, a partir da compra de lotes com origem irregular, e a ausência de infraestrutura que atenda às necessidades, em sua integralidade, são fatores que potencializam a exposição a riscos e vulnerabilidades socioambientais dessa população.

O Capítulo 17 traz um estudo de Ana Jane Benites e André Felipe Simões que discute a apropriação da teoria dos campos de ação estratégica (TCAE) – uma relevante teoria institucional – por instituições de pesquisa, em favor da agenda do desenvolvimento sustentável. Por meio de uma análise *quali-quant*i de publicações científicas geradas por essas instituições nas últimas duas décadas, identificam que há demasiada ênfase na habilidade social dos agentes (capacidade de persuasão de outros agentes) sem a devida ponderação às mazelas estruturais históricas impostas às nações em desenvolvimento do Hemisfério Sul, como a desigualdade na distribuição

de renda e heterogeneidade estrutural, que tendem a restringir sobremaneira os atores hábeis e empreendedores, em comparação com o cenário de países desenvolvidos do norte geopolítico onde a TCE foi concebida.

No eixo “Propostas teórico-metodológicas”, há a apresentação de dois capítulos.

No Capítulo 18, Érico Luciano Pagotto e Sylmara Lopes Francelino Gonçalves-Dias apresentam a análise sociológica do discurso (ASD) como estratégia metodológica para o estudo de campos de ação estratégica. Nesse capítulo, os autores demonstram de forma conceitual e empírica como os domínios teórico e metodológico da TCAE e da ASD, respectivamente, podem ser associados para se ampliar a capacidade analítica na compreensão do surgimento, estruturação e dinâmica de um campo, bem como as disputas que nele ocorrem. O modelo conceitual apresenta a síntese da proposta teórico-metodológica e, ao final, os autores adicionam um exemplo com a aplicação desse modelo conceitual na análise de políticas públicas de produção e consumo sustentáveis.

O Capítulo 19, de Rodrigo Massao Kurita e André Felipe Simões, apresenta a *ecocrítica* como uma original perspectiva metodológica e teórica na instrumentalização do pensar com sensibilidade ecológica, contribuindo para fortalecer o engajamento de correntes biocêntricas em contraposição ao antropocentrismo. A ecocrítica surge em meados da década de 1980 como um novo paradigma de estudos literários, pautado na defesa e na proteção do meio ambiente. O estudo, por meio de revisão bibliográfica, caracteriza e analisa os antecedentes históricos da ecocrítica *vis-à-vis* suas principais escolas teóricas, além de propor a elaborar uma análise, crítica e pormenorizada do paradigma sob o prisma das externalidades socioambientais correlatas ao pós-colonialismo, com foco na mitigação da crise ambiental global.

Com a apresentação de temas organizados nos eixos “políticas ambientais e governança”, “diplomacia ambiental”, “ciência e tecnologia para a sustentabilidade”, “gestão socioambiental” e “propostas teórico-metodológicas”, o livro apresenta visões para um mundo sustentável como aspirações tangíveis e, a partir de uma proposta interdisciplinar, dirige-se a pesquisadores, sociedade civil e tomadores de decisão interessados em reflexões teóricas, abordagens empíricas e metodológicas, relativas à agenda da sustentabilidade.

Os organizadores.
São Paulo, primavera de 2023.

Eixo 1:

Políticas ambientais e governança

CAPÍTULO 1

Políticas nacionais de adaptação à mudança do clima no Brasil: uma análise histórica de seus dilemas, avanços e desafios

Marina Valverde Briant

Alexandre Toshio Igari

RESUMO

Comparativamente às iniciativas de mitigação, a agenda da adaptação climática se insere em desafios mais amplos que remetem à própria noção de desenvolvimento (por exemplo, alimentação, renda mínima, disponibilidade de água e energia). Assim, ao mesmo tempo que a agenda de adaptação se beneficia da visibilidade dos desafios, também herda a relevância (ou negligência) relegada a esses temas ao longo da história dos Estados. No Brasil, as últimas duas décadas foram marcadas por avanços simbólicos, retrocessos, retomadas e divergências na agenda de adaptação em âmbito nacional. Esses processos foram pouco sistematizados e analisados na literatura sob uma perspectiva histórica, o que poderia oferecer insumos para o fortalecimento das futuras políticas federais de adaptação. Nesse sentido, este capítulo tem como objetivo analisar, por meio de uma revisão bibliográfica e documental, os principais marcos brasileiros relacionados aos dilemas, avanços e desafios no planejamento; à implementação e ao financiamento público da adaptação em âmbito nacional nas

últimas duas décadas. A análise histórica evidenciou o efeito, dentro de horizontes temporais razoavelmente curtos, de mudanças das coalizões dominantes na desmobilização e desarticulação da agenda de adaptação à mudança climática. A setorização e pulverização descoordenada das iniciativas de adaptação reflete a necessidade de uma gestão pública efetivamente transversal. Seria fundamental para uma abordagem transversal de planejamento, monitoramento e controle, uma categorização orçamentária clara dos recursos comprometidos com adaptação, assim como clareza e transparência na execução orçamentária e na evidenciação dos resultados de cada uma das políticas públicas setoriais envolvidas.

Palavras-chave: política climática; adaptação; institucionalismo histórico.

NATIONAL POLICIES FOR CLIMATE CHANGE ADAPTATION IN BRAZIL: A HISTORICAL ANALYSIS OF ITS DILEMMAS, ADVANCES AND CHALLENGES

ABSTRACT

Compared to mitigation initiatives, climate adaptation relates to broader challenges that refer to the very notion of development (e.g. food, minimum income, energy and water availability). Thus, while it benefits from the visibility of these challenges, it also inherits the relevance (or neglect) that these issues have had throughout the history of States. In Brazil, the last two decades were marked by symbolic advances, setbacks, resurrections and divergences in the adaptation agenda at the national level. These processes have been little systematized and analyzed from a historical perspective in the literature, which could provide inputs for strengthening future federal adaptation policies. In this sense, this chapter aims to analyze, through literature and document review, the main Brazilian milestones related to the dilemmas, advances and challenges in planning, implementing and public funding of adaptation at the national level in the last two decades. The historical analysis evidenced the effect, within reasonably short time horizons, of changes in the dominant coalitions on the demobilization and disarticulation of the adaptation agenda. The uncoordinated sectoralization and pulverization of adaptation initiatives reflects the need for an effectively transversal public management. For a transversal approach to planning, monitoring and controlling adaptation policies, a clear budgetary categorization of the committed resources is fundamental, as well as clarity and transparency in budget execution and in the accountability process of the sectoral public policies involved.

Keywords: climate policy; adaptation; historical institutionalism.

1.1 INTRODUÇÃO

O enfrentamento da mudança do clima envolve esforços articulados em duas frentes: a mitigação de emissões de gases de efeito estufa (GEE) e a adaptação dos sistemas socioecológicos. Historicamente, o foco dos Estados nacionais tem recaído sobre a mitigação, com equacionamento, negociação e planejamento dos esforços de redução de emissões (GEE) (Di Giulio; Martins; Lemos, 2016). A agenda de mitigação desenvolveu e aprimorou métricas e parâmetros capazes de, com baixo grau de incerteza, quantificar globalmente as trajetórias históricas, projetar as tendências futuras e balizar concretamente os objetivos e instrumentos de controle em seus planos de ação para redução da emissão dos GEE (Ford *et al.*, 2013).

Por outro lado, a agenda de adaptação climática se insere em desafios mais amplos e com dilemas e disputas com trajetórias históricas estruturais, que remetem ao próprio conceito de desenvolvimento. Esforços civilizatórios de erradicação da pobreza, da desigualdade, da fome e de garantia de acesso adequado ao saneamento básico, às fontes de energia, à educação e à saúde permeiam as demandas de adaptação. O monitoramento e a priorização dessas agendas dependem de parâmetros ético-normativos das coalizões que dominam as arenas sociais, principalmente em relação às políticas públicas. A amplitude da adaptação climática percorre ainda as agendas econômicas mais ortodoxas, uma vez que as mudanças climáticas podem ser deletérias para a produção, o consumo e o crescimento econômico em importantes setores, como agropecuária, energia, seguros e serviços de saúde.

Assim, a agenda da adaptação climática se beneficia por seus temas já terem visibilidade, estando representados em disputas e escolhas nas arenas sociais, mas também herda a relevância relegada a esses temas ao longo da história dos Estados. Nesse sentido, entende-se que as disputas já existem em cada um dos temas abordados pelos esforços de adaptação, sendo potencializadas pelas mudanças climáticas e moduladas pelo êxito ou fracasso da agenda de adaptação. Dessa forma, as políticas de adaptação à mudança do clima enfrentam dilemas históricos e desafios que são inerentes a cada nação ou território em que são levadas a cabo. Essas políticas vêm gradualmente ganhando tração nas últimas décadas. Em escala internacional, um ponto decisivo ocorreu em 2001, quando as partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC, na sigla em inglês) concordaram em estabelecer o *National Adaptation Programme of Action* (UNFCCC, 2002) e recursos específicos para a agenda. A adoção do *Cancun Adaptation Framework* em 2010 realçou ainda mais o tema ao propor um processo de apoio aos países menos desenvolvidos para que formulassem e implementassem planos nacionais de adaptação (UNFCCC, 2011). Paralelamente, o próprio conceito de adaptação foi sendo elaborado, disputado e refinado, até que se chegasse ao entendimento atual de adaptação como “processo

de ajuste ao clima atual ou esperado e seus efeitos, visando moderar os danos ou explorar oportunidades” (IPCC, 2022, p. 2898).

Especialmente no caso do Brasil, as últimas duas décadas foram marcadas por avanços simbólicos, retrocessos, retomadas e divergências na agenda de adaptação em âmbito nacional. Esses processos foram pouco sistematizados e analisados na literatura sob uma perspectiva histórica, o que poderia oferecer insumos para o fortalecimento das futuras políticas federais de adaptação. Essa lacuna analítica contrasta com dados sobre perdas econômicas decorrentes de eventos climáticos extremos no Brasil, bem como com o impacto projetado de cenários climáticos. Estima-se que, entre 2016 e 2019, as perdas econômicas totais decorrentes de desastres naturais no país tenham totalizado R\$ 94,65 bilhões (Brasil, 2022). Projeções indicam que o Brasil enfrentará um aumento na ocorrência de eventos climáticos extremos, como enchentes, secas e incêndios, nas próximas décadas (Brasil, 2021a), o que pode ampliar não somente perdas econômicas, como também impactos adversos intangíveis na esfera social e na biodiversidade, e reforçar a importância de planejar, implementar e financiar adequadamente políticas de adaptação.

Nesse sentido, este capítulo tem como objetivo analisar os principais marcos brasileiros relacionados aos dilemas, avanços e desafios no planejamento, na implementação e no financiamento público da adaptação em âmbito nacional nas últimas duas décadas.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

O processo de investigação envolveu a análise documental de leis, decretos, planos e fundos federais e da literatura científica relacionados à adaptação à mudança do clima no Brasil. Os documentos analisados foram selecionados a partir do conjunto de materiais relativos à agenda de adaptação à mudança do clima, entre 2000 e 2023, disponibilizados publicamente pelo próprio Governo Federal em seus websites. A literatura científica, por sua vez, foi selecionada a partir das palavras-chave “adaptação”, “adaptação à mudança do clima” e “Plano Nacional de Adaptação” – e de suas respectivas correspondências em inglês: “*adaptation*”, “*climate change adaptation*” e “*National Adaptation Plan*”. Foram considerados trabalhos publicados entre 2000 e 2023 disponibilizados no Portal de Periódico da Capes ou no portal Scopus. A priorização dos trabalhos ocorreu de forma não exaustiva e privilegiando trabalhos que abordassem o contexto brasileiro. A análise foi feita sob a perspectiva teórico-metodológica do institucionalismo histórico, buscando enfatizar aspectos estruturais, ambiguidades e mudanças institucionais (Mahoney; Thelen, 2009).

Hochstetler (2021) e Ferrante e Fearnside (2019) estão entre os autores que propuseram distintas formas de segmentar temporalmente os marcos das políticas

climáticas brasileiras. Entretanto, esses trabalhos enfocam as políticas climáticas como um todo, e não especificamente a agenda de adaptação. Considerando-se que “estratégias de mitigação e de adaptação não são sempre consistentes em termos de objetivos e efeitos” (Milhorange; Bursztyn, 2019, p. 222, tradução nossa), é possível esperar que as repercussões e interações políticas associadas a essas agendas carreguem distintas implicações em um mesmo período de tempo.

Por essa razão, no âmbito deste capítulo, sistematizamos os principais marcos¹ da agenda de adaptação a partir de segmentação temporal própria, relacionando os períodos adotados aos marcos e fases da política climática brasileira propostos por outros autores, quando aplicável. Nesse sentido, a análise foi segmentada em quatro períodos: fundamentação (2000-2010), planejamento (2011-2015), entraves de implementação e financiamento (2016-2020) e incertezas (2021-2023). Considerando-se a ênfase dada pelo institucionalismo histórico aos processos de mudança institucional, a segmentação temporal é relevante para identificar os contextos e respectivas articulações das dinâmicas de poder que desencadearam potenciais mudanças e disputas.

1.3 FUNDAMENTAÇÃO (2000-2010)

A agenda climática brasileira se fundamenta em marcos que ocorreram, no mínimo, desde a década de 1980, principalmente a partir da Constituição Federal de 1988 (Brasil, 1988). Por essa razão, cabe observar, em primeiro lugar, que as políticas de adaptação à mudança do clima remetem a bases estabelecidas em períodos anteriores à segmentação temporal adotada neste capítulo, apesar do recorte aqui estabelecido.

Hochstetler (2021) destaca que o começo do século XXI foi marcado por respostas do país a negociações internacionais, o que evoluiria para a efetiva construção política das instituições climáticas a partir de 2003. Viola e Franchini (2014) destacam que, entre 2005 e 2008, houve um fortalecimento de interesses reformistas que começaram a dar espaço à temática, e que, entre 2009 e 2010, o Brasil vivenciou um período paradoxal: a agenda climática passou a ser inserida em políticas nacionais, enquanto forças conservadoras da indústria de óleo e gás ganharam espaço gradualmente.

Especificamente na agenda de adaptação no Brasil, o período aqui tratado como de fundamentação é marcado por: (i) estabelecimento do arcabouço legal; (ii) identificação das limitações relacionadas a cenários climáticos e modelos regionalizados; e (iii) enquadramento da adaptação em uma abordagem centrada na vulnerabilidade.

1 No contexto deste capítulo, adotamos a perspectiva teórico-metodológica do institucionalismo histórico, para a qual um marco é reconhecido como um elemento institucional relevante ao longo de um espectro temporal.

O Plano Plurianual (PPA) 2000-2003 dá início a esse processo com a inserção explícita da agenda de adaptação no planejamento orçamentário brasileiro. Por meio da criação do Programa Finalístico “Mudanças Climáticas”, o país incentivou o desenvolvimento de estudos sobre a vulnerabilidade e a adaptação aos impactos das mudanças climáticas (Brasil, 2000, p. 368). Nesse sentido, observa-se que a busca, até então, era pela maior compreensão das condições de vulnerabilidade e de adaptação, e não por medidas concretas para endereçá-las.

Essa perspectiva se reflete na primeira comunicação nacional do Brasil à UNFCCC, em 2004, na qual o país reconheceu a ênfase dada à mitigação como parte de sua estratégia e se propôs a analisar a “pequena bibliografia existente sobre vulnerabilidade e adaptação aos efeitos da mudança do clima no Brasil” (Brasil, 2004, p. 223). O documento justifica essas limitações ao notar a necessidade de desenvolvimento de modelos de clima de longo prazo com resolução espacial adequada para análise regional.

A agenda de adaptação à mudança do clima no Brasil se fortaleceu nos instrumentos políticos federais em 2007, com a publicação do Decreto nº 6.263, que criou o Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima (CIM) e previu a elaboração de um Plano Nacional sobre Mudança do Clima. A agenda de adaptação foi abordada como parte dos objetivos do Plano, que deveria definir ações e medidas para promovê-la. Nesse decreto, a adaptação foi definida como “iniciativas e medidas para reduzir a vulnerabilidade dos sistemas naturais e humanos frente aos efeitos atuais e esperados da mudança do clima” (Brasil, 2007, p. 6). Essa definição se enquadra na tipologia de adaptação centrada em vulnerabilidade e reflete o entendimento da comunidade científica à época da publicação do decreto, em novembro de 2007, uma vez que replica a mesma definição adotada pelo IPCC (Parry *et al.*, 2007, p. 869) em julho do mesmo ano.

Como resposta ao Decreto nº 6.263 de 2007, o Brasil publicou seu Plano Nacional sobre Mudança do Clima em dezembro de 2008. O plano reforça a limitação de dados sobre cenários climáticos como restrição para a identificação de todas as ações de adaptação necessárias, centrando as medidas possíveis em torno da redução da vulnerabilidade (Brasil, 2008). No ano seguinte, o país instituiu sua Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) por meio da Lei nº 12.187 de 2009. A Política manteve – e mantém até hoje – a mesma definição de adaptação (centrada em redução de vulnerabilidades) (Brasil, 2009) estabelecida pelo Decreto nº 6.263 de 2007.

A PNMC estabeleceu as bases para o financiamento público da agenda climática no Brasil ao prever, dentre os instrumentos para sua implementação, mecanismos de financiamento que incluem: (i) o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima (FNMC); (ii) as linhas de crédito e financiamento específicas de agentes financeiros públicos e

privados; (iii) as dotações específicas para ações em mudança do clima no orçamento da União; (iv) os mecanismos financeiros e econômicos referentes à mitigação da mudança do clima e à adaptação aos efeitos da mudança do clima que existam no âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima; e (v) os mecanismos financeiros e econômicos, no âmbito nacional, referentes à mitigação e à adaptação à mudança do clima (Brasil, 2009, p. 110).

Do ponto de vista do planejamento das ações, a PNMC prevê a elaboração de planos setoriais de mitigação e adaptação. O detalhamento sobre esses planos foi dado pelo Decreto nº 7.390 de 2010, que previa que planos ainda não relacionados em seu próprio conteúdo (o que inclui planos de adaptação) deveriam ser elaborados até dezembro de 2011 (Brasil, 2010a).

Ainda em 2010, o Brasil enviou sua segunda comunicação nacional à UNFCCC. Nela, o país relatou avanços em relação a regionalização dos modelos climáticos para maior compreensão das vulnerabilidades, destacando a validação do modelo Eta-CP-TEC e a utilização de seus resultados para avaliar possíveis impactos da mudança do clima em setores-chave (Brasil, 2010b). Desse modo, observa-se que, no período de fundamentação, o país ampliou a compreensão da vulnerabilidade e dos potenciais impactos da mudança do clima – algo que se consolidaria nos próximos anos.

1.4 PLANEJAMENTO (2011-2015)

O cenário político brasileiro passou por importantes transformações entre 2011 e 2015 que trouxeram implicações relevantes para a agenda ambiental e climática. A literatura aponta que, entre 2011 e 2012, o país vivenciou um fortalecimento de forças conservadoras na agenda climática, marcado notadamente pela expansão da indústria de óleo e gás e pela aprovação do novo Código Florestal (Viola; Franchini, 2014). Hochstetler (2021) e Milhorange (2022) também apontam o processo pelo qual o Código Florestal foi substituído pela nova lei sobre proteção da vegetação nativa (Lei 12.651/2012) a partir das forças conservadoras ruralistas que ganharam espaço no Congresso Nacional a partir de 2011. Os anos que se seguiram foram marcados por uma maior fragilidade na implementação e no monitoramento de políticas ambientais, ocasionada pela crescente austeridade fiscal e pelas coalizões conservadoras que se articulavam gradualmente (Milhorange, 2022).

Especificamente na agenda nacional de adaptação, o período aqui tratado como de planejamento é marcado por: (i) tentativas de conferir maior tangibilidade à temática de adaptação em âmbito nacional a partir da elaboração de instrumentos de planejamento específicos; e (ii) maior disponibilidade de informações climáticas para subsidiar medidas de redução de vulnerabilidade. É nesse período que se inicia a elaboração do Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (PNA).

Do ponto de vista do financiamento da adaptação, recursos voltados especificamente a essa agenda começam a surgir. Em 2011, o FNMC publicou seu primeiro Plano Anual de Aplicação de Recursos (PAAR), no qual estipulou recursos discriminados para atividades de adaptação. As áreas rotuladas como adaptação envolviam projetos amplos que incluíam, por exemplo, manejo florestal, tecnologias de cultivo e sistemas de alerta contra desastres (Brasil, 2011a). O relatório de execução do FNMC referente a 2011 aponta que R\$ 22.352.410,90 foram contratados em recursos não reembolsáveis para as áreas rotuladas como adaptação (Brasil, 2011b).

No âmbito dos planos setoriais, foi necessário estender o prazo de elaboração previsto pelo Decreto nº 7.390 de 2010 para abril de 2012, o que foi feito por meio do Decreto nº 7.643 de 2011 (Brasil, 2011c). Dentre os planos setoriais elaborados a partir de então, alguns aprofundaram medidas específicas de adaptação e tentaram traduzir a agenda em medidas e métricas. É o caso, por exemplo, do Plano Setorial de Agricultura, publicado em 2012, que previa ações de adaptação relacionadas à inteligência climática na agricultura, seguro rural e análise de riscos de pragas ajustada à mudança do clima (Brasil, 2012a). Outro exemplo é o Plano Setorial de Saúde, publicado em 2013, que buscava “como resultado de suas ações de adaptação, a redução das vulnerabilidades da população e o fortalecimento da capacidade de preparação, resposta e recuperação dos serviços de saúde” (Brasil, 2013a, p. 28). Entretanto, Viola e Franchini (2014) apontam que, até 2012, os planos setoriais previstos pela PNMC não haviam alcançado resultados efetivos.

Enquanto a conjuntura conservadora ameaçava a agenda climática como um todo, alguns marcos sugerem que a agenda de adaptação especificamente tenha tido avanços no período. Milhorange *et al.* (2022a) apontam que o crescente número de “desastres” foi um fator importante para que a agenda de adaptação brasileira fosse impulsionada na época. Além disso, no setor agropecuário, a agenda de adaptação foi vista como uma abordagem para a manutenção e o aumento da produtividade econômica, enquadrada sob o discurso de *climate-smart agriculture*, em contraste com a agenda de mitigação, que sofreu maiores retaliações por conta de seu enfoque na redução do desmatamento (Milhorange *et al.*, 2022a).

Em 2012, por exemplo, a adaptação à mudança do clima foi reforçada explicitamente no planejamento orçamentário do país. O PPA 2012-2015 abrangia, no âmbito do Programa Orçamentário 2050 – Mudanças Climáticas, a redução de riscos e vulnerabilidades climáticas e promoção de medidas de adaptação (Brasil, 2012b).

Esse objetivo tinha como órgão responsável o Ministério do Meio Ambiente e incluía como meta elaborar o Programa Nacional de Adaptação às Mudanças Climáticas (Brasil, 2012b, p. 252). Tozato *et al.* (2019) apontam ainda que, em 2013, o Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão desenvolveu o marcador agenda Clima para

28 programas, 82 objetivos, 247 metas e 304 iniciativas do PPA 2012-2015. O objetivo do marcador era evidenciar as ações de mitigação, adaptação e alerta e prevenção de desastres no sistema de planejamento e gestão pública (Tozato *et al.*, 2019, p. 154).

Esse marcador indica esforços de transversalização do monitoramento da agenda climática no orçamento federal, o que seria especialmente relevante para identificar gastos com potencial contribuição para a adaptação à mudança do clima que estivessem sob programas orçamentários de outros Ministérios. Entretanto, não foi dada continuidade a tal iniciativa (Tozato *et al.*, 2019), e não foram identificados documentos governamentais que abordassem sua metodologia ou a motivação para sua descontinuidade.

Em 2013, o Grupo Executivo do CIM deu início às atividades do Grupo de Trabalho sobre Adaptação, criado especificamente para “estabelecer o processo de elaboração do Plano Nacional da Adaptação às Mudanças do Clima” (Brasil, 2013b, p. 3). Milhorange *et al.* (2022b) apontam que o processo de elaboração do PNA foi marcado pela tentativa de transversalização da agenda de adaptação em outras agendas já mais bem estabelecidas, de modo que o processo consistiu na mistura de instrumentos existentes repaginados a partir de novos objetivos. Os autores destacam que os múltiplos entendimentos sobre o que é adaptação contribuíram para a falta de coordenação, na tentativa de transversalizar a agenda de adaptação na elaboração PNA.

A literatura sobre o processo sugere que os distintos enquadramentos de adaptação adotados neste não tenham sido obra do acaso, mas, sim, uma escolha consciente. O Grupo de Trabalho sobre Adaptação foi unânime na visão de que “prioridades baseadas em distinções setoriais deveriam prevalecer e que cada setor deveria definir seu entendimento de vulnerabilidade e prioridades territoriais em termos de necessidades de adaptação” (Milhorange *et al.*, 2022b, p. 1121, tradução nossa).

Por trás dessa escolha, reside não só o espelhamento do PNA na estrutura da PNMC (que é essencialmente segmentada por setores), mas também as forças conservadoras de grupos de oposição que atuavam no poder executivo e que entendiam que no âmbito do PNA “o mandato do Ministério do Meio Ambiente no processo de elaboração não incluía a prerrogativa de fazer mudanças substanciais na agenda, orçamento ou instrumentos de outros campos políticos” (Milhorange *et al.*, 2022b, p. 1121-2, tradução nossa).

Paralelamente, crescia a disponibilização de informações sobre os possíveis impactos da mudança do clima no Brasil. A partir de 2012, modelos climáticos regionalizados (Chou *et al.*, 2012), foram divulgados, configurando possíveis subsídios para o planejamento de políticas públicas de adaptação no Brasil. Na agenda de gestão de riscos de desastres, esse período também contou com a criação do Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (Cemaden) (Brasil, 2011d). En-

tretanto, Di Giulio *et al.* (2014) sugerem que os avanços de planejamento na esfera federal obtidos até então no Brasil ainda não haviam sido convertidos em resultados concretos de adaptação em âmbito local. A partir de um grupo focal no Litoral Norte de São Paulo, os autores indicam a ausência de informações sobre riscos climáticos em âmbito local, a baixa integração das informações disponíveis na tomada de decisão, além da falta de confiança do público afetado nas agências e órgãos responsáveis pela regulação e gerenciamento dos riscos e por um processo decisório excessivamente centralizado, contando com pouca participação pública. Esse caso ilustra não só a desconexão entre os resultados de adaptação locais e os avanços federais na agenda de adaptação, mas também o descompasso entre esses resultados e a própria Política Estadual de Mudanças Climáticas (PEMC) do estado de São Paulo (São Paulo, 2009), já em vigor na ocasião, que aborda explicitamente a agenda de adaptação.

Contudo, outras questões macrocontextuais permeavam a tomada de decisão na agenda climática entre 2013 e 2015. Hochstetler (2021) aponta que, desde 2013, o Governo Federal encarava não só amplos protestos nas ruas, como também casos de corrupção e uma recessão econômica que levou ao enfraquecimento de grande parte das atividades na agenda climática em âmbito nacional. Esses processos marcaram esse período e foram determinantes para a intensificação do desmantelamento que aconteceria a partir de 2016.

1.5 ENTRAVES DE IMPLEMENTAÇÃO E FINANCIAMENTO (2016-2020)

O período de entraves de implementação e financiamento é marcado: (i) pela publicação do PNA como política pública para promoção da adaptação em âmbito nacional; e (ii) pelo monitoramento e pela avaliação de seu primeiro ciclo de implementação (2016-2020). Sobretudo, esse período é marcado por forte polarização política em âmbito nacional, implicando entraves às instituições públicas da área ambiental, como um todo (Milhorange, 2022; Pereira *et al.*, 2019), e climática (Ferrante; Fearnside, 2019; Hochstetler, 2021), o que, conseqüentemente, também implicou entraves na implementação e no financiamento da adaptação.

Em, 2016, em sua terceira comunicação nacional à UNFCCC, o Brasil reconheceu os avanços recentes na disponibilidade de informações e afirmou apresentar, naquela comunicação, “os resultados de um esforço inédito de avaliação de vulnerabilidades em áreas estratégicas” (Brasil, 2016a, p. 103), disponibilizando uma série de projeções segmentadas por setores, temas e regiões geográficas.

Nesse mesmo ano, por meio da Portaria Ministerial nº 150 de 10 de maio do Ministério do Meio Ambiente, o Brasil publicou o Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (PNA). O PNA abrangia uma estratégia geral e onze estratégias setoriais/temáticas, incluindo Agricultura, Biodiversidade e Ecossistemas, Cidades,

Gestão de Riscos de Desastres, Indústria e Mineração, Infraestrutura (energia, transportes e mobilidade urbana), Povos e Populações Vulneráveis, Recursos Hídricos, Saúde, Segurança Alimentar e Nutricional e Zonas Costeiras (Brasil, 2016b, p. 7). O PNA foi estruturado em “ciclos de execução de quatro anos com suas respectivas revisões [...] durante o último ano do ciclo vigente” (Brasil, 2016b, p. 40), sendo o primeiro ciclo vigente entre 2016 e 2020.

As limitações do PNA ficaram evidentes e foram documentadas por pesquisadores. Em um artigo de setembro de 2016, Di Giulio, Martins e Lemos (2016) ressaltaram a importância da governança, da desigualdade e do desenvolvimento como variáveis críticas para a adaptação no Brasil e destacaram que “até o momento, um planejamento de longo prazo voltado à adaptação climática ainda não ganhou projeção no país como um todo, tampouco nas cidades” (Di Giulio; Martins; Lemos, 2016, p. 25). Em outubro daquele mesmo ano, Di Giulio *et al.* (2016) criticaram o enfoque dado pelo PNA a atividades de aprimoramento de projeções climáticas em detrimento de ações concretas de adaptação, além da fragilidade dos mecanismos de cooperação e diálogo previstos. Os autores também demonstraram preocupação com a efetiva sensibilização dos governantes em relação à viabilidade do PNA diante das mudanças de gestão políticas pelas quais o Brasil passava no período (Di Giulio *et al.*, 2016).

Milhorance *et al.* (2022a) questionam a viabilidade das premissas intersetoriais adotadas pelo PNA a partir das fragilidades de seu processo de elaboração. Segundo os autores, o processo trouxe como resultado “uma política de baixo nível que sobrepôs instrumentos antigos a novas metas de adaptação climática, resultando em diferentes graus de coerência em relação a suas estruturas e ferramentas” (Milhorance *et al.*, 2022a).

Do ponto de vista do financiamento do PNA, Milhorance *et al.* (2022b) sugerem que a transversalidade do Plano estava ameaçada pela insuficiência dos recursos financeiros para a agenda e pelos desafios de articulação intersetorial. Os autores destacam que o orçamento do governo não incorporava os objetivos previstos no PNA, e se reconhecia que cada setor teria seus próprios horizontes de planejamento. Assim, cada setor decidiria separadamente se (e como) incorporaria objetivos de adaptação e como alocaria recursos orçamentários (Milhorance *et al.*, 2022b).

As perspectivas para o financiamento do plano se tornaram ainda mais complexas poucos meses depois após seu lançamento. O impeachment da então presidente Dilma Rousseff, em agosto de 2016, acelerou e ampliou a austeridade fiscal e reduziu o escopo de implementação de uma série de políticas socioambientais (Milhorance, 2022). Em dezembro de 2016, o Congresso Nacional aprovou a Emenda Constitucional nº 95, que impactou significativamente as condições fiscais do país. Tal Emenda Constitucional estabeleceu que, para o exercício de 2017, o orçamento federal seria

equivalente à despesa primária paga no exercício de 2016, corrigida em 7,2%, e que, para os exercícios seguintes, o valor seria, no máximo, igual ao exercício imediatamente anterior, corrigido pela variação da inflação (Brasil, 2016b).

A emenda impactou negativamente o financiamento da agenda ambiental (e, conseqüentemente, climática) do país. Pereira *et al.* (2019) apontam que, entre 2016 e 2017, o orçamento do Ministério do Meio Ambiente – órgão relevante para a implementação do PNA – sofreu um corte de 56%, de modo que o orçamento desse ministério ficaria “congelado pelos próximos 20 anos em um valor menor que a metade do orçamento de 2016” (Pereira *et al.*, 2019, p. 10, tradução nossa). Nesse sentido, pouco após a publicação do PNA, parte importante dos recursos necessários à sua implementação já estava condenada a uma drástica redução.

Em 2017, o Brasil publicou o primeiro relatório de avaliação do PNA. O documento apontava que “no primeiro ano de vigência do PNA, 100% das metas transversais tiveram sua implementação iniciada, com o desenvolvimento de alguma ação ou iniciativa correspondente” (Brasil, 2017, p. 12). O relatório não ofereceu informações agregadas sobre a execução financeira relacionada às ações do PNA. O único dado financeiro citado trata da execução de empreendimentos de abastecimento de água no âmbito da estratégia de cidades, para os quais se relata um montante de R\$ 2,2 bilhões.

No ano seguinte, um avanço simbólico voltado ao financiamento da adaptação foi observado. Em 2018, o FNMC reforçou a contribuição específica de seus recursos para a agenda de adaptação por meio de uma chamada temática. Em edital conjunto com o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), o FNMC abriu chamada específica para iniciativas com foco na redução da vulnerabilidade à mudança do clima em áreas urbanas, a partir do qual poderia disponibilizar até R\$ 5,5 milhões (Brasil, 2018).

Observam-se ainda, no período, subsídios para o refinamento territorial e interseccional das estratégias do PNA na literatura científica. Em 2018, Kasecker *et al.* (2018) reconhecem a ausência de prioridades territoriais em âmbito subnacional no PNA e propõem uma classificação de municípios brasileiros estratégicos para a implementação de medidas de Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE). No ano seguinte, Milhorange e Bursztyn (2019) propuseram uma abordagem analítica (Nexus+) para destacar interações setoriais, reconhecendo essa lacuna no âmbito do PNA do Brasil.

A partir de 2019, com a eleição para presidente de Jair Bolsonaro, as instituições federais responsáveis pela agenda climática foram explicitamente desmanteladas. Esse processo é documentado na literatura por Hochstetler (2021), Ferrante e Fearnside (2019) e Milhorange (2022), que destacam a extinção das responsabilidades climáticas do Ministério das Relações Exteriores, a extinção do próprio Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima (CIM) e o seu discurso negacionista e de vários de seus ministros em relação à agenda climática. Do ponto de vista do financiamento

climático, Pereira *et al.* (2019) apontam que, em 2019, o governo brasileiro cortou 95% do orçamento federal relacionado à PNMC.

No âmbito da literatura científica, uma contribuição importante para o monitoramento do financiamento climático brasileiro é feita por Tozato *et al.* (2019), que propuseram diretrizes para o rastreamento dos gastos públicos com ações sobre mudança do clima. Os autores argumentam que monitorar somente os dados do Programa Orçamentário 2050 – Mudança do Clima é insuficiente para monitorar as despesas da agenda, pois grande parte delas (incluindo exemplos de medidas de adaptação) estão dispersas em outros programas orçamentários. Adicionalmente, os autores também sugerem que a identificação, a categorização e o rastreamento dos comprometimentos orçamentários se alinhem “aos sistemas internacionais de classificação [...] [para] amparar o posicionamento político brasileiro na arena climática internacional” (Tozato *et al.*, 2019, p. 159).

Em 2020, último ano do primeiro ciclo de implementação do PNA, a pandemia de covid-19 tomou conta do cenário político nacional e internacional, o que trouxe consequências negativas para a agenda ambiental do país. Vale *et al.* (2021) apontam que 49% dos atos legislativos de desmonte das políticas ambientais federais publicados entre o início do mandato do então presidente Bolsonaro e setembro de 2020 ocorreram após o início da pandemia de covid-19. Embora não tenham sido identificados, na literatura científica, estudos demonstrando os impactos desse período especificamente nas políticas de adaptação, é razoável esperar que o desmantelamento documentado na área ambiental também tenha se estendido para essa agenda.

O próprio governo demonstrou a lacuna geral de implementação das políticas de adaptação ao divulgar o relatório final do PNA, em 2021. Ao fim do primeiro ciclo de implementação do PNA (2016-2020), somente 42% das metas transversais haviam sido alcançadas (Brasil, 2021b). Do ponto de vista financeiro, o relatório final seguiu não oferecendo dados agregados sobre a execução relacionada às ações do PNA. O documento repete o dado apresentado no primeiro relatório de monitoramento a respeito dos empreendimentos de abastecimento de água (R\$ 2,2 bilhões executados) e adiciona a informação que R\$ 337 milhões foram investidos em sistemas de dessalinização no âmbito da estratégia temática de recursos hídricos (Brasil, 2021b).

1.6 INCERTEZAS (2021-2023)

O período de incertezas é caracterizado pela ausência de mecanismos federais de planejamento vigentes para a adaptação e de métodos de rastreamento formalmente adotados pelo Governo Federal para monitorar o orçamento da adaptação. Conforme apontado anteriormente, o PNA prevê revisões a cada quatro anos “durante o último ano do ciclo vigente” (Brasil, 2016b, p. 40), de modo que a primeira revisão deveria

ter ocorrido em 2020. Em setembro de 2023, o Governo Federal sinalizou que o PNA estava em revisão; que sua estratégia geral seria lançada até o fim de 2023; e que as estratégias setoriais seriam lançadas até o fim de 2024 (Brasil, 2023, p. 36). Nesse sentido, cabe destacar que o país passou o que teria sido dois terços do segundo ciclo de implementação (2021-2024) do PNA sem um instrumento de planejamento federal da adaptação vigente.

O Projeto de Lei (PL) 4.129, apresentado em 23 de novembro de 2021, aprovado pela Câmara dos Deputados em dezembro de 2022 propõe contribuições nesse sentido. O PL estabelece diretrizes para elaboração de Planos de Adaptação no país, incluindo a elaboração de um Plano Nacional de Adaptação em até um ano após seu sancionamento e a previsão de prazos para elaboração de planos estaduais e municipais (Brasil, 2021c). Até setembro de 2023, o PL ainda aguardava tramitação no Senado, reforçando as incertezas que caracterizam o período.

No âmbito do financiamento, não foram identificados novos marcos relacionados à agenda de adaptação em âmbito nacional. Entretanto, cabe notar as recomendações da OCDE, publicadas em 2021 para que o Brasil promovesse mecanismos mais claros de monitoramento das despesas públicas relacionadas à agenda ambiental em alinhamento à OECD/LEGAL/0345. Dentre as recomendações da OCDE para o Brasil, inclui-se a criação de uma abordagem para rastreamento e classificação das despesas ambientais, promovendo transparência e melhor identificação da transversalidade entre Ministérios (OECD, 2021).

1.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A perspectiva histórica evidencia, nos recortes temporais analisados, que as políticas federais de adaptação à mudança do clima passaram por momentos de maior ou menor impulso em função da alternância de poder, que incorpora as mudanças tanto nas percepções e preferências político-ideológicas em relação à conservação ambiental e o bem-estar social quanto em posicionamentos econômicos mais ou menos alinhados com as políticas de austeridade fiscal. Essas dinâmicas reforçam a relevância de se tratar a adaptação à mudança do clima como uma política de Estado, e não de governo, para garantir sua consistência e articulação.

O período de 2000-2010 (fundamentação) marca o alinhamento das políticas nacionais com os esforços globais para mitigação e adaptação com relação às mudanças climáticas. Foram constituídas as principais bases científicas, institucionais e financeiras para a adaptação climática, com destaque para o Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima (CIM), o Plano Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) e o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima (FNMC).

O período de 2011 a 2015 (planejamento) reflete nas políticas nacionais de adaptação o crescimento das forças políticas avessas à conservação ambiental. A recessão econômica e as políticas ortodoxas de austeridade fiscal estabeleceram as bases para as reduções orçamentárias e a desarticulação das políticas socioambientais. Sob o véu de uma pretensa transversalidade da agenda de adaptação climática, os planos e ações foram setorizados de forma descoordenada, o que colocou desafios imensos para o Plano Nacional de Adaptação (PNA) que estava sendo concebido nesse período.

Com a publicação do PNA em 2016, o seu primeiro ciclo de implementação (2016-2020) foi marcado por forte polarização política em nível nacional e por entraves na implementação e financiamento da adaptação. Os orçamentos foram drasticamente reduzidos, e a setorização descoordenada da implementação não permitiu que os gastos e ações fossem devidamente identificados, monitorados e avaliados quanto à sua efetividade. Mesmo após o encerramento do primeiro ciclo de implementação do PNA (período de 2021 em diante), os relatórios finais não mostraram suficientemente os resultados consolidados e muito menos uma evidenciação sistemática detalhada das alíneas orçamentárias envolvidas no PNA.

A perspectiva histórica evidencia o efeito, dentro de horizontes temporais razoavelmente curtos, de mudanças das coalizões dominantes na desmobilização e desarticulação de políticas públicas socioambientais, neste caso particular da agenda de adaptação à mudança climática. A setorização e a pulverização descoordenada das iniciativas incompletamente elencadas no PNA refletem a necessidade de uma gestão pública efetivamente transversal para endereçar a agenda. Seria fundamental para uma abordagem transversal de planejamento, monitoramento e controle uma categorização orçamentária clara dos recursos comprometidos com adaptação, assim como clareza e transparência na execução orçamentária e na evidenciação dos resultados de cada uma das políticas públicas setoriais envolvidas. Sem essa instrumentalização institucional mínima, o PNA fica sujeito à negligência e deriva (*drift*) em suas proposições fundantes, assim como a toda sorte de criatividade contábil na evidenciação de seus resultados.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Câmara dos Deputados. Projeto de Lei 4.129/2021. Dispõe sobre diretrizes gerais para a elaboração de planos de adaptação à mudança do clima. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2021c. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2308223&fichaAmigavel=nao>. Acesso em: 6 maio 2023.
- BRASIL. *Comunicação Nacional Inicial do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima*. Brasília, DF: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2004. Disponí-

vel em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/comunicacoes-nacionais-do-brasil-a-unfccc>. Acesso em: 6 maio 2023.

BRASIL. [Constituição (1988)]. *Constituição da República Federativa do Brasil*. Brasília, DF: Senado Federal, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 13 set. 2023.

BRASIL. [Constituição (1988)]. Emenda constitucional nº 95, de 15 de dezembro de 2016. Altera o ato das disposições constitucionais transitórias, para instituir o novo regime fiscal, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 16 dez. 2014. 2016b. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/Emendas/Emc/emc95.htm. Acesso em: 8 maio 2023.

BRASIL. Decreto nº 6.263, de 21 de novembro de 2007. Institui o Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima – CIM, orienta a elaboração do Plano Nacional sobre Mudança do Clima, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 22 nov. 2007. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/decreto/d6263.htm. Acesso em: 6 maio 2023.

BRASIL. Decreto nº 7.390, de 9 de dezembro de 2010. Regulamenta os arts. 6º, 11º e 12º da Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 10 dez. 2010. 2010a Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7390.htm. Acesso em: 6 maio 2023.

BRASIL. Decreto nº 7.513, de 1º de julho de 2011. Altera o Decreto nº 5.886, de 6 de setembro de 2006, que aprova a Estrutura Regimental e o Quadro Demonstrativo dos Cargos em Comissão e das Funções Gratificadas do Ministério da Ciência e Tecnologia, e dispõe sobre o remanejamento de cargos em comissão. *Diário Oficial da União*, 2011d. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/decreto/d7513.htm. Acesso em: 23 mar. 2024.

BRASIL. Decreto nº 7.643, de 15 de dezembro de 2011. Altera o art. 4º do Decreto nº 7.390, de 9 de dez. 2010, que regulamenta os arts. 6º, 11 e 12 da Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 16 dez. 2011. 2011c. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2011/Decreto/D7643.htm#art1. Acesso em: 6 maio 2023.

BRASIL. Fundo Nacional sobre Mudança do Clima. *Plano Anual de Aplicação de Recursos – 2011*. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2011a. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/acao-a-informacao/apoio-a-projetos/fundo-nacional-sobre-mudanca-do-clima/plano-anual-de-aplicacao-de-recursos>. Acesso em: 7 maio 2023.

BRASIL. Fundo Nacional sobre Mudança do Clima. *Relatório 2011*. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2011b. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/acao-a>

- informacao/apoio-a-projetos/fundo-nacional-sobre-mudanca-do-clima/relatorios-de-execucao. Acesso em: 7 maio 2023.
- BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. *Quarta Comunicação Nacional do Brasil à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima*. Brasília, DF: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, 2021a. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/comunicacoes-nacionais-do-brasil-a-unfccc>. Acesso em: 30 mar. 2023.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria de Proteção e Defesa Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil. *Atlas Digital de Desastres no Brasil*. Brasília, DF: Ministério do Desenvolvimento Regional, 2022. Disponível em: <https://atlas.ceped.ufsc.br/>. Acesso em: 30 mar. 2023.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Edital FNMA/FNMC N° 1/2018: Iniciativas socioambientais para redução de vulnerabilidade à mudança do clima em áreas urbanas 2018*. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2018. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/26378577/do3-2018-06-19-edital-fnma-fnmc-n-1-2018-iniciativas-socioambientais-para-reducao-de-vulnerabilidade-a-mudanca-do-clima-em-areas-urbanas-26378508. Acesso em: 7 jul. 2021.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Clima e Relações Internacionais. *Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima: relatório final de monitoramento e avaliação, ciclo 2016-2020*. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2021b. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/climaozoniodesertificacao/plano-nacional-de-adaptacao>. Acesso em: 30 mar. 2023.
- BRASIL. Ministério da Fazenda. *Taxonomia sustentável brasileira: Plano de ação para consulta pública*. Brasília, DF: Ministério da Fazenda, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/fazenda/pt-br/orgaos/spe/taxonomia-sustentavel-brasileira>. Acesso em: 2 de out. 2023.
- BRASIL. Minuta Memória de Reunião do Grupo Executivo sobre Mudança do Clima (Gex) do Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima de 01 de fevereiro de 2013. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2013. Disponível em: https://antigo.mma.gov.br/images/arquivo/80182/GT_Adaptacao_1a_reu_memo_21032013.pdf. Acesso em: 6 maio 2023.
- BRASIL. Lei nº 9.989, de 21 de julho de 2000. Dispõe sobre o Plano Plurianual para o período de 2000/2003. Anexo – Programas Finalísticos. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 21 jul. 2000. Disponível em: <https://www.gov.br/economia/pt-br/assuntos/planejamento-e-orcamento/plano-plurianual-ppa/ppa-2000-2003>. Acesso em: 6 maio 2023.

- BRASIL. Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 29 dez. 2009, edição extra. 2009. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm. Acesso em: 6 maio 2023.
- BRASIL. Lei nº 12.593, de 18 de janeiro de 2012. Institui o Plano Plurianual da União para o período de 2012 a 2015. Anexo I – Programas Temáticos. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 19 jan. 2012. 2012b. Disponível em: <https://www.gov.br/economia/pt-br/assuntos/planejamento-e-orcamento/plano-plurianual-ppa/ppa-2012-2015>. Acesso em: 6 maio 2023.
- BRASIL. *Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima: Estratégia Geral*. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 44 p., 2016b. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/climaozoniodesertificacao/plano-nacional-de-adaptacao>. Acesso em: 6 maio 2023.
- BRASIL. *Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima: 1º Relatório de Monitoramento e Avaliação 2016-2017*. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/climaozoniodesertificacao/plano-nacional-de-adaptacao>. Acesso em: 6 maio 2023.
- BRASIL. *Plano Nacional sobre Mudança do Clima*. Brasília, DF: Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima, 2008. Disponível em: https://antigo.mma.gov.br/estruturas/smcq_climaticas/_arquivos/plano_nacional_mudanca_clima.pdf. Acesso em: 6 maio 2023.
- BRASIL. *Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura*. Brasília, DF: Mapa/MDA, 2012. Disponível em: https://antigo.mma.gov.br/images/arquivo/80076/Plano_ABC_VERSAO_FINAL_13jan2012.pdf. Acesso em: 6 maio 2023.
- BRASIL. Plano Setorial da Saúde para Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2013a. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/images/arquivo/80076/Saude.pdf>. Acesso em: 6 maio 2023.
- BRASIL. *Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima*. Brasília, DF: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2010b. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/comunicacoes-nacionais-do-brasil-a-unfccc>. Acesso em: 6 maio 2023.
- BRASIL. *Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima – Volume II*. Brasília, DF: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/comunicacoes-nacionais-do-brasil-a-unfccc>. Acesso em: 6 maio 2023.

- CHOU, S. C. *et al.* Downscaling of South America present climate driven by 4-member HadCM3 runs. *Climate Dynamics*, v. 38, n. 3, p. 635-53, 1 fev. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00382-011-1002-8>. Acesso em: 4 maio 2023.
- DI GIULIO, G. M. *et al.* Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima: possibilidades e desafios. *Jornal da Ciência*, v. 24, n. 1, p. 1, 2016. Disponível em: <http://www.jornaldaciencia.org.br/edicoes/?url=http://jcnoticias.jornaldaciencia.org.br/24-plano-nacional-de-adaptacao-a-mudanca-do-clima-possibilidades-e-desafios/>. Acesso em: 5 maio 2023.
- DI GIULIO, G. M. *et al.* Propostas metodológicas em pesquisas sobre risco e adaptação: experiências no Brasil e na Austrália. *Ambiente & Sociedade*, v. 17, p. 35-54, dez. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-44ASOC895V1742014>. Acesso em: 4 maio 2023.
- DI GIULIO, G. M.; MARTINS, A. M.; LEMOS, M. Adaptação climática: fronteiras do conhecimento para pensar o contexto brasileiro. *Estudos Avançados*, v. 30, p. 25-41, dez. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142016.30880004>. Acesso em: 4 maio 2023.
- FERRANTE, L.; FEARNSIDE, P. Brazil's new president and 'ruralists' threaten Amazonia's environment, traditional peoples and the global climate. *Environmental Conservation*, v. 46, n. 4, p. 261-63, dez. 2019. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/environmental-conservation/article/brazils-new-president-and-ruralists-threaten-amazonias-environment-traditional-peoples-and-the-global-climate/F5C1E42BF9F6E6BDDDB957B87601FC4F7>. Acesso em: 7 maio 2023.
- FORD, J. *et al.* How to track adaptation to climate change: a typology of approaches for national-level application. *Ecology and Society*, v. 18, n. 3, 27 set. 2013. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/26269369>. Acesso em: 27 jun. 2023.
- HOCHSTETLER, K. Climate institutions in Brazil: three decades of building and dismantling climate capacity. *Environmental Politics*, v. 30, p. 49-70, 20 out. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09644016.2021.1957614>. Acesso em: 7 maio 2023.
- IPCC. Annex II: Glossary. In: *Climate change 2022: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change 2022*. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>. Acesso em: 26 maio 2023.
- KASECKER, T. P. *et al.* Ecosystem-based adaptation to climate change: defining hotspot municipalities for policy design and implementation in Brazil. *Mitig Adapt Strateg Glob. Change*, v. 23, n. 6, p. 981-93, 1 ago. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11027-017-9768-6>. Acesso em: 8 maio 2023.

- MAHONEY, J.; THELEN, K. Theory of gradual institutional change. In: MAHONEY, J.; THELEN, K. (Ed.). *Explaining institutional change: ambiguity, agency, and power*. Cambridge: Cambridge University Press, 2009, p. 1-37.
- MILHORANCE, C. Policy dismantling and democratic regression in Brazil under Bolsonaro: Coalition politics, ideas, and underlying discourses. *Review of Policy Research*, v. 39, n. 6, p. 752-70, 2022. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ropr.12502>. Acesso em: 8 maio 2023.
- MILHORANCE, C.; BURSZTYN, M. Climate adaptation and policy conflicts in the Brazilian Amazon: prospects for a Nexus + approach. *Climatic Change*, v. 155, n. 2, p. 215-36, 1 jul. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02456-z>. Acesso em: 8 maio 2023.
- MILHORANCE, C. *et al.* Tackling the implementation gap of climate adaptation strategies: understanding policy translation in Brazil and Colombia. *Climate Policy*, v. 22, n. 9-10, p. 1113-29, 26 nov. 2022a. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/14693062.2022.2085650>. Acesso em: 7 maio 2023.
- MILHORANCE, C. *et al.* The politics of climate change adaptation in Brazil: framings and policy outcomes for the rural sector. *Environmental Politics*, v. 31, n. 2, p. 183-204, 23 fev. 2022b. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09644016.2021.1907097>. Acesso em: 8 maio 2023.
- OECD. *Evaluating Brazil's progress in implementing Environmental Performance Review recommendations and promoting its alignment with OECD core acquis on the environment*. 2021. Disponível em: <https://www.oecd.org/environment/country-reviews/Brazils-progress-in-implementing-Environmental-Performance-Review-recommendations-and-alignment-with-OECD-environment-acquis.pdf> Acesso em: 9 maio 2023.
- PARRY, M. *et al.* (Ed.). *Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability*. Contribution of working group II to the fourth assessment report of the IPCC. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar4_wg2_full_report.pdf. Acesso em: 3 maio 2023.
- PEREIRA, E. J. A. L. *et al.* Policy in Brazil (2016–2019): threaten conservation of the Amazon rainforest. *Environmental Science & Policy*, v. 100, p. 8-12, 1 out. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.06.001>. Acesso em: 8 maio 2023.
- SÃO PAULO (Estado). Lei nº 13.798, de 09 de novembro de 2009. Institui a Política Estadual de Mudanças Climáticas – PEMC. *Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo*, São Paulo, 9 nov. 2009. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2009/lei-13798-09.11.2009.html>. Acesso em: 13 set. 2023.
- TOZATO, H. C. *et al.* Abordagens metodológicas para a identificação dos gastos com mudança do clima: desafios para o Brasil. *Boletim Regional, Urbano e Ambiental*, v. 21, jul. – dez. 2019. Brasília, DF, DF: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 2019.

Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/9683>. Acesso em: 9 maio 2023.

UNFCCC. *Decision 5/CP.7*. Implementation of Article 4, paragraphs 8 and 9, of the Convention (decision 3/CP.3 and Article 2, paragraph 3, and Article 3, paragraph 14, of the Kyoto Protocol). 2002. Disponível em: <https://unfccc.int/topics/adaptation-and-resilience/workstreams/national-adaptation-programmes-of-action-napa/decisions-conclusions-national-adaptation-programmes-of-action>. Acesso em: 25 jun. 2023.

UNFCCC. *The Cancun agreements*: outcome of the work of the Ad Hoc Working Group on long term cooperative action under the convention. 2011. Disponível em: <https://unfccc.int/resource/docs/2010/cop16/eng/07a01.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2023.

VALE, M. *et al.* The covid-19 pandemic as an opportunity to weaken environmental protection in Brazil. *Biological Conservation*, v. 255, p. 108994, 1 mar. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S000632072100046X>. Acesso em: 9 maio 2023.

VIOLA, E.; FRANCHINI, M. Brazilian climate politics 2005-2012: ambivalence and paradox. *WIREs Climate Change*, v. 5, n. 5, p. 677-88, 2014. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/wcc.289>. Acesso em: 7 maio 2023.

CAPÍTULO 2

Controle das emissões de GEE nas estações de tratamento de esgotos no Brasil: uma análise das diretrizes nacionais e dos planos de ação climática entre 2009 e 2022

*Fernanda de Marco de Souza
João Vitor Rodrigues de Souza
Marcelo Antunes Nolasco*

RESUMO

Este capítulo tem como objetivo analisar como as legislações nacionais, os relatórios governamentais e os planos municipais de combate às mudanças climáticas abordam o controle das emissões de gases de efeito estufa em estações de tratamento de efluentes domésticos. Para isso, foi realizada uma análise documental, tendo como palavras-chave “resíduo”, “esgoto”, “esgotamento”, “efluente”, “GEE” e “saneamento”, em regulamentações em âmbito nacional e planos das quatro cidades brasileiras que integram a rede *C40 Cities Climate Leadership Group*. Foram elaborados quadros-síntese contendo as metas e as ações propostas para se reduzirem as emissões nas ETE. Em escala nacional, constata-se a falta de diretrizes específicas para a mitigação das emissões nas ETE. Os planos e comunicações nacionais se concentram em estimativas e inventários de GEE, sem proporem medidas diretas para diminuição das emissões

no setor de resíduos e tratamento de esgotos. Por outro lado, em âmbito local, foram observados maiores avanços nos planos das cidades que fazem parte do C40, sobretudo em São Paulo e Curitiba, que estabeleceram ações e metas para reduzir as emissões de GEE durante o processo de tratamento de águas residuárias. É fundamental incluir o setor de saneamento nas diretrizes nacionais, a fim de aumentar a visibilidade do setor no combate às mudanças climáticas. Dessa forma, programas estaduais e municipais podem ser impulsionados, estimulando a implementação de medidas de controle de emissões nas ETE brasileiras.

Palavras-chave: GEE; estações de tratamento de esgoto; mitigação; diretrizes nacionais; C40 cities.

CONTROL OF GHG EMISSIONS IN WWTPS IN BRAZIL: AN ANALYSIS OF NATIONAL GUIDELINES AND CLIMATE ACTION PLANS BETWEEN 2009 AND 2022.

ABSTRACT

This chapter aims to analyze how national legislations, government reports, and municipal plans to combat climate change address the control of greenhouse gas emissions in Wastewater Treatment Plants (WWTP). To achieve this, a documentary analysis was conducted using keywords (wastewater, sewage, effluent, GHG, and sanitation) in national regulations and plans from the four Brazilian cities that are part of the C40 Cities Climate Leadership Group. Synthesis tables were prepared containing goals and proposed actions to reduce emissions in WWTP. At the national level, the lack of specific guidelines for mitigating emissions in WWTP is evident. National plans and communications mainly focus on GHG estimates and inventories, without proposing direct measures to reduce emissions in the waste and sewage treatment sector. On the other hand, at the local level, greater advancements were observed in the plans of cities that are part of the C40, especially in São Paulo and Curitiba, which established actions and goals to reduce GHG emissions during the wastewater treatment process. It is crucial to include the sanitation sector in national guidelines to increase its visibility in the fight against climate change. This way, state and municipal programs can be boosted, encouraging the implementation of emission control measures in Brazilian WWTP.

Keywords: GHG; wastewater treatments plants; mitigation; national guidelines; C40 cities.

2.1 INTRODUÇÃO

As características do esgoto bruto (in natura) variam em função das condições ambientais, sociais e econômicas da região onde a água é utilizada. Apesar de conter apenas cerca de 0,1% de poluente em sua composição, o efluente necessita ser tratado antes do despejo, tanto pelo aspecto legal quanto ambiental (Von Sperling, 2018). O descarte inadequado de compostos orgânicos e nitrogênio em corpos d'água podem provocar um intenso desequilíbrio no ecossistema, redução de oxigênio dissolvido, proliferação de microrganismos e, ainda, afetar a saúde humana (Von Sperling, 2015).

Uma estação de tratamento de esgotos (ETE) consiste em uma combinação de operações e processos unitários, de natureza físico-química e biológica, destinados a produzir um efluente tratado com qualidade especificada a partir de um efluente bruto de composição e vazão conhecidas. Nos processos biológicos, especificamente, os microrganismos transformam os vários compostos presentes nas águas residuárias, na forma sólida ou dissolvida, em compostos simples, como água, dióxido de carbono, metano e sais minerais, reduzindo a carga poluidora das águas residuárias. Diante disso, todo o processo de tratamento de efluentes está relacionado às emissões gasosas – como os chamados gases de efeito estufa (GEE).

Nas ETE, as emissões de GEE podem ser diretas ou indiretas. As emissões indiretas estão associadas à geração de energia elétrica correspondente à energia consumida na ETE, enquanto as diretas se referem aos GEE liberados durante o tratamento de águas, ou seja, ao longo dos processos que compõem as operações unitárias (Chrispim; Scholz; Nolasco, 2021). De modo geral, todas as etapas de tratamento físico-químico e biológico do efluente e da fração sólida produzida (lodo), junto com a combustão do biogás, consistem em fontes locais de emissão de GEE (Chrispim; Scholz; Nolasco, 2020).

Enquanto as contribuições para a geração de dióxido de carbono (CO₂) nas ETE estão relacionadas principalmente à geração de energia para atender às demandas da ETE, as emissões de gás metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) estão associadas aos ciclos de carbono e nitrogênio, respectivamente, por meio das vias biológicas de remoção desses compostos. Exemplos de processos que geram esses gases incluem a digestão anaeróbia da matéria orgânica, por meio da qual o CH₄ é gerado na fase de metanogênese (Cano *et al.*, 2023).

O crescente acúmulo de GEE na atmosfera é uma forçante radiativa positiva, que resulta no aumento médio da temperatura global (Nobre; Reid; Veiga, 2012). Esse aquecimento impacta significativamente os padrões climáticos em todo o mundo, conferindo as mudanças climáticas. Diante de tais alterações no clima, iniciativas como a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e o Painel Intergo-

vernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) evidenciam medidas para mitigação e adaptação (Vijayavenkataraman; Iniyar; Goic, 2012).

Em termos nacionais, o Brasil também caminha por meio de regulamentações e acordos para mitigar as emissões de GEE dentre suas atividades. Em 2009, foi criada a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC, que em seus instrumentos previstos apresenta o Plano Nacional sobre Mudança do Clima e a Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (Brasil, 2009). Tais comunicações são relatos periódicos enviados à UNFCCC com informações sobre a agenda climática do país, que se somam aos Relatórios Bienais (Brasil, 2021a).

A partir da PNMC outros instrumentos também foram criados, incluindo: o Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (Brasil, 2016c); o Relatório Final de Monitoramento e Avaliação do Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima – Ciclo 2016-2020 (Brasil, 2021b); e o Programa Nacional de Redução de Emissões de Metano (Brasil, 2022).

O Brasil também assumiu novos compromissos internacionais a partir do Acordo de Paris em 2015, definindo metas para redução das emissões, conhecidas como Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC, sigla em inglês).¹ Nesse contexto, também foram lançadas as “Diretrizes para uma estratégia nacional para neutralidade climática”, com ações para atingimento das metas definidas pela NDC (Ministério do Meio Ambiente, 2022a).

Para além dos acordos internacionais, verifica-se a coordenação de atividades em redes, reunindo grandes cidades pelo mundo. Assim como as NDC – em apoio ao acordo de Paris –, no Brasil, as cidades de Salvador, Rio de Janeiro, Curitiba e São Paulo fazem parte do C40, uma rede global que une esforços e ações para reduzir as emissões e ampliar a ação climática. Para compor a rede, é necessário que se cumpram requisitos de desempenho, dos quais se tem a elaboração e a adoção de um Plano de Ação Climática (C40 Cities, 2023).

É com base nessas ações coordenadas nacional e internacionalmente que se insere o objetivo deste capítulo: analisar como as legislações nacionais, relatórios os governamentais e os planos municipais de combate às mudanças climáticas abordam o controle das emissões de gases de efeito estufa em estações de tratamento de efluentes domésticos.

1 United Nations Framework Convention on Climate Change. The Paris Agreement. Disponível em: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>. Acesso em: 28 jun. 2023.

2.2 METODOLOGIA

A partir do objetivo destacado, teve-se como plano de pesquisa realizar uma análise documental das legislações, dos programas e das comunicações em âmbito nacional que embasam as legislações estaduais, e dos planos de adaptação climática das cidades brasileiras que compõem o C40, com foco nas menções referentes às emissões no tratamento de esgotos domésticos. Em cada documento, foram buscadas as palavras-chave “resíduo”, “esgoto”, “esgotamento”, “efluente”, “GEE” e “saneamento”.

A avaliação de cada documento foi direcionada para responder à seguinte pergunta central: “O texto menciona de forma clara e direta a redução de GEE em ETE?”. Nos casos afirmativos, foram identificadas e detalhadas as ações e metas propostas. Nos casos negativos ou parciais, foi examinado se o documento abordou de alguma forma o tema das emissões e do tratamento de esgotos, verificando se houve alguma aproximação com essas questões.

A seleção das legislações e dos programas em âmbito nacional se deu a partir da lista de atos normativos vigentes do “Painel de Legislação”,²² disponibilizado pelo Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, com a aplicação do filtro “Clima”. A partir da leitura prévia de cada uma delas, levantaram-se os planos e relatórios subsequentes às referidas legislações.

Considerando o compromisso assumido pelo Brasil junto à UNFCCC, foram selecionados a NDC, o relatório e comunicação nacional mais recentes enviados à Convenção-Quadro.

Para contraponto e complemento ao arcabouço nacional, foram analisados os planos de ação climática municipais das cidades do C40, que, por fazerem parte de uma rede global, têm de cumprir requisitos e metas de redução das emissões nos diferentes setores da cidade, incluindo o setor de resíduos.

Assim, os documentos analisados foram (Quadro 2.1):

Quadro 2.1 Relação de documentos analisados e sua origem ou fonte

Documento	Fonte e/ou origem
Plano Nacional sobre Mudança do Clima (2008)	Instrumentos da Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC).
Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC (2009)	1ª Lei em âmbito nacional sobre Mudança Climática, oficializa o compromisso com a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC).
Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima – PNA (2016)	Instrumento que surge tendo em vista o disposto pela PNMC.
Relatório Final de Monitoramento e Avaliação do Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima – Ciclo 2016-2020	Relatório referente ao primeiro ciclo de execução do Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (PNA).

2 Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. Legislação. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/centrais-de-conteudo>. Acesso em: 25 jun. 2023.

Quadro 2.1 Relação de documentos analisados e sua origem ou fonte

Documento	Fonte e/ou origem
Quarto relatório de atualização bienal do Brasil (2020)	Relatório Biennial mais recente enviado à UNFCCC (compromisso assumido pelo Brasil).
4ª Comunicação Nacional do Brasil a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (2021)	Comunicação mais recente enviada à UNFCCC (compromisso assumido pelo Brasil).
Contribuição Nacionalmente Determinada Brasileira – NDC (2022)	Atualização mais recente submetida à UNFCCC (compromisso assumido pelo Brasil).
Diretrizes para uma estratégia nacional para neutralidade climática (2022)	Documento que surge decorrente da Contribuição Nacionalmente Determinada Brasileira.
Programa Nacional Metano Zero (2022)	Um dos atos normativos mais recentes, disponível no Painel de Legislação do Ministério do Meio Ambiente e Mudança Climática (em âmbito nacional e de redução de emissões de metano).
Plano de Mitigação e Adaptação às Mudanças do Clima da cidade de Salvador (2020); Plano de Adaptação e Mitigação das Mudanças Climáticas de Curitiba (2020); Plano de Ação Climática do Município de São Paulo (2020); e Plano de Desenvolvimento Sustentável e de Ação Climática da cidade do Rio de Janeiro (2021)	Planos de ação climática das quatro cidades brasileiras que compõem o <i>C40 Cities Climate Leadership Group Inc</i> .

Fonte: Prefeitura Municipal de Salvador, 2020; Prefeitura Municipal de Curitiba, 2020; Brasil, 2020; Rio de Janeiro, 2021; Prefeitura de São Paulo, 2021; Brasil, 2021a; Brasil, 2021b; Ministério do Meio Ambiente, 2022a; Ministério do Meio Ambiente, 2022b.

Até a publicação deste capítulo, a lista apresentada possui a relação dos documentos mais atualizados. Os quadros-síntese foram elaborados para resumirem os avanços e apontamentos verificados em cada documento.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresentam-se aqui, de maneira cronológica, os objetivos gerais dos instrumentos, programas e legislações e suas relações com as emissões de GEE em ETE, em âmbito nacional e de planos de mitigação das cidades do C40.

2.3.1 Âmbito Nacional

Plano Nacional sobre Mudança do Clima

Publicado em 2008, teve como objetivo ser um marco para a integração e a elaboração dos esforços de políticas públicas em contribuição à redução das emissões de GEE. Organizou as ações em andamento e oportunidades, estimando ser um plano dinâmico e em constante atualização. O Plano ressalta resultados do primeiro Inventário Nacional de emissões de GEE (submetido em 2004 à UNFCCC, com o ano base de 1994). Desde esse primeiro inventário, já se tinham as estimativas de 803 mil toneladas de metano e 12 mil toneladas de óxido nitroso para o setor de “lixo e esgoto” (Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima, 2008).

Dentro do setor de tratamento de resíduos, estimou-se que 16% das emissões de metano eram decorrentes do tratamento de esgotos (e as demais emissões, relativas à disposição dos resíduos sólidos). Por sua vez, no que se refere ao óxido nitroso, tem-se disposto que as emissões ocorrem durante o processo de tratamento de esgoto. Não se têm menções ao dióxido de carbono no setor doméstico (Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima, 2008). Com base nisso, é possível observar que, desde a elaboração desse primeiro Plano, já se tinham claras as contribuições das ETE nas emissões de GEE – sobretudo do óxido nitroso com a indicação direta de sua emissão durante o processo de tratamento.

No mais, o tratamento de efluentes é colocado como um possível setor para projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, instrumento econômico para promoção de projetos de redução de emissões; bem como uma possibilidade de ser fonte de energia renovável, não convencional, para expansão da oferta de energia elétrica (Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima, 2008).

Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC

Pública e em vigor desde 29 de dezembro de 2009, a PNMC visa a compatibilizar desenvolvimento com a proteção do sistema climático; reduzir as emissões de GEE nas diferentes fontes; fortalecer de sumidouros de GEE; promover a adaptação climática; preservar, conservar e recuperar os recursos ambientais; consolidar e expandir áreas protegidas e o reflorestamento; e estimular o desenvolvimento do mercado brasileiro de redução de emissões (Brasil, 2009). Contudo, a Lei não faz menção direta ao setor de saneamento básico e/ou tratamento de resíduos e esgotos.

Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima

O Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (PNA) foi oficialmente instituído em 2016, com vistas a enfrentar os desafios impostos pelas mudanças climáticas, garantir a resiliência nacional aos seus impactos e orientar as ações e políticas necessárias para a adaptação às mudanças climáticas no Brasil. Um aspecto importante do Plano é a sua interface com as emissões de GEE, pautado em ações de adaptação e mitigação (Brasil, 2016a).

O Plano reconhece a interconexão entre os esforços de adaptação e mitigação e enfatiza a necessidade de uma abordagem holística para lidar com as mudanças climáticas. Dentre as diretrizes prioritárias para promover a adaptação no escopo de cidades, tem-se “apoiar a implementação e melhorias dos sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário” (p. 79), com destaque para os consequentes descontaminação, facilitação dos usos múltiplos da água e estímulo à eficiência

energética (a partir do biogás) (Brasil, 2016b), mas sem citar a redução das emissões durante o processo de tratamento.

Relatório Final de Monitoramento e Avaliação do Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima – Ciclo 2016-2020

O documento apresenta resultados do primeiro ciclo do PNA, a partir de onze estratégias setoriais. Dentre os setores, não se tem um específico para o setor de resíduos, de maneira que “cidades” e “recursos hídricos” são os dois com maior proximidade ao tema. Entre as diretrizes de “cidades”, tem-se o apoio à implementação e melhorias no sistema de esgotamento sanitário, estimulando o uso do biogás advindo do tratamento de esgotos (Brasil, 2021b).

Os investimentos em coleta e tratamento de esgotos se dão especialmente no contexto de redução da escassez hídrica (recursos hídricos). O aumento de investimento em tratamento de efluentes também é uma diretriz prevista. Dentre as ações e iniciativas realizadas, cita-se um valor de investimento em empreendimentos de esgotamento, mas sem maiores detalhamentos (Brasil, 2021b). Não há menção à redução das emissões.

Quarto Relatório de Atualização Bienal do Brasil

Publicado em 2020, apresenta o inventário nacional de emissões por setores, incluindo o tratamento de resíduos com um panorama de estimativas para os efluentes domésticos de 1994 a 2016, com destaque para o óxido nitroso e o metano. O Relatório cita o Setor de Resíduos dentre aqueles que precisam de atividades de fomento à pesquisa e desenvolvimento tecnológico; aprimoramento do sistema de monitoramento e reporte de emissões; e fortalecimento por meio de capacitação e informações via modelagem – climática e econômica (Brasil, 2020).

Quarta Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima

A Quarta Comunicação é o mais recente relatório enviado à UNFCCC. Apresenta estimativas de emissões para o setor de Resíduos, que se divide em: disposição de resíduos sólidos; tratamento biológico de resíduos; incineração e queima a céu aberto de resíduos; e tratamento e despejo de águas residuárias, com base na metodologia do IPCC. O subdepartamento de tratamento e despejo de águas residuárias foi responsável por cerca de 40% das emissões do setor em CO₂ equivalente (Brasil, 2021a, p. 173).

Outras estimativas foram apresentadas para o metano e o óxido nitroso (de 1990 a 2016) no tratamento de efluentes. As emissões foram agregadas em um único gráfico, com a estimativa em dióxido de carbono equivalente (CO₂e): 21.397 toneladas, com

um aumento de 4,6% se comparado aos resultados de 2010 (último ano apresentado à Terceira Comunicação) (Brasil, 2021a).

O tratamento de resíduos entra como uma das fontes nacionais do metano (porém, com destaque para a disposição de resíduos sólidos como a atividade mais contribuinte para as emissões). Já para o óxido nitroso, tem-se a menção ao tratamento de efluentes domésticos como uma das fontes nacionais (em conjunto com os fertilizantes sintéticos, queima de combustíveis fósseis/biomassa, processos industriais e mudanças de uso e cobertura do solo) (Brasil, 2021a). Não se tem menção de medidas em andamento para mitigação das emissões nesse subsetor.

As demais citações ao saneamento e ao esgoto se dão com relação à segurança hídrica (inclusive sobre a universalização do saneamento básico como uma das ações relevantes para a adaptação climática). As remoções de GEE foram contabilizadas apenas para o setor uso da terra, mudança do uso da terra e florestas, como resultado dos estoques de carbono (Brasil, 2021a).

Contribuição Nacionalmente Determinada Brasileira

A NDC, atualizada e apresentada em março de 2022, prevê a redução da emissão de GEE em 37% até 2025 e redução em 50% até 2030 (se comparadas a 2005), bem como neutralidade climática até 2050 (United Nations Framework Convention on Climate Change, 2022). A neutralidade climática pode ser classificada como emissões líquidas nulas de GEE, considerando os sumidouros de carbono e a redução das emissões (Capros *et al.*, 2019). No documento, tem-se que as metas serão consistentes aos setores dos Inventários Nacionais (United Nations Framework Convention on Climate Change, 2022), de maneira que se pressupõem medidas para o setor de resíduos, mas sem menção direta no texto. A NDC cita condições adequadas de saneamento e subsistência como um dos esforços de implementação nacional (United Nations Framework Convention on Climate Change, 2022), mas sem ênfase na coleta e tratamento de esgotos.

Além disso, é válido ressaltar que a atualização da NDC não avançou com relação à primeira NDC de 2016; pelo contrário: ao considerar maiores níveis absolutos de emissão em 2005 (ano base para as projeções de redução), permitiu também um maior teto de emissões para 2025 e 2030, retrocedendo ao compromisso firmado anteriormente e não aumentando a ambição climática do Brasil (Borges; Prolo; La Rovere, 2021; Unterstell; Martins, 2022). Assim, não se tem o cumprimento do que é previsto pelo Acordo de Paris em seu Artigo 4, de que “a contribuição nacionalmente determinada sucessiva de cada Parte representará uma progressão em relação à contribuição nacionalmente determinada então vigente [...]” (United Nations Fra-

mework Convention on Climate Change, 2015), o que reflete direta e indiretamente no controle de emissões de GEE em ETE.

Diretrizes para Uma Estratégia Nacional para Neutralidade Climática

Publicado em 2022, é um documento curto (com 14 páginas) sob o contexto da NDC e da neutralidade climática. Dentre as diretrizes e ações indicadas, não se tem menção direta ao tratamento de efluentes (o setor de resíduos se restringe aos resíduos sólidos, com meta de encerramento de lixões e recuperação de resíduos/aproveitamento de materiais) (Ministério do Meio Ambiente, 2022a). Quando se trata de saneamento, cita-se o Marco Legal do Saneamento e a meta de universalização, com indicação de alto impacto na redução das emissões de GEE (Ministério do Meio Ambiente, 2022a). No mais, se tem a apresentação do potencial de produção do biogás no setor.

Programa Nacional Metano Zero

Lançado em 2022, o programa tem foco nos resíduos sólidos, no biogás e no biometano, juntamente aos seus potenciais energéticos e como combustíveis. A única menção aos efluentes é no que se refere a: “no Brasil, o maior potencial de biogás e biometano vem dos resíduos sólidos urbanos, agrícolas e efluentes (esgotos)” (Ministério do Meio Ambiente, 2022b, p. 5). No entanto, as ETE não são citadas em específico como possíveis locais para aproveitamento do biogás e consequente redução das emissões de metano.

Dessa forma, o Quadro 2.2 resume os principais avanços e pontos (existentes ou inexistentes) com relação às emissões de GEE em ETE nos documentos analisados.

Quadro 2.2 Síntese de leis, programas e planos e suas relações com as emissões em ETE em nível nacional

Ano	Lei/Programa/Plano	Menção ao setor de saneamento e tratamento de esgotos na redução das emissões
2008	Plano Nacional sobre Mudança do Clima	Apresenta a estimativa de emissões de metano e óxido nitroso no setor de lixo e esgoto para o ano base de 1994. Menciona o tratamento de esgotos como fonte de emissões de GEE (com destaque para o metano e o óxido nitroso).
2009	Política Nacional sobre Mudança do Clima (NMC)	Não faz menção direta.
2016	Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima	Restringe-se à reprodução de dados oriundos de modelos produzidos pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. Não há sistematização da informação em nível nacional nem menção direta à redução das emissões.
2021	Relatório Final de Monitoramento e Avaliação do Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima – Ciclo 2016-2020	Não faz menção direta. Cita o aproveitamento do biogás advindo do tratamento de esgotos, mas não aponta sobre a redução de emissões.

Quadro 2.2 Síntese de leis, programas e planos e suas relações com as emissões em ETE em nível nacional

Ano	Lei/Programa/Plano	Menção ao setor de saneamento e tratamento de esgotos na redução das emissões
2020	Quarto relatório de atualização bienal do Brasil	Apresenta as estimativas de emissões para o metano e óxido nitroso no tratamento de efluentes domésticos (1994-2016). Também inclui atividades de fomento para o setor de resíduos, no qual é citado o monitoramento e reporte de emissões.
2021	Quarta Comunicação Nacional do Brasil a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima	Apresenta estimativas de emissão em dióxido de carbono equivalente para o Tratamento e Despejo de Águas Residuárias (1990-2016). O tratamento de resíduos entra como uma das fontes do metano, e o tratamento de efluentes domésticos, como uma das fontes do óxido nitroso. Não se citam as medidas de mitigação em andamento, e o setor não está presente dentro do âmbito de remoção de GEE.
2022	Contribuição Nacionalmente Determinada Brasileira	Não faz menção direta. Cita condições adequadas de saneamento como parte dos esforços de implementação da NDC. Apresenta um retrocesso na ambição climática se comparada à NDC de 2016.
2022	Diretrizes para uma estratégia nacional para neutralidade climática	Não há diretrizes específicas para o tratamento de efluentes. Quando se trata de saneamento, a universalização é dada como uma meta que tem alto impacto na redução das emissões de GEE.
2022	Programa Metano Zero (Portaria MMA nº 71/2022)	Não cita ações, atividades ou metas diretamente relacionadas às ETE.

Fonte: C40 Cities, 2023.

2.3.2 Planos de mitigação das cidades brasileiras que compõem o C40

Para além do âmbito nacional, localmente, as cidades brasileiras de Salvador, Rio de Janeiro, Curitiba e São Paulo são aquelas que compõem a rede global C40 Cities Climate Leadership Group. A seguir, tem-se a relação dos Planos de Mitigação e Adaptação elaborados por cada uma delas e suas relações com GEE em ETE.

Plano de Mitigação e Adaptação às Mudanças do Clima (PMAMC) da cidade de Salvador

Em 2015, a cidade de Salvador começou a integrar o C40, e, em 2020, construiu seu primeiro plano climático, abordando políticas e ações que vêm sendo adotadas desde então. O Plano contém o inventário de emissões de GEE da cidade, de maneira que o setor de resíduos contribuiu com 12,6% do total (entre os anos de 2014 e 2018), dos quais 6% correspondem ao tratamento de efluentes sanitários (Prefeitura Municipal de Salvador, 2020).

No eixo estratégico de esgotamento sanitário, pretende-se expandir a rede de saneamento (com destaque para a redução da proliferação de doenças, mas sem menção direta à redução das emissões). No que tange às metas de mitigação e adaptação, prevê-se a universalização dos serviços de água e esgoto (até 2049), bem como a neutralidade de emissões em relação a 2018 (Prefeitura Municipal de Salvador,

2020), de maneira que o quanto é emitido seja igual ou menor ao que é absorvido pelos sumidouros de carbono.

Uma das ações de longo prazo é fortalecer a gestão de recursos hídricos e o tratamento de efluentes (com foco na disponibilidade hídrica em períodos de seca, combate às perdas, estímulo ao reuso e expansão da captação). Por sua vez, dentre as barreiras para implementação de ações para a mitigação de GEE em Salvador, tem-se apontado que compete ao estado o tratamento de efluentes, limitando as ações do município. Soma-se a isso o baixo conhecimento sobre aproveitamento do biogás em ETE, destacando-se o reduzido compartilhamento de informações e experiências (Prefeitura Municipal de Salvador, 2020). Não se têm menções diretas à redução das emissões de GEE durante o tratamento de esgotos.

Plano de Adaptação e Mitigação das Mudanças Climáticas de Curitiba

Em 2018, Curitiba firmou compromisso para a elaboração do planejamento de ação climática. O Plano foi publicado em 2020 e objetivou a orientação da ação municipal, dos setores produtivos e da sociedade (Prefeitura Municipal de Curitiba, 2020).

Considerando-se o inventário de emissões da cidade, o tratamento de efluentes contribuiu com 271.204 tCO₂e (ficando atrás somente do subsetor de transporte e edificações residenciais). Dentre as premissas para os cenários de redução das emissões de GEE, destaca-se a “ampliação de medidas para redução de GEE em Estações de Tratamento de Efluentes” (Prefeitura Municipal de Curitiba, 2020, p. 50). A modelagem considerou que, na data limite 2050, reduzirão até 73% do total de emissões, se comparadas ao ano de 2016 (considera-se que todo o efluente gerado será tratado por lodos ativados). Além disso, sugere-se uma maior eficiência energética durante o processo, com o uso do biogás e substituição por tecnologias de baixo carbono (Prefeitura Municipal de Curitiba, 2020).

No plano, foram listadas ações para se alcançar a neutralidade de emissões até 2050, com a priorização de 20 ações dentre 120, originalmente. No conjunto das ações priorizadas, tem-se a de “implantar medidas para a redução de Gases de Efeito Estufa em Estações de Tratamento de Efluentes” (Prefeitura Municipal de Curitiba, 2020, p. 91), O que ressalta o compromisso do município em reduzir as emissões em suas ETE.

Plano de Ação Climática do Município de São Paulo (PlanClima SP)

O Plano de Ação Climática do Município de São Paulo é uma importante iniciativa voltada para o enfrentamento das mudanças climáticas no nível local e para a promoção de práticas de desenvolvimento sustentável. Esse plano traça estratégias, ações e metas para reduzir as emissões de GEE e construir resiliência aos impactos das mudanças climáticas na cidade. Dentro desse escopo, o plano estabelece metas

específicas e descreve medidas para reduzir as emissões de GEE em vários setores da cidade (Prefeitura de São Paulo, 2021).

No que se refere às informações apresentadas, é possível observar que o setor de resíduos – incluindo sólidos e líquidos no documento – responde por cerca de 8% de todas as emissões de GEE no acumulado de 2010 a 2017 (Prefeitura de São Paulo, 2021). Destaca-se, entretanto, que, dentro das emissões provocadas pelos resíduos, a geração a partir do tratamento de esgoto apresenta uma diminuição considerável, passando de 512 mil para 481 tCO₂ para o mesmo período mencionado.

O plano prevê como ação, no prazo de 2021-2024, “a realização de reporte periódico de dados de operação e de monitoramento de atividades geradoras de gases de efeito estufa, especialmente em relação a esgoto, pela concessionária dos serviços de água e esgoto” (Prefeitura de São Paulo, 2021, p. 178).

Nos objetivos específicos de mitigação, tem-se elencado: “reduzir os fatores de emissão de GEE dos processos do sistema de coleta e tratamento de esgotos” (Prefeitura de São Paulo, 2021, p. 179). Assim, tem-se como meta, até 2030, ampliar o monitoramento e redução dos fatores de emissão nas ETE (Prefeitura de São Paulo, 2021), evidenciando o compromisso do município em mensurar, comunicar e reduzir as emissões nas estações.

Somado a isso, ressalta-se que o município vem adotando medidas com intuito de fortalecer o pacto federativo diante dessa temática. O município possui legislações ambientais específicas relacionadas ao tratamento de esgoto e à mitigação das emissões de GEE. O Plano Municipal de Saneamento Básico de São Paulo (Prefeitura de São Paulo, 2010) estabelece diretrizes para o tratamento de esgoto, incluindo metas de redução de poluentes e emissões de GEE. Adicionalmente, a companhia de saneamento da cidade de São Paulo tem investido em tecnologias para o tratamento do biogás gerado nas ETE. Por meio de sistemas de captura e purificação do biogás, São Paulo tem conseguido reduzir as emissões de metano e, ao mesmo tempo, gerar energia limpa e renovável (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, 2022).

Plano de Desenvolvimento Sustentável e de Ação Climática da Cidade do Rio de Janeiro

O Plano da Cidade do Rio de Janeiro é um documento estratégico que tem como objetivo orientar as políticas públicas e as ações da cidade para alcançar um desenvolvimento sustentável e enfrentar os desafios relacionados às mudanças climáticas (Rio de Janeiro, 2021).

O Plano foi elaborado pela prefeitura em parceria com diversos atores sociais, incluindo órgãos governamentais, organizações da sociedade civil, instituições acadêmicas e setor empresarial. Seu processo de construção envolveu consultas públicas,

debates e análises técnicas, com o objetivo de garantir a participação e o envolvimento dos diversos segmentos da sociedade. Até este presente estudo, foram publicadas duas edições do Plano de Desenvolvimento Sustentável e de Ação Climática da Cidade do Rio de Janeiro. A primeira edição foi lançada em 2018, e a segunda edição, em 2021. Essas edições refletem a evolução das discussões e das políticas relacionadas ao desenvolvimento sustentável e às mudanças climáticas (Rio de Janeiro, 2021). Para fins de avaliação prevista na metodologia, foi avaliada a versão do Plano de 2021.

No que diz respeito às emissões de GEE, o inventário de emissões-base da cidade totaliza 11,3 milhões de toneladas de carbono equivalente – dos quais cerca de 28,5% têm como fonte geradora resíduos. Especificamente no que se refere ao esgotamento sanitário, o Plano prevê uma expansão do acesso aos serviços de esgotamento no município e, por consequência, uma redução de 30,5 mil tCO₂ até o ano de 2030. Cabe salientar que, como estratégia para se alcançarem e reduzirem as emissões de GEE, o Plano indica como alternativa o uso de tecnologias menos emissoras, mencionando, como exemplo, o sistema de tratamento aeróbio (Rio de Janeiro, 2021).

Aqui, ressalta-se que, embora os processos aeróbicos sejam eficazes na obtenção de altas taxas de remoção de matéria orgânica, eles podem contribuir para as emissões de gases de efeito estufa, principalmente na forma de CO₂ da oxidação do carbono orgânico. A natureza intensiva de energia da aeração, que fornece o oxigênio necessário, também pode levar a emissões indiretas de GEE associadas ao consumo de eletricidade da planta (Schaubroeck *et al.*, 2015). Soma-se também que a geração de óxido nitroso em ETE ocorre principalmente na etapa aerada (Ahn *et al.*, 2010; Massara *et al.*, 2017).

Por outro lado, as estações anaeróbicas de tratamento de águas residuárias operam na ausência de oxigênio. Os processos anaeróbios têm a vantagem de produzir biogás, que contém metano e, quando armazenado e purificado, pode ser utilizado como fonte de energia renovável. O CH₄ é um GEE, mas capturá-lo como biogás pode reduzir significativamente suas emissões e fornecer uma opção de recuperação de energia. No entanto, é importante observar que os processos anaeróbios ainda podem resultar em algumas emissões de metano e outros gases residuais durante a digestão incompleta ou de emissões fugitivas (Chrispim; Scholz; Nolasco, 2021).

Portanto, o Quadro 2.3 reúne os principais pontos verificados nos planos municipais de mitigação e adaptação das cidades brasileiras que compõem o C40.

Quadro 2.3 Síntese dos planos municipais e sua relação com as emissões em ETE

Ano	Plano	Menção ao setor de saneamento e tratamento de esgotos na redução das emissões
2020	Plano de Mitigação e Adaptação às Mudanças do Clima (PMAMC) da cidade de Salvador	Não faz menção direta à redução das emissões em ETE. Apresenta uma estimativa de emissões no tratamento de efluentes sanitários (em porcentagem) e aponta a barreira no aproveitamento do biogás em ETE devido à falta de conhecimento na região. Possui maior foco na disponibilidade hídrica/escassez hídrica.
2020	Plano de Adaptação e Mitigação das Mudanças Climáticas de Curitiba (PlanClima)	Faz menção direta a medidas para redução de GEE em ETE, incluindo-a como uma das metas prioritárias para o município. A adoção do sistema de lodos ativados, somado a uma maior eficiência energética (que envolve uso do biogás e adoção de tecnologias de baixo carbono) é citada para se alcançar tal redução.
2021	Plano de Ação Climática do Município de São Paulo (PlanClima SP)	Apresenta um histórico de emissões relacionadas ao setor de resíduos (sólido e líquido). Possui como ação proposta um reporte periódico de dados de operação e de monitoramento de GEE em relação ao esgoto. Também faz menção direta ao objetivo de reduzir os fatores de emissão e pretende, até 2030, ampliar o monitoramento e a redução das emissões em ETE que prestam serviços ao município.
2021	Plano de Desenvolvimento Sustentável e de Ação Climática da Cidade do Rio de Janeiro (PDS)	O plano prevê um potencial de redução de 30,5 mil tCO ₂ até 2030 a partir da expansão da taxa de cobertura da coleta com tratamento de esgotos. Por sua vez, não faz menção direta a metas em ETE, apenas considera o uso de tecnologias aeróbias para redução das emissões.

2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ausência de menções específicas ao tratamento de esgoto nos planos e diretrizes em âmbito nacional é uma oportunidade perdida de mitigar as emissões de GEE no setor de resíduos, que contribui com cerca de 4,5% das emissões totais em CO₂ e no Brasil (Brasil, 2020). Apesar de os planos e comunicações nacionais estimarem as emissões a partir do tratamento de águas residuárias, não se têm diretrizes e metas diretas para a redução das emissões nas ETE.

Levar em consideração a relevância do tratamento de esgoto no contexto das mudanças climáticas é fundamental para o cumprimento dos compromissos internacionais da legislação nacional. O Brasil deu passos significativos na promulgação de regulamentações ambientais e na participação em acordos internacionais que visam a reduzir as emissões de GEE. Ao reconhecerem o papel do tratamento de esgoto nesses esforços, os formuladores de políticas podem aumentar a eficácia dos regulamentos e acordos existentes. A inclusão de metas e estratégias específicas relacionadas ao tratamento de esgoto na legislação nacional pode garantir que esse setor receba a atenção que merece no combate às mudanças climáticas, além de estimular o surgimento de outras regulamentações e programas nos âmbitos estadual e municipais.

Do ponto de vista local, mesmo com a ausência de diretrizes nacionais, os planos de adaptação e mitigação das cidades brasileiras que compõem o C40 apresentaram maiores avanços no que tange à consideração das ETE como fontes significativas de GEE. Das quatro cidades, São Paulo e Curitiba, respectivamente, destacaram-se com

a previsão de ações e metas para a redução das emissões de GEE; seguidas por Rio de Janeiro – com foco no aumento da cobertura de coleta e tratamento – e Salvador, que destinou maior atenção à disponibilidade/escassez hídrica.

São Paulo e Curitiba têm estabelecido diretrizes e investimentos em tecnologias mais eficientes e sustentáveis nas ETE, visando à redução das emissões durante o tratamento de esgotos. Além disso, essas cidades têm promovido o reaproveitamento de subprodutos do tratamento de esgoto, como o lodo, para a geração de energia ou como insumo em agricultura, reduzindo, assim, o impacto ambiental das ETE. Rio de Janeiro e Salvador também têm avançado em projetos de tratamento de esgoto, mas com foco na expansão da rede coletora e universalização dos serviços de água e esgoto. Esses esforços demonstram o comprometimento das cidades brasileiras do C40 em contribuir para a mitigação das mudanças climáticas por meio de ações concretas nas ETE.

Ao integrarem essas medidas dos planos de ação climática, as cidades brasileiras podem adotar uma abordagem mais abrangente, promovendo a inovação e o compartilhamento de boas práticas no setor de resíduos e tratamento de efluentes. Por sua vez, os planos, leis e diretrizes nacionais são fundamentais para a inserção e consolidação do controle de emissões de GEE em ETE como uma estratégia na agenda climática brasileira.

Ainda, sugere-se que pesquisas futuras sejam realizadas verificando como os estados e agências ambientais tratam as questões de emissões em ETE, tanto do ponto de vista de regulamentações quanto de planos climáticos, de maneira a somar ao que foi elaborado no presente capítulo que possui recorte em nível nacional e nas cidades do C40.

REFERÊNCIAS

- AHN, J. H. *et al.* N₂O emissions from activated sludge processes, 2008-2009: Results of a national monitoring survey in the United States. *Environmental Science and Technology*, [S. l.], v. 44, n. 12, p. 4505-11, 2010.
- BRASIL. Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, ano 146, n. 248, 29 dez. 2009. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm. Acesso em: 20 jun. 2023.
- BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. Secretaria de Pesquisa e Formação Científica. *Quarta Comunicação Nacional do Brasil à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima*/ Secretaria de Pesquisa e Formação Científica. Brasília, DF: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, 2021a.

- BRASIL. Ministério das Relações Exteriores e Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. *Quarto Relatório de Atualização Bienal do Brasil: à Convenção-Quadro das Nações Unidas Sobre Mudança do Clima*. 2020.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima: estratégia Geral*. Portaria MMA nº 150 de 10 de maio de 2016. Brasília, DF: MMA, 2016a. v. 1.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima: estratégias setoriais e temáticas*. Portaria MMA nº 150 de 10 de maio de 2016. Brasília, DF: MMA, 2016b. v. 2.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Clima e Relações Internacionais. Portaria nº 150 de 10 de maio de 2016. Institui o Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, seção 1. Brasília, DF: MMA, 2016c.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Clima e Relações Internacionais. *Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima: Relatório final de monitoramento e avaliação, ciclo 2016-2020*. Brasília, DF: MMA, 2021b.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Clima e Relações Internacionais. Portaria MMA nº 71, de 21 de março de 2022. Institui o Programa Nacional de Redução de Emissões de Metano – Metano Zero. *Diário Oficial da União*, Brasília, seção 1, Brasília, DF, 22 mar. 2022.
- C40 CITIES. *About C40 Cities*. 2023. Disponível em: <https://www.c40.org/about-c40/>. Acesso em: 28 jun. 2023.
- CANO, V. *et al.* Comparative assessment of energy generation from ammonia oxidation by different functional bacterial communities. *Science of the Total Environment*, v. 1, n. 1, p. 100310, 2023.
- CAPROS, P. *et al.* Energy-system modeling of the EU strategy towards climate-neutrality. *Energy Policy*, [S. l.], v. 134, p. 110960, 2019.
- CHRISPIM, M. C.; SCHOLZ, M.; NOLASCO, M. A. A framework for resource recovery from wastewater treatment plants in megacities of developing countries. *Environmental Research*, [S. l.], v. 188, p. 109745, set. 2020.
- CHRISPIM, M. C.; SCHOLZ, M.; NOLASCO, M. A. Biogas recovery for sustainable cities: a critical review of enhancement techniques and key local conditions for implementation. *Sustainable Cities and Society*, [S. l.], v. 72, p. 103033, set. 2021.
- COMITÊ INTERMINISTERIAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA. *Plano Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC)*. Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima, 2008. Disponível em: <https://www.terrabrasilis.org.br/ecotecadigital/pdf/plano-nacional-sobre-mudanca-do-clima-brasil-pnmc.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2023.

- COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO (SABESP). *Relatório de Sustentabilidade*. 2022. São Paulo. Disponível em: https://www.sabesp.com.br/site/uploads/file/relatorios_sustentabilidade/Sabesp_Relatorio_Sustentabilidade_2022.pdf. Acesso em: 4 set. 2023.
- MASSARA, T. M. *et al.* A review on nitrous oxide (N₂O) emissions during biological nutrient removal from municipal wastewater and sludge reject water. *Science of the Total Environment*, [S. l.], v. 596-597, p. 106-23, 2017.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). *Diretrizes para uma estratégia nacional para neutralidade climática*. Brasília, DF: MMA, 2022a.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). *Programa Nacional Metano Zero*. Brasília, DF: MMA, 2022b.
- INSTITUTO CLIMA E SOCIEDADE (Org.). *Análise científica e jurídica da nova Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) brasileira ao Acordo de Paris*. Rio de Janeiro, 2021.
- NOBRE, C.; REID, J.; VEIGA, A. P. S. *Fundamentos científicos das mudanças climáticas*. São José dos Campos: Rede Clima/INPE, 2012.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA. *Plano Municipal de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas de Curitiba*. 2020.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE SALVADOR. *Plano de Mitigação e Adaptação para Mudança Clima de Salvador*. 2020. Disponível em: <http://www.prodeturssa.salvador.ba.gov.br/images/prodeturssa/documentos/PMAMC.pdf>. Acesso 22 jun. 2023.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. *PlanClima SP: Plano de Ação Climática do Município de São Paulo 2020-2050*. São Paulo, 2021.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. *Plano Municipal de Saneamento Básico*. v. 1. 2010. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/habitacao/arquivos/PMSB_Volume_I.pdf. Acesso em: 4 set. 2023.
- PREFEITURA MUNICIPAL DO RIO DE JANEIRO. *Plano de Desenvolvimento Sustentável e Ação Climática da Cidade do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro, 2021.
- SCHAUBROECK, T. *et al.* Environmental sustainability of an energy self-sufficient sewage treatment plant: Improvements through DEMON and co-digestion. *Water Research*, v. 74, p. 166-79, 2015.
- UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). *Nationally Determined Contributions Registry*. 2015a. Disponível em: <https://unfccc.int/NDCREG>. Acesso em: 28 jun. 2023.
- UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). *Paris Agreement to the United Nations Framework Convention on Climate Change*. 2015b. Disponível em: https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf. Acesso em: 4 set. 2023.

- UNTERSTELL, N.; MARTINS, N. *NDC do Brasil: Avaliação da atualização submetida à UNFCCC em 2022*. Nota Técnica. Rio de Janeiro: Talanoa, 2022.
- VIJAYAVENKATARAMAN, S.; INIYAN, S.; GOIC, R. A review of climate change, mitigation and adaptation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 878-97, 2012.
- VON SPERLING, M. Basic principles of wastewater. In: *Biological wastewater treatment serie*. v. 2. Londres: IWA Publishing, 2018.
- VON SPERLING, M. *Wastewater characteristics, treatment and disposal*. v. 6. Londres: IWA Publishing, 2015.

CAPÍTULO 3

Energias solar e eólica: soluções sustentáveis no combate às mudanças climáticas quando associadas à equidade e seus reflexos socioambientais

*Vitor Calandrini
Paulo Santos de Almeida¹*

RESUMO

Uma das formas de mitigação das mudanças climáticas é por meio da substituição de energias “sujas”, como as derivadas de queima de combustíveis fósseis, por energias consideradas “limpas” e sustentáveis como a eólica e a solar. Este capítulo foi elaborado a partir de pesquisa do tipo exploratória, que utiliza o método hipotético-dedutivo, baseado em literaturas e documentos publicados em periódicos científicos, associados à temática. O objetivo foi diagnosticar a atual situação das fontes de energia eólica e solar fotovoltaica dentro da matriz energética brasileira, sua relação com a NDC, e aspectos da sustentabilidade. Discutiu-se o aproveitamento destes meios energéticos

1 O autor agradece pelo apoio financeiro da Capes/USP no âmbito do Programa Institucional de Internacionalização Print/USP-Capes, na modalidade do Programa de Professor Visitante no Exterior, definido no Edital Print/USP-Capes nº 32/2022.

considerados renováveis no Brasil e as problemáticas associadas à necessidade de incorporação de aspectos socioambientais essenciais para a sustentabilidade. O estudo aborda a temática das ofertas energéticas eólica e solar fotovoltaica, com o olhar da sustentabilidade, e a anexação de externalidades negativas.

Palavras-chave: energia renovável; energia solar; energia eólica; mudanças climáticas; sustentabilidade.

SOLAR AND WIND POWER: SUSTAINABLE SOLUTIONS IN THE FIGHT AGAINST CLIMATE CHANGE WHEN ASSOCIATED WITH EQUITY AND ITS SOCIO-ENVIRONMENTAL REFLEXES

ABSTRACT

One way climate change mitigation is by replacing “dirty” energies, such as those derived from the burning of fossil fuels, with energies considered “clean” and sustainable, such as wind and solar. This exploratory research uses the hypothetical-deductive method, based on the literature and documents published in scientific journals, associated with the theme. The main goal is to diagnose the current situation of sustainable wind and solar photovoltaic energy sources within the Brazilian Energy Matrix, and their relationship with the NDC, and sustainability aspects. The use of these energy sources considered renewable in Brazil and the problems associated with the need to incorporate socio-environmental aspects essential for sustainability were discussed. This study addresses the issue of energy offers considered clean, with a sustainability perspective, and plus of the negative externalities as well.

Keywords: climate changes; renewable energy; solar power; sustainability; wind power.

3.1 INTRODUÇÃO

O homem, desde os primórdios, utiliza-se de energia em seu dia a dia, além da energia absorvida na ingestão de alimentos; e do sol, para manter-se aquecido. Passou por diversas fases e transformações nas formas de utilizar energias disponíveis pela natureza, como a do fogo, que revolucionou a evolução humana, e, atualmente, até mesmo o uso da energia nuclear.

Desde então, o uso de energia por grande parte da sociedade foi o alimentado pelo consumo desenfreado das diversas formas de energia, sem se considerarem os aspectos de limites ecossistêmicos, tema explorado por Steffen *et al.* (2015), e a preocupação com o uso sustentável desses recursos, pensando em sua escassez ou sobre-exploração, haja vista a necessidade de sua oferta não apenas em quantidade, mas em qualidade para as presentes e futuras gerações.

Podemos classificar as atuais fontes de energia para uso humano em dois grupos: o dos renováveis, cujas energias são naturalmente reabastecidas (Presotto, 2021); e o dos não renováveis, cujas energias, uma vez consumidas, não podem ser reaproveitadas.

Nesse sentido, o Brasil, por suas características físicas e hidrológicas, possui forte potencial para uma oferta energética renovável, seja pela sua base energética voltada para a energia hidrelétrica, seja pelas potencialidades relacionadas à energia eólica ou à solar, que crescem na casa dos três dígitos ano após ano (Castro, 2021).

O Brasil, como signatário do Acordo de Paris, firmado em 2015, que possui como foco o combate às mudanças climáticas, em substituição ao protocolo de Kyoto, apresentou metas nada conservadoras, pelas quais se compromete a reduzir as emissões de gases do efeito estufa do país em 37% até 2025, com base no ano de 2005, tendo o Brasil que reduzir a emissão de GEE em 755,9 milhões de toneladas, e 43% até 2030, e a neutralizá-las até 2050. Para atingir as metas, apresenta sua NDC, tendo como uma alternativa para contribuir para esse resultado a continuidade da alteração da matriz energética brasileira com o uso de energias renováveis, dentre elas a eólica e a solar.

As energias eólica e solar são consideradas energias limpas ou renováveis, uma vez que sua produção está associada à disponibilidade de movimentações de massas de ar e incidência de raios solares, respectivamente, mas, mesmo para o uso dessas formas de energia, há a necessidade de implantação de infraestrutura mínima de conversão, transmissão e distribuição, além da dependência de fatores climáticos favoráveis para sua utilização.

Uma problemática na transição da matriz energética para aquelas fontes de energia sustentáveis está exatamente na complexidade da instalação e da manutenção da infraestrutura, assim como a falta de uma análise complexa das externalidades negativas associadas à utilização dessas novas formas de energia, que podem não incluir em sua análise questões sociais e de bem-estar animal.

Assim, o objetivo deste trabalho é diagnosticar a atual situação das fontes de energia eólica e solar fotovoltaica dentro da matriz energética brasileira, sua relação com a NDC, e aspectos da sustentabilidade.

Parte-se da hipótese/do pressuposto de que, mesmo sendo tecnicamente viável, a expansão de energias sustentáveis na matriz energética brasileira passará pela necessidade de investimentos em infraestrutura e acesso a tecnologias necessárias para sua implementação à luz do debate da sustentabilidade, assim como há, ainda, precariedade na valoração dos custos ambientais da implantação dessas formas de energia.

3.2 METODOLOGIA

Para esta pesquisa do tipo exploratório, foi utilizado o método hipotético-dedutivo, partindo-se de uma problemática conhecida, descrita anteriormente, seguindo-se requisitos metodológicos rígidos de critérios comprovados (Gil, 2002); concomitantemente, enquadra-se no tipo qualitativo, pois se buscam, preferencialmente, a compreensão das motivações, percepções, valores e interpretações das pessoas e a extração de novos conhecimentos (Oliveira, 2011).

Para a pesquisa bibliográfica, foram realizadas buscas no banco de dados bibliográficos da Universidade de São Paulo pelo Portal de Busca Integrada (ÁGUA USP), no Balanço Energético Nacional do ano 2023, nos inventários de emissões de gases de efeito estufa, assim como nas legislações nacionais correlatas ao tema. Além de textos e referências associadas diretamente à temática sustentabilidade, foram utilizadas combinações de palavras-chave nas ferramentas de pesquisa existentes, dentre elas: “energia solar”, “energia eólica”, “NDC+Brasil”, “energia sustentável”, “energia limpa”, salientando que, em todas as buscas, serão analisadas as cinco primeiras listas de resultados por relevância, levantamento similar ao realizado por Marques (2018), considerando-se publicações entre 2000 a 2023, totalizando a análise de 200 artigos revisados por pares e legislação federal correlatas ao tema.

Com os resultados da pesquisa e sua análise, foi possível realizar um diagnóstico da atual situação das fontes de energia eólica e solar, seus principais impactos de implantação e expansão; de como o estado brasileiro delimitou sua NDC visando a diminuir as emissões de GEE; e das principais implicações para que, de fato, a energia eólica e a solar sejam consideradas sustentáveis.

3.3 OS ASPECTOS DA SUSTENTABILIDADE E A PRODUÇÃO DE ENERGIA SUSTENTÁVEL

A evolução histórica do contexto de desenvolvimento, no qual a seara ambiental surge muitos anos após uma visão tradicional de desenvolvimento, em que o termo “desenvolvimento” era lido como “desenvolvimento econômico”, e a utilização de re-

recursos naturais era a força motriz para se alcançá-lo, deixa de lado o desenvolvimento qualitativo, muitas vezes confiando que a tecnologia seria sempre capaz de respeitar a resiliência dos ambientes e, dessa forma, manter o crescimento econômico como forma de desenvolvimento social e dos povos (Furtado, 2000).

A visão de desenvolvimento econômico como sinônimo de desenvolvimento começa a definhir quando estudos mostram que essa relação não é direta, pois países desenvolvidos também são aqueles em que se pode ver aumentando as desigualdades sociais, e, embora a renda per capita tenha aumentado, a concentração de renda é comprovada (Nayyar, 2000). Adicionalmente, verifica-se que os recursos são finitos, e seriam necessárias estratégias para se manter o desenvolvimento, mas sem que isso necessariamente fosse ao custo do aumento da degradação ambiental (Ayres, 1998). Chega-se a um limiar em que a única alternativa seria a estagnação, seguindo uma trajetória decrescente do consumo de recursos naturais, buscando-se associá-los diretamente ao desenvolvimento (Amado, 2010).

No sentido da compreensão deste debate, *ad argumentandum*, vale considerar que a pauta sobre o esgotamento dos recursos naturais e seus limites ou fronteiras planetárias traz a Justiça Socioambiental e seu fortalecimento como um elemento fundamental para o desenvolvimento e o equilíbrio global. Por meio do conceito de *fronteira planetária*, incorporado no debate da sustentabilidade em meados de 2009, objetivou-se definir os limites ambientais dentro dos quais a humanidade possa vislumbrar uma operacionalidade mais segura. “Esta abordagem provou ser influente no desenvolvimento de políticas de sustentabilidade global” (Steffen *et al.*, 2015, p. 736).

Considerando-se as fronteiras planetárias, argumenta-se que há de se considerar evolução atualizada de aspectos como exigência de proteger os mais vulneráveis contra danos ambientais, inclusive decorrentes das mudanças climáticas, com foco na transição energética, e a inclusão dos aspectos da Justiça Ambiental como instrumento promotor de equidade e participação socioambiental garantidores da proteção dos recursos ambientais (Rockström *et al.*, 2023). Afirmando, portanto, que:

A estabilidade e a resiliência do sistema terrestre e o bem-estar humano estão inseparavelmente ligadas, mas as suas interdependências são geralmente sub-reconhecidas; conseqüentemente, muitas vezes são tratados de forma independente. [...] O mais rigoroso dos limites seguros ou justos define o LSP ‘(Limites do Sistema Planetário)’ integrado, seguro e justo. Nossas descobertas mostram que as considerações de justiça restringem mais os LSPs integrados do que as considerações de segurança para o carregamento de aerossóis climáticos e atmosféricos. Sete dos oito LSP seguros e justos quantificados globalmente e pelo menos dois LSP regionais seguros e justos em mais de

metade da área terrestre global já foram excedidos. Propomos que a nossa avaliação forneça uma base quantitativa para salvaguardar os bens comuns globais para todas as pessoas, agora e no futuro (Rockström *et al.*, 2023, p. 102, tradução nossa).

O “justo” e o “sustentável”, integrados, caminham extremamente próximos, especialmente na questão relativa à energia e sua transição.

Dessa forma, há de se raciocinar que, ao se tratar da sustentabilidade, deve-se verificar claramente seu caráter multidisciplinar (Kates, 2011), com base na constatação de que o desenvolvimento não engloba apenas questões econômicas, mas também questões relacionadas a condições de vida, incluindo: saúde, educação, expectativa de vida, que gerou o conceito de Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), usado por muitos países para servir como parâmetro de desenvolvimento. Aspectos como diminuição da pobreza e concentração de renda se mostram importantes para o alcance dessas condições (Veiga, 2005).

Em evolução às discussões sobre recursos naturais, em especial o aumento considerável no consumo desses recursos, identifica-se que, de forma geral, o crescimento populacional e o consumo desenfreado de recursos naturais não poderia ser sustentado na mesma escala, pois, se antes o recurso foi disponível em maior oferta, com o aumento populacional, não se mantém a mesma perspectiva de sua utilização, e alguns limites ecossistêmicos podem estar próximos ao colapso, ou seja, de não serem capazes de se recuperarem na mesma velocidade que são consumidos (Steffen *et al.*, 2015)

A partir dos conceitos de desenvolvimento, surge a “componente ambiental” como um dos pilares do que atualmente denominamos *desenvolvimento sustentável*, associando economia, social e meio ambiente; e esse último pilar ganha status mundial com o advento das convenções internacionais, que teve como marco histórico a famosa convenção de Estocolmo, em 1972, que inclusive impulsionou o Brasil para a edição da Política Nacional de Meio Ambiente, Lei nº 6.938/81 (Brasil, 1981).

Diante desse contexto, inicia-se uma discussão sobre quais devem ser os melhores mecanismos para se chegar ao desenvolvimento, levando-se em conta não somente a degradação aparente, mas também incluindo-se nas discussões as chamadas externalidades negativas, aqueles danos decorrentes de degradação ambiental não contabilizados inicialmente a uma atividade, como sofrem principalmente aqueles recursos que chamamos de “comuns”, classificados classicamente como bens rivais e não excludentes (Mankiw, 2019), por exemplo os recursos pesqueiros, o próprio ar, ou a água de um rio.

A alternativa talvez seja a complementaridade entre as ações governamentais, por meio de atividades de “comando e controle”, seja na criação de padrões de poluição, no controle de equipamentos, no controle de produtos etc. (Almeida, 1998), mas também de ações de mercado, pelas quais se buscam alternativas econômicas para se criarem incentivos positivos para pessoas e empresas (Freeman, 2000), a exemplo das certificações ambientais, os Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA), as Reduções de Emissões por Desmatamento e Degradação florestal (REDD) e do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), de forma que a soma de ambos consiga incorporar não somente os custos diretos da degradação, mas também das externalidades negativas causadas, valoração que não é um processo simples nem objetivo, pois necessita da análise de diversas formas de valoração, como econômica, ecológica e sociocultural (Igari, *et al.* 2022).

Com base na evolução dos conceitos trazidos e na forma como se relacionam, é possível verificar que a produção de energia limpa é um tema importante no contexto da sustentabilidade, não somente em fornecer diretamente energia sem a necessidade de emissão de gases do efeito estufa (GEE), mas também pela importância na conscientização da sociedade sobre os aspectos mais amplo do termo sustentabilidade.

Sem a inclusão de uma perspectiva de equidade e com inclusão dos atores na apropriação de renovação da planta energética, jamais teremos o equilíbrio socioambiental que promoverá a sensibilização sobre a redução do uso de energias e a concreta sustentabilidade para as futuras gerações. Nessa lógica, afirma Alcoforado (2012, p. 137) que

O desafio de reduzir níveis de emissão de gases do efeito estufa, permitir o crescimento econômico e atender a cerca de um milhão de pessoas sem energia no país requer a utilização de fontes limpas e sustentáveis de energia, como eólica, biomassa, solar fotovoltaica, solar térmica e hidrelétrica, entre outras. O futuro do Brasil e do planeta depende do redirecionamento dos subsídios hoje destinados a fontes convencionais e combustíveis fósseis poluentes – que se esgotarão no futuro – para fontes renováveis [...] No centro dessa revolução, está uma mudança no modo como a energia elétrica é gerada.

3.4 A MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

O Brasil, por suas características naturais, teve desde os primórdios sua base energética amparada em uma fonte de energia considerada renovável, a energia hidrelétrica, ao se falar em Oferta Interna de Energia (OIE), que não se resume apenas à energia elétrica, mas também ao demais vetores energéticos. Verificamos que esse cenário é

um diferente, haja vista que, nele, a energia primária considerada de origem renovável chegou a 47,4% no ano de 2022, superando o ano de 2021 em 5,2%. (EPE, 2023).

Em relação a esses 47,4% de energia considerada renovável, podemos subdividi-la por suas fontes em: 15,4% de biomassa de cana, 12,5% de hidráulica, 9,0% de lenha e carvão vegetal e 7,0% em lixo e outras fontes renováveis, tendo ainda 2,3% de origem eólica e 1,2% de solar, sendo que esta última apresentou um aumento de 51,5% entre os anos de 2021 e 2022 (EPE, 2013).

Importante ressaltar que no tocante a seus principais usos, a indústria, que era a responsável pelo maior consumo de toda energia produzida no Brasil no ano de 2021, agora é a segunda representando 32% do consumo, sendo atualmente superada pelo transporte (33%), sendo seguida pelos lares em terceiro lugar, com 10,7%, e na sequência o setor energético (8,7%), agropecuária, (4,8%), setor de serviços (5%) e os usos não energéticos (5,9%)

Os dados demonstram, dessa forma, a tendência nacional à produção de energia sustentável, facilitando assim a sua expansão, muito embora se deva considerar que essa produção precisa ser estendida para os usos além da produção de energia para uso dos lares, que se pretende essencialmente de origem sustentável.

3.4.1 A energia eólica

Dentre as fontes de energia renováveis, a energia eólica surge como uma das alternativas que mais crescem no Brasil, em especial no Nordeste, com destaque para estados como Rio Grande do Norte e Ceará, que contam com uma alta qualidade de vento para a geração de energia eólica, chegando a velocidades médias anuais que atingem a ordem de 9 m/s (Amarante *et al.*, 2001), tendo ainda uma margem para expansão para a capacidade de produção desse modal.

Embora se consolide como um modal de produção de energia, sabe-se que há potencialidade da energia eólica ser intensificada no País, devido a sua capacidade estimada, podendo inclusive ser responsável pela criação de mais de 195 mil empregos/ano (Simas, 2013)

Algumas das problemáticas identificadas para a produção de energia eólica se dão por questões associadas à implantação de parques eólicos, como a alteração de paisagens naturais e culturais, a falta de compensação aos usuários de recursos locais, e a alteração da percepção sensorial e emocional das pessoas que coabitam o ambiente (Loureiro, 2017).

Além dessas questões, outros problemas associados à implantação e operação de parque foram relacionadas por Pinto (2017) como a controversa causa de mortandade de aves que podem vir a colidir com as pás de geração de energia, fato que pode ser

mitigado com um adequado estudo de impacto ambiental, em analisar as principais rotas migratórias, o que diminui mas não impede a mortandade desses animais.

Outra questão associada à produção de energia eólica é a necessidade de grandes áreas para inserção dos parques eólicos e os custos aos moradores do entorno que são indiretamente afetados, por exemplo, o aumento de custo de vida no entorno do local, e a falta de compensação financeira pelo uso da terra (Moreira, 2017).

Muito embora haja essas problemáticas, sem dúvida que ainda é uma possibilidade real a ser implementada e, gradualmente, alterar a Matriz Energética Brasileira para cada vez menos depender de fontes de energia não sustentáveis.

3.4.2 A energia solar

Outra fonte de energia renovável que surge nas discussões referentes à possibilidade de mudanças na matriz energética brasileira se dá por meio da energia obtida por células fotovoltaicas, ou energia solar, que inclusive poderiam surgir como uma alternativa para residências unifamiliares, uma vez que poderia inclusive não precisar de infraestrutura para distribuição, desde que disponham de baterias para armazenamento, e aliado ao fato da energia solar ser fonte primária das formas de energia, ou como narra Silva:

A energia solar fotovoltaica é a conversão direta da energia solar radiante em energia elétrica (em corrente contínua), é basicamente a energia obtida através da conversão direta da luz em eletricidade (chamado efeito fotovoltaico) através de um dispositivo fabricado com material semicondutor chamado de célula fotovoltaica (Silva, 2019).

Se por um lado a energia solar é uma fonte inesgotável de energia, sem necessidade de instalação de grandes infraestruturas para sua distribuição, por outro lado, ainda há necessidade de investimentos iniciais relativamente altos, o que pode inviabilizar sua instalação em residências, mesmo que no longo prazo se mostre economicamente viável (Carvalho, 2019), muito embora os preços dos módulos solares fotovoltaicos tenham reduzido cerca de 90% desde o final de 2009 (Irena, 2023).

Em termos de capacidade de produção há no Brasil, segundo a Aneel, um total de 8.591 empreendimentos homologados, que possuem potência outorgada de produção de 502 GW, o que representa 2,72% do total fiscalizado pelo órgão (Brasil, 2022).

Muito embora seja uma forma de energia acessível do ponto de vista tecnológico, uma vez que pode ser instalado diretamente em residências unifamiliares, o custo de sua instalação ainda não está acessível para todos. Sua instalação pode custar, segundo matéria veiculada na revista Forbes em 2021, em torno de R\$20mil para

uma residência com dois dormitórios, jardim, e três banheiros , podendo ainda se realizar uma estimativa de valor em relação ao quantitativo de energia produzida, sendo este custo aproximado de 883 U\$/kW(Irena, 2023).

Em relação à produção comercial de energia solar, havia-se muita incerteza jurídica sobre seu financiamento, em especial no tocante ao seu armazenamento e distribuição, considerando a possibilidade da produção doméstica da energia, e mesmo havendo regulamentações sobre o tema como o Decreto nº 2.003, de 10 de Setembro de 1996, que trazia a possibilidade da geração independente (Brasil, 2003) e a Resolução Normativa Aneel nº 482 de 17 de abril de 2012, (Brasil, 2012), foi com a publicação da Lei nº 14.300 de 6 de janeiro de 2022, considerado por alguns como o Marco legal da microgeração e minigeração distribuída – a chamada Geração Distribuída – que estabelece regramento para o fluxo de gestão da geração, distribuição e remuneração da energia solar produzida pelo microgerador de energia (Brasil, 2022).

3.5 A NDC DO BRASIL

A NDC do Brasil, em sua segunda atualização de 7 de abril de 2022, apresentada à ONU com os compromissos assumidos pelo Brasil para fins de atender o acordo de Paris sobre mudanças climáticas, foi vista com perplexidade por muitos, uma vez que, embora otimista do ponto de vista de metas, nas quais se compromete a reduzir as emissões de gases do efeito estufa do País em 37% até 2025 e em 43% até 2030 e a neutralizá-las até 2050, não conseguiu detalhar como se chegar a esses números.

Em se tratando do ponto de vista de matriz energética, e em especial as renováveis, apresentou o país com um grande potencial de ampliar ainda mais o uso de alternativas viáveis para a substituição de combustíveis fósseis, em especial, reforçando o uso de fontes renováveis como a energia solar e eólica, além do uso da biomassa.

O país tem em seu histórico o uso de energias renováveis, tendo sempre a produção hidrelétrica como o carro chefe na produção de energia, mas, cada vez mais abre o espaço com a implementação de novas tecnologias, o que permite a evolução de fontes renováveis diferentes como a solar e eólica, que vem apresentando aumentos significativos em sua utilização, mas ainda sendo baixas para que se possam ser utilizadas como principais fontes de energia no País.

A própria NDC não detalha como essas formas de energia renováveis irão substituir as formas mais poluentes, e nem em quais percentuais, apenas indica os potenciais energéticos que o país detém, mas não deixa claro que essa transição seria por meio de ações de governo ou de mercado, o que impede uma análise da real possibilidade de se aumentar significativamente esses percentuais.

3.6 DISCUSSÃO

Ao analisar-se a evolução das discussões que geraram os atuais conceitos de sustentabilidade, verifica-se de pronto que ele ainda é um conceito em evolução, pois se iniciou em um modal totalmente antrópico, ou seja, voltado para a manutenção não só da vida terrena, mas também na manutenção da sociedade de consumo e busca pelo aumento da capacidade produtiva, mas com a diminuição do uso de recursos naturais e energia, visando não a proteção do recurso, mas sim, a diminuição de custos, o que foi à época chamado de *greenwashing*, quando empresas e organizações se valeram de bandeiras protecionistas para aumentarem lucros, vendendo o ideário da proteção ambiental.

Da mesma forma, a produção e o uso de energia foram incorporados nesse conceito, em que a melhoria de plantas de produção de energia e os avanços tecnológicos da indústria foram apresentadas como alternativas sustentáveis, mas sem diminuir efetivamente o uso de recursos, apenas deixando-o mais eficaz, e em contrapartida aumentando a capacidade produtiva. Ações nessa direção podem ser consideradas como um contrassenso do ponto de vista da efetiva sustentabilidade forte, ou como um passaporte para a tragédia dos comuns narrada por Hardin (1968) e para o atingimento dos limites ecossistêmicos de Steffen (2015), pois têm como base a sustentabilidade fraca, superficial, e com substituição de capital natural por social ou econômico, como se todos pudessem ser igualmente substituídos.

É possível identificar que diferentemente do que é visto em grande parte nos países desenvolvidos e em desenvolvimento, o Brasil goza de uma matriz energética com forte apelo à ofertas consideradas sustentáveis, muito baseada ainda na energia hidrelétrica, devido suas condições ambientais e climáticas, o que de certa forma facilita muito uma transição cada vez mais fácil para a produção de energia limpa, o que nesse sentido incluiria sem dúvidas a eólica e a solar.

E, no Brasil, em decorrência das condições climáticas favoráveis no ano de 2022 em relação ao ano anterior, especialmente quanto ao aumento da pluviosidade, reduziu-se a geração de energia por meio de termoeletricas, nas seguintes proporções: 51,6% (queima de gás natural), 54,6 (carvão a vapor) e 59,3% (derivados do petróleo), totalizando uma redução de 32,3% na geração térmica neste período, conforme Boletim Energético Nacional (2023).

Importante observar que não estaremos distantes de um ponto no qual não será mais possível modificar a matriz energética se outras mudanças estruturais não forem alteradas, como nosso modal de transportes, por exemplo, pois ainda tendo o transporte terrestre como o principal meio de deslocamento, o país se mantém refém da queima de combustível fóssil, a não ser que haja a substituição real desse

combustível para o derivado de cana-de-açúcar (etanol) ou seja inserido de forma economicamente viável veículos movidos a eletricidade.

Em relação à instalação de parques eólicos é imperioso que se realize uma análise ampla da viabilidade de sua implantação, não considerando apenas critérios objetivos de produção energética, mas considerando todas as externalidades negativas que sua implantação pode apresentar, como a modificação de paisagens, alterações nos ciclos de vida da fauna local que podem sofrer impactos diretos devido a poluição sonora, visual, e até mesmo acidentes envolvendo as pás dos geradores.

Outro grande fator que deve ser analisado antes da instalação de parques eólicos é o impacto as populações locais, que geralmente são aliciadas com a expectativa de geração de empregos e aumento de renda, apesar da baixa possibilidade de que isso ocorra (Mendes, 2015), uma vez que grande parte das vagas de empregos criadas necessitam especialização, que geralmente não são preenchidas pela população local, além do aumento da especulação imobiliária, que pode fazer aumentar os valores de aluguéis e imóveis no entorno desses parques, aumentando assim o custo de vida dessas famílias. Mas ao tratar da produção de energia solar, a maior problemática ainda está associada ao alto custo da instalação das placas solares, considerando a realidade nacional, ainda que seja a forma mais eficaz para a conservação de energia uma que capta direto da fonte primária de energia, e ser possível sua conversão local, até mesmo em nível residencial, é ainda considerada uma tecnologia cara, e restrita a uma parcela mínima da sociedade.

Outra problemática associada ao fomento dessa fonte de energia renovável se dá pela preocupação com a distribuição dos excedentes de produção dessa forma de energia, pois não havia até o início deste ano segurança jurídica sobre o custeio dessa distribuição e ações de incentivo, o que culminou com a publicação da Lei nº 14.300 de 6 de janeiro de 2022 (Brasil, 2022), trazendo um pouco mais de confiança ao setor que agora enxerga a possibilidade de investir nessa forma de energia, e vislumbra benefícios reais na transição para essa forma de produção de energia.

Se, por um lado, é possível identificar a possibilidade técnica e climática para a substituição da nossa matriz energética, é necessário reforçar que ela está se dando por ações muito mais do setor privado do que do setor público, que visualizam oportunidades de não ficarem reféns de variações do preço do petróleo e se tornarem autônomos inclusive de redes de distribuição pública.

Em relação à NDC, é importante mencionar que as metas apresentadas pelo Brasil, embora empolgantes, são pouco factíveis, por não apresentarem as formas de se obterem as metas previstas, não esclarecer os custos e, principalmente, por não mencionarem quem arcará com os custos dessa transição de matriz energética,

que pode estar se apoiando de alterações feitas pela administração privada e, dessa forma, estar fora da governabilidade do estado brasileiro.

Ainda é necessário entender que o Brasil foge à regra dos demais países emergentes, pois sua matriz energética usa relativamente bem menos energia não renovável do que os demais e tem potencial para ampliar seu uso, assim como se tornar referência mundial. Para que isso ocorra de forma sustentável, no entanto, é essencial pautar-se na justiça ambiental e na consideração das externalidades negativas nos projetos de geração de transmissão de energia.

3.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A matriz energética brasileira é considerada parcialmente sustentável do ponto de vista de produção de energia limpa, uma vez que 47,4% de sua OIE têm origem em fontes renováveis; mas, para efetivamente ser considerada no âmbito da sustentabilidade, é necessário que se incorporem nos processos de produção e distribuição de energia solar e eólica ações que absorvam os custos das externalidades negativas causadas, como os danos à fauna e à flora e as injustiças ambientais, fatores que podem geralmente não estar sendo considerados para a denominação de uma matriz energética sustentável.

As produções de energia solar e eólica no país estão em claro crescimento, haja vista a evolução tecnológica e as condições climáticas favoráveis. Entretanto, para ser considerada efetivamente sustentável, isso dependerá da inclusão nas discussões a mitigação e absorção das externalidades negativas econômicas e sociais causadas às populações lindeiras, no caso dos parques eólicos, e a problemática da compensação e distribuição, no caso da energia solar.

Sobre as NDC, é importante mencionar que, se cumpridas as metas previstas, o Brasil terá grande contribuição na mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, muito embora a falta de detalhamento de como alcançá-las e a dependência do setor privado para esse alcance deixarem o temor de nunca serem atingidas. O que se verifica é que ambas as fontes de energia renováveis são boas alternativas para ir-se alterando nossa matriz energética, desde que as problemáticas associadas e essas fontes sejam efetivamente combatidas.

REFERÊNCIAS

- ALCOFORADO, F. A política energética sustentável requerida para o Brasil. *Nexos Econômicos*, [S. l.], v. 6, n. 2, p. 121-44, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/revnereco/article/view/9251>. Acesso em: 20 jun. 2023.
- ALMEIDA, L. T. *Política ambiental: uma análise econômica*. Campinas: Papyrus; São Paulo: Unesp, 1998. p. 27-64.

- AMADO, N. B. *O papel dos recursos naturais na reprodução do processo econômico: contribuição à crítica ecológica do capitalismo*. 2010. 210 f. Tese (Doutorado em Energia) – Instituto de Eletrotécnica e Energia; Escola Politécnica; Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade; Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.
- AMARANTE, O. C. *et. al. Atlas do potencial eólico brasileiro*. Brasília, DF: Ministério de Minas e Energia, 2001. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/index.php?link=/atlas_eolico_brasil/atlas.html. Acesso em: 10 maio 2023.
- AYRES, R. Turning point – an end to the growth paradigm. In: CHERNI, J. *Economic growth versus the environment*. Londres: Earthscan, 1998. #p. 134-149.
- BRASIL. ANEEL – Resolução Normativa ANEEL nº 482, de 17 abril de 2012. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 17 abr. 2012. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=342518#:~:text=Estabelece%20as%20condi%C3%A7%C3%B5es%20gerais%20para,el%C3%A9trica%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%Aancias>. Acesso em: 25 ago. 2023.
- BRASIL. Decreto nº 2.003, de 10 de setembro de 1996. Regulamenta a produção de energia elétrica por Produtor Independente e por Autoprodutor e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 11 set. 1996. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d2003.htm. Acesso em: 25 ago. 2023.
- BRASIL. Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022. Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS); altera as Leis nº 10.848, de 15 de março de 2004, e nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996; e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 7 jan. 2022. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/l14300.htm. Acesso em: 13 dez. 2022.
- CASTRO, C. P. Hydropower and the geopolitics of renewable energies in the Amazon Basin. *Ambiente & Sociedade*, v. 24, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/XxTMCyf4TBSP3kYVc8JRrXc/?lang=en>. Acesso em: 10 nov. 2022.
- DIAMOND, J. *Collapse: how societies choose to fail or succeed*. Londres: Penguin, 2005.
- DOS REIS, L. B. *Geração de energia elétrica*. São Paulo: Manole, 2017.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). *Balanco energético nacional*. Brasília, DF: MME, 2023. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-ben>). Acesso em: 25 ago. 2023.
- FREEMAN, M. Economics, incentives and environmental regulation. In: VIG, N. J.; KRAFT, M. E. (Ed.) *Environmental policy: new directions for the twenty-first century*. Washington: CQ Press, 2000. p. 190-209.
- FURTADO, C. Desenvolvimento-subdesenvolvimento: a problemática atual. In: FURTADO, C. *Introdução ao desenvolvimento: enfoque histórico-cultural*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2000. p. 21-30.

- GIL, A. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- HARDIN, G. The tragedy of the commons. *Science*, v. 162, n. 3859, p. 1243-8, 1968.
- IGARI, Al. T. *et al.* Valoração econômica, ecológica e sociocultural. In: JACOBI, P. R. *et al.* (Org.). *Governança ambiental na macrometrópole paulista face à variabilidade climática*. São Carlos: RiMa, 2022. p.411-25.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). *Energy flow charts*. Disponível em: <http://www.iea.org/Sankey/index.html>. Acesso em: 2 jun. 2023.
- INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA). *Custos de geração de energia*. 2023. Disponível em: <https://www.irena.org/Energy-Transition/Technology/Power-generation-costs>. Acesso em: 24 ago. 2023.
- KATES, R. *et al.* Sustainability science. *Science*, v. 292, n. 5517, p. 641, 2001. Disponível em: <https://science.sciencemag.org/content/292/5517/641>. Acesso em: 18 nov. 2022.
- LOUREIRO, C. V.; GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C. Análise comparativa de políticas de implantação e resultados sociais da energia eólica no Brasil e nos Estados Unidos. *RA'EGA – O Espaço Geográfico em Análise*, [S.l.], v. 40, p. 231-247, ago. 2017. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/45344>. Acesso em: 13 nov. 2022.
- MANIKW, N. G. *Introdução à economia*. 8. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2019.
- MARQUES, D. R. P. *Em pauta, o tráfico de animais silvestres: a cobertura da Folha de São Paulo e O Globo (2010-2014)*. 2018. Dissertação (Mestrado em Humanidades, Direitos e Outras Legitimidades) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.
- MENDES, J. S.; GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C. Diagnóstico participativo e cartografia social aplicados aos estudos de impactos das usinas eólicas no litoral do Ceará: o caso da Praia de Xavier, Camocim. *Geosaberes*, v. 6, n. 3, p. 243-54, jul. 2015. Disponível em: <http://www.geosaberes.ufc.br/geosaberes/article/view/510>. Acesso em: 25 ago. 2023.
- MOREIRA, R. N. *et al.* Sustentabilidade e energia eólica: percepções comunitárias no interior do Ceará – Brasil. *COLÓQUIO – Revista do Desenvolvimento Regional*, v. 14, n. 1, jan./jun. 2017.
- NAYYAR, D. Mundialización y estrategias de desarrollo. In: CONFERENCIA DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE COMERCIO Y DESARROLLO. X UNCTAD, 2000. Bangkok. *Anais [...]*. Bangkok: Seminario de Alto Nivel sobre Comercio y Desarrollo: Orientaciones para el Siglo XXI, 2000. Disponível em: https://unctad.org/es/Docs/ux_tdxrt1d4.sp.pdf. Acesso em: 18 nov. 2022.
- OLIVEIRA, M. F. *Metodologia científica: um manual para a realização de pesquisas em administração*, 2021. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/web/up/567/o/Manual_de_metodologia_cientifica_-_Prof_Maxwell.pdf. Acesso em: 9 dez. 2022.
- ONU. *NDC brasileira*. 2022. Disponível em: www4.unfccc.int/sites/NDCStaging/Pages/Party.aspx?party=BRA. Acesso em: 7 dez. 2022.

- PRESOTTO, E.; TALAMINI, E. O uso de recursos energéticos renováveis e não renováveis e sua influência na variação da renda nacional. *Economia & Região*, v. 9, n. 2, 2021. Disponível em: <https://www.uel.br/revistas/uel/index.php/ecoreg/issue/view/1605>. Acesso em: 13 dez. 2023.
- ROCKSTRÖM, J. *et al.* Safe and just Earth system boundaries. *Nature*, v. 619, p. 102-11, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06083-8>. Acesso em: 31 ago. 2023.
- SIMAS, M.; PACCA, S. Energia eólica, geração de empregos e desenvolvimento sustentável. *Estudos Avançados*, v. 27, n. 77, p. 99-116, 2013. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/53955>. Acesso em: 27 dez. 2022.
- SILVA, C. F.; DRACH, P. R. C.; BARBOSA, G. S. Energia solar no meio urbano: análise para diferentes formas urbanas, *R Tecnol Soc*, Curitiba, v. 15, n. 37, p. 546-75, jul./set. 2019.
- STEFFEN, W. *et al.* Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. *Science*, v. 347, n. 6223, p. 1259855, 2015.
- TOLMASQUIM, M. T. *Alternativas energéticas sustentáveis no Brasil*. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2004.
- VEIGA, J. E. Como pode ser entendido o desenvolvimento. In: VEIGA, J. E. *Desenvolvimento sustentável: o desafio do século XXI*. Rio de Janeiro: Garamond, 2005. p. 17-82.

CAPÍTULO 4

Análise da recategorização do Mosaico de Unidades de Conservação Jureia-Itatins à luz do princípio do não retrocesso

Beatriz Decarli Oliveira Lopes

Flávia Noronha Dutra Ribeiro

RESUMO

Devido à importância da preservação da Mata Atlântica, à biodiversidade intensa na região do Mosaico de Unidades de Conservação (UC) Jureia-Itatins e aos conflitos socioambientais presentes na região, torna-se necessário avaliar e identificar a real condição em que se encontram as comunidades tradicionais ali presentes, de modo a enquadrá-las em Reservas de Desenvolvimento Sustentável (RDS). Para tal, foram determinados critérios de enquadramento jurídico levantados na legislação vigente e em referências consolidadas. Os dados foram levantados de forma primária e secundária. Com base no diagnóstico socioambiental da região e nos critérios de enquadramento jurídico estabelecidos, conclui-se sobre a viabilidade da implantação de um Mosaico em Jureia-Itatins, no que tange à violação do Princípio do Não Retrocesso. **Palavras-chave:** Unidades de Conservação; princípio do não retrocesso; Jureia-Itatins.

ANALYSIS OF THE CATEGORIZATION OF THE MOSAIC OF CONSERVATION UNITS JUREIA-ITATINS IN LIGHT OF THE NO RETREAT PRINCIPLE

ABSTRACT

Due to the importance of the preservation of the Atlantic Forest, to the intense biodiversity in the area of the Jureia-Itatins Conservation Units (UC), and to the socio-environmental conflicts present in the region, it is necessary to evaluate and identify the actual conditions of the local traditional communities in a way to include them on Sustainable Development Reserves (RDS). To this end, juridical framing criteria were determined from the current legislation and consolidated references. Data were collected on a primary and secondary basis. Based on the socio-environmental diagnosis of the region and on the established legal framework criteria, conclusions are drawn on the feasibility of the implantation of a UC in Jureia-Itatins, referring to the Principle of No Retreat.

Keywords: Conservation Units; principle of the no retreat; Jureia-Itatins.

4.1 INTRODUÇÃO

O estudo em questão visa a avaliar a recategorização do Mosaico de Unidades de Conservação (UC) Jureia-Itains quanto à violação do princípio do não retrocesso, definindo critérios de enquadramento jurídico das comunidades tradicionais existentes na categoria de Reservas de Desenvolvimento Sustentável (RDS). Inicialmente, serão apresentados os conceitos básicos utilizados no estudo, bem como a caracterização da área. Atualmente, a região é palco de inúmeros conflitos socioambientais decorrentes da indefinição jurídica, ocasionada pela alteração da categorização no Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), tornando-se o Mosaico Jureia-Itains, de acordo com a Lei Estadual nº 14.982/2013. A alteração foi considerada necessária pelo poder público da região, que propôs a criação da Lei Estadual nº 14.982/2013 (São Paulo, 2013), devido à presença de comunidades tradicionais na área, antes considerada Estação Ecológica (EE), configurando a ilegalidade das ocupações ali existentes, uma vez que a EE é uma modalidade de Unidade de Conservação (UC) de proteção integral, a qual permite apenas interferência humana mínima. Para solucionar essa problemática, foi proposto pelo Governo do Estado de São Paulo o modelo de Mosaico, que modifica algumas áreas, alterando a sua espécie de UC, em que são previstos Parques Estaduais (PE), RDS e EE. No entanto, essa proposta resultou em insatisfações regionais, e o Ministério Público instaurou uma Ação Direta de Inconstitucionalidade (ADI) contra a Lei Estadual nº 14.982/2013 (São Paulo, 2013), que está em tramitação no Supremo Tribunal Federal (STF), até a publicação deste livro. Algumas famílias foram cadastradas e regularizadas, ocupando as áreas categorizadas como RDS. As famílias que não atenderam aos critérios determinados pela Fundação Florestal estão em processo de remoção e indenização, até a publicação deste livro.

Considerando esse cenário, este capítulo avalia o enquadramento jurídico das comunidades tradicionais existentes nas áreas transformadas em RDS por meio da definição de critérios de enquadramento jurídico levantados na legislação vigente e em referências conceituadas. A avaliação para atendimento aos critérios será baseada nos dados obtidos de forma primária e secundária, com objetivo de buscar uma resposta à problemática da região, que envolve a constitucionalidade de recategorização da UC, a regularização fundiária do local e a gestão correta da área preservada, com o intuito de garantir o manejo adequado da UC e o bem-estar das populações tradicionais ali existentes. Os resultados obtidos serão discutidos à luz das referências levantadas, objetivando conclusões acerca dos questionamentos e hipóteses existentes. Esse processo de estudo necessita de uma caracterização aprofundada do local com levantamentos históricos e dados sociais, de modo a compreender a origem e os conflitos existentes no Mosaico, inclusive no que se relaciona às questões

fundiárias. Para compreensão do cenário atual da região, os conceitos-base também serão esclarecidos e referenciados.

O objetivo deste capítulo é avaliar, por meio de critérios de enquadramento jurídico, a violação do princípio do não retrocesso como consequência da recategorização do Mosaico Jureia-Itatins, especificamente quanto a RDS.

4.1.1 Caracterização da área de estudo

O Mosaico Jureia-Itatins se localiza no sul do litoral paulista, sob as coordenadas 24°18'47" e 24°36'10" de latitude sul e 47°00'03" e 47°30'07" de longitude oeste. Possui uma área de aproximadamente 100.000 hectares, que abrange terras pertencentes aos municípios de Itarari, Miracatu, Pedro de Toledo, Iguape e Peruíbe (Fundação Florestal, 2012). A Figura 4.1 apresenta a localização do Mosaico Jureia-Itatins.

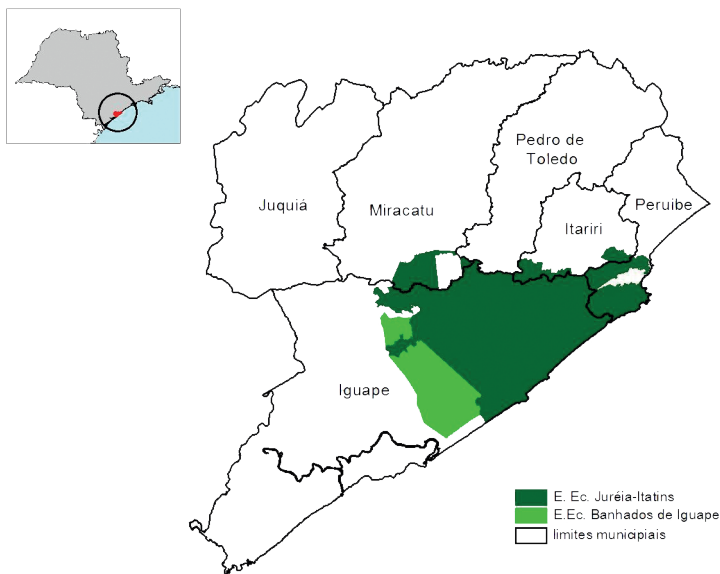


Figura 4.1 Mapa de localização e abrangência do Mosaico Jureia-Itatins.

Fonte: Fundação Florestal, 2012.

A região é caracterizada por altos índices de biodiversidade (Marques; Duleba, 2004) e números razoáveis de populações de répteis (Marques; Sazima, 2004). Os levantamentos socioambientais indicam a presença de comunidades tradicionais que, predominantemente, vivem da pesca e do turismo (Oliveira, 2004). De acordo com o último levantamento oficial de moradores de Jureia-Itatins, realizado pela Fundação Florestal em 2010, existiam, na região, 383 famílias, sendo 221 famílias consideradas tradicionais e 162 adventícios recentes (Carvalho; Schmitt, 2010). Entre as famílias

residentes no Mosaico Jureia-Itatins há posseiros (não possuem título de posse da terra, mas a ocupam por muito tempo), caseiros (indivíduos que trabalham para um posseiro ou proprietário, cuidando da área ocupada), meeiros (produtores, e não donos da terra, dividem a renda com o posseiros ou proprietário), comodatários (indivíduos que residem há muito tempo, produzem, mas não reconhecem a posse da terra) e, finalmente, os proprietários (donos regulares das terras, reconhecidos pela lei) (Oliveira, 2004; Cadastro Geral de Ocupantes, 1990). As comunidades tradicionais do Mosaico Jureia-Itatins, podem ser classificadas em caiçaras, ribeirinhas e extrativistas (Sabatino; Dos Santos, 2012). A Figura 4.2 apresenta, nos círculos cinza, as áreas com ocupação humana no Mosaico Jureia-Itatins.

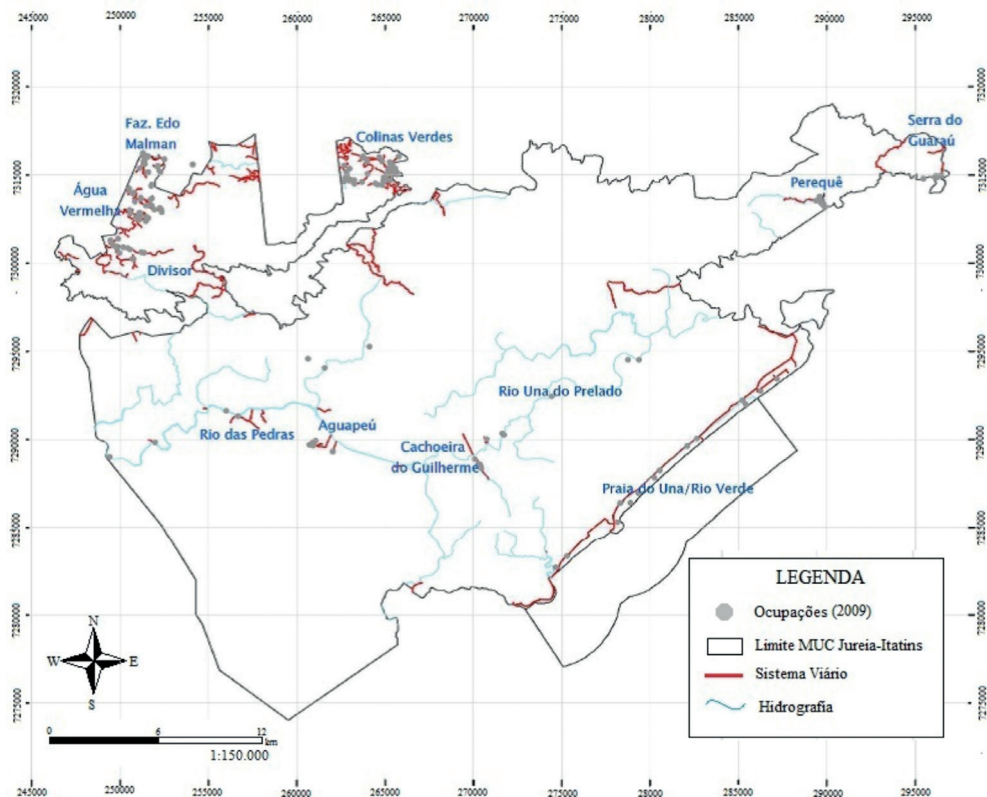


Figura 4.2 Mapa de ocupação humana no Mosaico Jureia-Itatins.

Fonte: adaptada de Fundação Florestal, 2012.

Contexto histórico: em 1958, foi criada a Reserva Estadual de Itatins, em uma área de 12.058 hectares de terras consideradas devolutas na vertente atlântica da Serra de Itatins, sendo essa a primeira iniciativa legal para a conservação da área. Em 1963, foi criada a Reserva Indígena de Itacari, destinada à proteção das comunidades Guarani. Em 1979, devido à especulação imobiliária da região, a Secretária Estadual do Meio

Ambiente, em acordo com os proprietários da região, instalou no Maciço de Jureia uma Estação Ecológica (EE), junto com uma declaração de Área Natural Tombada, em que foi agregado o tombamento da Serra do Mar e de Paranapiacaba (Fundação Florestal, 2012).

Em 1980, a Eletronuclear (antiga Nuclebrás), empresa estatal brasileira, resguardada por decreto público, tomou posse da região, com o intuito de construir as Usinas Nucleares 3 e 4. Como não efetivou as desapropriações, em 1985, perdeu o direito de permanecer com a posse das terras. Com a instituição das Áreas de Preservação Permanente (APP) no país, parte da área de Jureia-Itatins foi englobada pela Área de Proteção Ambiental (APA) de Cananeia, Iguape e Peruíbe. Em 1986, passou a ser novamente área de domínio do Estado, que englobou a Reserva Estadual Jureia, configurando a EE Jureia-Itatins, por meio do Decreto Estadual nº 24.646, de 20 de janeiro de 1986 (São Paulo, 1986). E, posteriormente, o governo do Estado de São Paulo transformou a EE em Mosaico Jureia-Itatins, por meio da Lei nº 12.406, de 12 de dezembro de 2006 (São Paulo, 2006), devido à irregularidade das comunidades tradicionais ali existentes, como uma tentativa de solucionar problemas socioeconômicos regionais. No entanto, o Ministério Público alegou que essa lei, que regulamentava o Mosaico Jureia-Itatins, era inconstitucional por não apresentar estudos ambientais e um plano de manejo, o que foi acatado pelo Poder Judiciário brasileiro, e a área voltou a ser EE Jureia-Itatins. Todavia, esse cenário resultou em alguns conflitos sociais, devido à presença (antes mesmo da definição de EE) de comunidades tradicionais e caiaças na região.

Situação jurídica atual: no início de 2012, foi proposto um novo projeto de lei para tentar solucionar a problemática de enquadramento legal da população. O PL 60/2012, proposto pelo deputado estadual Hamilton Pereira, em 26 de fevereiro de 2012, foi discutido e aprovado pela Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo em 13 de março de 2013 (São Paulo, 2013). Em 09 de abril de 2013, foi sancionada pelo então governador Geraldo Alckmin a Lei Estadual nº 14.982/2013. No entanto, em 20 de maio de 2013, o procurador geral da justiça do Estado de São Paulo entrou com um pedido de Ação Direta de Inconstitucionalidade (ADI nº 0199748-62.2013.8.26.0000) contra a Lei nº 14.982/2013, alegando inconstitucionalidade devido à ausência do Estudo de Impacto Ambiental e do Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA), e por violação do princípio da proibição de retrocesso ambiental, pois rebaixou a proteção jurídica conferida ao meio ambiente local, abrindo espaço para a sua destruição. O Tribunal de Justiça considerou a ADI improcedente, em acórdão publicado em 8 de agosto de 2014, alegando que a administração pública visou a resolver a problemática social da região em caráter de urgência, que a alteração é de “interesse público”, que não cabe o princípio da proibição de retrocesso ambiental e

que o poder público havia apresentado um estudo técnico para recategorização de UC e criação do Mosaico Jureia-Itatins (Acórdão nº 350274, 2014). No entanto, o Ministério Público (MP) entrou com recurso, e o caso está em tramitação no Superior Tribunal Federal (STF), até a publicação deste livro. A Tabela 4.1 apresenta um esquema simplificado da situação jurídica da região.

Tabela 4.1 Situação jurídica do Mosaico Jureia-Itatins

Ano	Situação	Definição
1986	Definição da EE Jureia-Itatins.	Lei Estadual nº 24.646/1986.
2006	Alteração de EE para Mosaico. Primeira definição fundiária do local.	Lei Estadual nº 12.406/2016.
2006	Interposição de ADI pelo MP devido à falta de estudos ambientais e plano de manejo.	Procedente.
2012	Proposto o projeto de lei com uma nova estrutura para UC Jureia-Itatins, baseada em estudos ambientais. Mudança novamente para UC.	PL 60/2012.
2013	Aprovado o PL 60/2012 e sancionado pelo governador.	Lei Estadual nº 14.982/2013.
2013	Procuradoria Geral interpôs novamente ADI contra a Lei 14.982/2013, alegando violação de Princípio do Retrocesso Ambiental e falta de estudos ambientais.	ADI nº 0199748-62.2013.8.26.0000.
2014	O TJSP alegou improcedente a ADI mediante a entrega dos estudos ambientais.	Acórdão nº 350274/2014.
2015	A Procuradoria interpôs recurso a decisão, estando o processo sob responsabilidade do STF, com o relator Teori Zavaski.	Em tramitação.
2017	Substituição do relator para o ministro Alexandre de Moraes.	Em tramitação (até 20 fev. 2024).

Dessa forma, a Lei nº14.982/13 está em vigor até a decisão do STF quanto à sua inconstitucionalidade, regulamentando as áreas e as UCs que integram o Mosaico Jureia-Itatins, sendo elas:

- PE do Itinguçu, com 5.040 hectares localizados no município de Peruíbe e Iguape;
- PE do Prelado, com 1.828 hectares localizados no município de Iguape;
- RDS Barra do Una, com 1.487 hectares localizada no município de Peruíbe;
- RDS Despraiado, com uma área de 3.953 hectares localizada no município de Iguape;
- EE de Jureia-Itatins, com 84.425 hectares localizados nos municípios de Iguape, Peruíbe, Miracatu e Itariri.
- Refúgio de Vida Silvestre das Ilhas do Abrigo e Guararitama, com 11 hectares de área terrestre e 470 hectares de área marinha localizados no município de Peruíbe.

De tal maneira, a nomenclatura usada no estudo será Mosaico Jureia-Itatins, seu nome oficial e em vigência. A menção à EE Jureia-Itatins que aparece no decorrer do

estudo se refere, especificamente, à área de proteção integral pertencente ao Mosaico Jureia-Itatins.

A nova proposta de regularização alterou algumas delimitações de área; a Tabela 4.2 apresenta um comparativo entre a delimitação original da EE Jureia-Itatins e sua recategorização vigente pela Lei Estadual. A Figura 4.3 apresenta a configuração atual do Mosaico Jureia-Itatins.

Tabela 4.2 Comparação entre a delimitação de EE (1987) e a nova proposta (2012)

Grupo	UC	EE (1987)	Mosaico (2012)	Diferença
		Área (uma)	Área (ha)	Área (ha)
Proteção integral	EE Jureia-Itatins	79.720	84.425	5.155
	PE do Itinguçu		5.069	5.069
	PE do Prelado		1.828	1.828
	Refúgio de Vida Silvestre Abrigo e Guararitama		481	481
	Total UCPIs	79.720	91.803	12.533
Uso sustentável	RDS do Despraiado		3.953	3.953
	RDS da Barra dumana		1.458	1.458
	Total UCUSs	0	5.411	5.411

Fonte: Fundação Florestal, 2012.

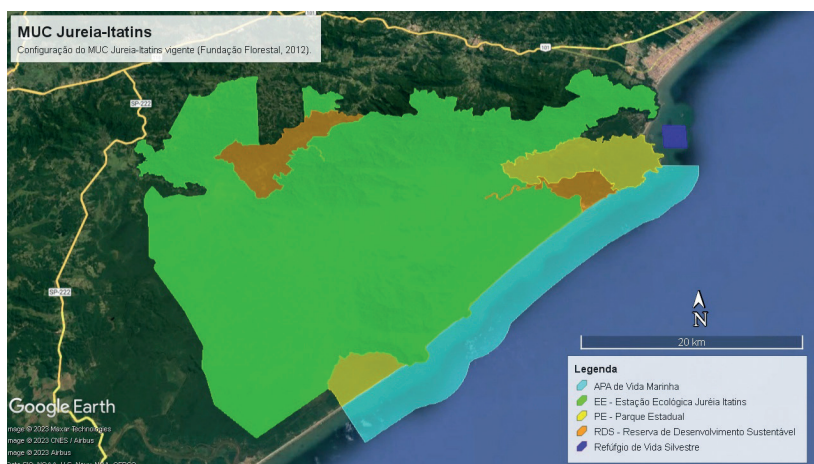


Figura 4.3 Mapa de configuração atual do Mosaico Jureia-Itatins.

Fonte: Fundação Florestal, 2012 (adaptado do Google Earth).

4.2 METODOLOGIA

O enquadramento jurídico foi analisado de acordo com o levantamento referencial e a definição de critérios legislativos de critérios de enquadramento. Os critérios

jurídicos para enquadramento em RDS são apresentados a seguir. Foram baseados no SNUC (Brasil, 2000) e comparados às RDS já consolidadas (Queiroz, 2005).

- Não violação do princípio do não retrocesso;
- presença de um conselho deliberativo;
- existência de um plano de manejo;
- regularização fundiária por meio de Concessão de Direito Real de Uso (CDRU);
- inexistência de práticas que impeçam a regeneração natural dos ecossistemas;
- inexistência de uso de espécies localmente ameaçadas ou práticas que danifiquem o habitat;
- respeito aos padrões de qualidade do ar, água e solo determinados nas resoluções Conama para áreas protegidas.

A partir de então, foram coletados os dados para responder a esses critérios de enquadramento.

A coleta de dados foi primária e secundária, por meio da realização de visitas em campo, entrevistas (primária) e pesquisa de resultados em referências (secundária).

A coleta de dados veio por meio de visitas técnicas no local, que buscavam analisar as práticas de atividades de uso insustentável e verificar os hábitos locais e a presença de agentes públicos. As visitas foram realizadas de maneira observativa, sem intervenções. As informações ambientais, como padrões de qualidade dos corpos hídricos e qualidade do ar, foram retiradas de estudos técnicos oficiais realizados no local. E as informações jurídicas e sociais foram obtidas na Fundação Florestal e no processo da ADI nº 0199748-62.2013.8.26.0000.

Após a realização das visitas, foram realizadas entrevistas nas duas RDS, com 30 moradores locais, residentes em domicílios diferentes, 20 na RDS Despraiado e dez da RDS Barra do Una. O objetivo das entrevistas foi complementar as informações vistas em campo, os dados obtidos de órgãos oficiais e as referências conceituadas levantados de forma secundária, de modo a identificar a presença de hábitos praticados pela população local que pudessem causar danos ao meio ambiente e ao habitat natural, bem como levantar informações sobre a participação dos moradores no conselho deliberativo. Os dados levantados nas entrevistas foram correlacionados com os dados secundários e oficiais existentes do local. Por meio do levantamento de dados históricos e locais, foi possível verificar a questão fundiária, obter o plano de manejo e acessar relatórios e laudos técnicos já realizados no local que avaliassem o atendimento às Resoluções Conama. A avaliação da violação do princípio do não retrocesso foi realizada levando-se em consideração todos os meios de dados e resultados; trata-se, portanto, da avaliação fundamental desse estudo.

4.3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A principal discussão jurídica que tange à alteração de qualquer UC quanto à sua legalidade é o princípio constitucional da Proibição do Retrocesso. Dessa forma, é necessária uma explanação quanto às suas definições e discussões atuais.

Desde a Conferência de Estocolmo, o meio ambiente é considerado direito fundamental e, a partir da reformulação da Constituição Brasileira, em 1988 (Brasil, 1988), passou a ser uma categoria de bem de uso comum, também no Brasil, e a contar com ferramentas jurídicas para sua proteção. Dessa forma, o meio ambiente, como direito fundamental de todos, deve ser protegido de forma estável, independentemente de questões externas. O princípio do não retrocesso, que surgiu na Alemanha e em Portugal, fundamenta-se na não alteração de direitos fundamentais estabelecidos, de modo a não se submeter aos desejos do legislador, relacionando-se à segurança jurídica (Gimenez; Lucchesi; Teotônio, 2013).

No entanto, aplicadamente em proteção ambiental, esbarra-se em alguns contrapontos. Entende-se como o princípio de não retrocesso a garantia de direitos fundamentais, como o meio ambiente. Mas também, conceitualmente, em alguns países, utiliza-se o princípio de *stand still* (imobilidade) ou *cliquet anti-retour* (trava antirretorno). Ou seja, na seara do meio ambiente, a evolução da legislação deve garantir a mais alta proteção possível, sem regressões. Avalia-se, também, a possibilidade de se reduzir uma regra devido a interesses superiores à proteção ambiental, permitindo ou reduzindo o controle quanto à poluição ou às normas sobre a proteção da natureza. Considerando-se, ainda o princípio de desenvolvimento sustentável, que obriga a garantia dos recursos naturais e a qualidade de vida das gerações futuras, as mutabilidades das definições de áreas de proteção podem ser perigosas, fundamentalmente, ocasionando às gerações futuras um ambiente mais degradado (Priour, 2012).

Dessa forma, aplicando-se o princípio de não retrocesso na proteção dos biomas brasileiros, entende-se que a redução do patamar de tutela jurídica dos biomas nacionais representa também um retrocesso temporal. É necessário aliar o progresso material ao progresso da proteção dos processos ecológicos essenciais à vida (Milaré, 2014). O retrocesso ambiental ocorre de diversas maneiras, como a redução da superfície de uma área protegida, redução da salvaguarda jurídica e enfraquecimento das exigências de estudos e instrumentos de aplicabilidade do Direito Ambiental (EIA/RIMA, reserva legal, entre outros) (Benjamin, 2012).

No entanto, é importante esclarecer que o princípio do não retrocesso não limita ou incapacita o legislador, mas atribui a ele apenas as responsabilidades que o cabe, garantindo a constitucionalidade de seus atos (Milaré, 2014). Assim, especificamente no caso da proteção ambiental, deve-se considerar, em alterações legislativas ou em políticas de implementação, se está garantida ou ampliada a proteção ao meio

ambiente, se asseguram a proteção dos *processos ecológicos essenciais*, se protegem de forma eficaz as espécies ameaçadas de extinção, se reduzem os riscos ambientais a habitats vulneráveis e, finalmente, se a modificação alcançará resultados similares ou superiores ao da norma revogada (Benjamin, 2012).

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram obtidos por meio de visitas e entrevistas em campo, busca de dados históricos e locais e referências conceituadas. Na Tabela 4.3, são apresentados os resultados por critério, avaliando-se a definição conceitual de enquadramento, de acordo com a referência base.

Tabela 4.3 Resultado quanto ao enquadramento jurídico

Critérios jurídicos	Atendimento
Não violação do princípio do não retrocesso	Parcial
Presença de um conselho deliberativo	Sim
Existência de um plano de manejo	Parcial
Regularização fundiária por meio do CDRU	Sim
Inexistência de práticas que impeçam a regeneração natural dos ecossistemas	Sim
Inexistência de uso de espécies localmente ameaçadas ou práticas que danifiquem o habitat	Parcial
Respeito aos padrões de qualidade do ar, água e solo determinados nas Resoluções Conama para áreas protegidas	Sim

Os critérios jurídicos foram atendidos em sua maioria, apresentando problemas quanto à existência do plano de manejo do Mosaico Jureia-Itatins, que, apesar de elaborado, não foi divulgado e não é considerado dado oficial, permanecendo assim até a finalização da ADI instaurada com a Lei Estadual que regulamenta a região (Fundação Florestal, 2022).

A inexistência de práticas de exploração de espécies ambientalmente ameaçadas de extinção não foi atendida, pois ainda existem casos de exploração ilegal do palmito-juçara (*Euterpe edulis*) (Fundação Florestal, 2022). No entanto, é importante ressaltar que essas práticas não são realizadas pela população tradicional da região, mas, sim, por adventícios atuais e até mesmo moradores das regiões próximas ao Mosaico, ocorrendo nas dependências da EE Jureia-Itatins (Carvalho; Schmitt, 2010). Não foram levantados casos de cultivo ilegal de palmito-juçara nas áreas de abrangência das RDS.

É importante ressaltar também que a exploração e o cultivo ilegal de palmito-juçara é um problema característico do bioma Mata Atlântica, devido à alta rentabilidade atrelada à sua venda (Carvalho *et.al.*, 2017; Miranda; Gomes, 2016). Por isso, repre-

senta um problema de gestão do parque e não deve ser considerado para avaliação de enquadramento, sendo uma adversidade presente em muitas UC da Mata Atlântica, incluindo as áreas de proteção integral (Nogueira, 2003; Lima, 2013; Oliveira Junior *et al.*, 2010).

A violação do princípio do não retrocesso é a principal discussão jurídica acerca do enquadramento da UC Jureia-Itatins em Mosaico. Dentre os critérios jurídicos estabelecidos, esse representa grandes incertezas acadêmicas quanto à sua legalidade (Abirached; Brasil; Shiraraishi, 2010). Os principais pontos de discussão sobre essa violação estão ligados à recategorização e à sobreposição de Unidades de Conservação. Em Jureia-Itatins, é discutida a viabilidade da recategorização da EE para Mosaico.

Alguns pontos devem ser constatados para uma análise coerente desse enquadramento. Segundo Carvalho e Schmitt (2010, p. 112), da região, registram-se ocupações tradicionais desde 1850. Somente em 1958, a área passou a ser considerada Reserva Natural, e, em 1986, após a Nucleobrás (atual Eletronuclear) perder o direito de concessão, a região foi categorizada como EE, com base na Lei 6.902 de 27 de abril de 1981 (Brasil, 1981). Ou seja, as categorizações anteriormente ocorridas desconsideraram a presença de populações tradicionais na região. No ato da sua implantação, as exigências de proteção de EE já não estavam sendo respeitadas, demonstrando um erro de categorização. O princípio do não retrocesso foi implementado no Brasil após a reformulação da constituição, tomando notoriedade no direito ambiental em 1988 (Gimenez; Lucchesi; Teotônio, 2013). Percebe-se, então, que os direitos fundamentais das populações tradicionais foram violados, considerando-se a sua existência anterior a qualquer enquadramento jurídico, antes mesmo da existência de leis que regulamentassem as UC e o próprio princípio do não retrocesso.

Considerando-se ainda o determinado no Art. 225 da Constituição Federal sobre o desenvolvimento sustentável: “o uso equilibrado dos recursos naturais, voltado para a melhoria da qualidade de vida da presente geração, garantindo as mesmas possibilidades para as gerações futuras.” Ou seja, deve-se preservar os recursos naturais para gerações futuras, mas também para as atuais. Assim, não é correto violar direitos adquiridos atuais para assegurar direitos futuros (Saraiva Filho, S/D).

Sobre esse mesmo princípio, consideram-se as afirmações de Diegues *et al.* (2000) sobre a importância das populações tradicionais para a preservação e manejo da terra, em que as populações tradicionais exercem ações fiscalizadoras sobre as terras das quais retiram sua subsistência. Segundo Bobbio (2004, p. 9) “Os direitos do homem, por mais fundamentais que sejam, são direitos históricos, ou seja, nascidos em certas circunstâncias, caracterizadas por lutas em defesa de novas liberdades contra velhos poderes, e nascidos de modo gradual, não todos de uma vez e nem de uma vez por todas.”

De forma substancial, entende-se que não é possível responder se o princípio do não retrocesso foi violado de forma objetiva, haja vista que o erro jurídico fundamental nesse caso foi a criação de uma EE em um local onde havia ocupação humana tradicional. Não há previsão na legislação ambiental brasileira que fundamente a recategorização de uma UC de modo a diminuírem o enquadramento e os critérios de proteção. Assim, “parcial” foi a resposta dada à pergunta sobre violação do princípio do não retrocesso, pois foi constatada a presença de comunidades tradicionais na região antes mesmo da criação do SNUC e da criação de qualquer tipo de UC de proteção ambiental no local, o que configura a violação dos direitos dessas comunidades. Mas, para corrigir esse fato, é necessário retroceder a determinação da EE para RDS e, portanto, alterar a categoria da UC de preservação integral para UC de proteção ambiental, o que, de fato, viola o princípio do não retrocesso. Mas não há como afirmar que o esse princípio foi violado no caso do Mosaico Jureia-Itatins se o local onde as comunidades tradicionais estão já possuíam alterações antrópicas anteriores à época da criação do UC, e, portanto, a “proteção integral” da categoria não é tangível ao local. No entanto, é fundamentalmente importante que os critérios ambientais, fundiários e humanos sejam aplicados nesse processo e que a proteção de todos os tipos de UC presentes no Mosaico seja garantida.

4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que a fundação do Direito Ambiental é a conservação dos ecossistemas, de modo a garantir a qualidade de vida das populações. O princípio do não retrocesso é soberano, porém, não absoluto, e deve-se considerar as peculiaridades da aplicação das leis, de modo que não violem outros direitos humanos fundamentais. Portanto, a recategorização do Mosaico Jureia-Itatins é viável sob o ponto de vista jurídico, desde que realizada de maneira técnica e fundamentada, haja vista a ocupação humana tradicional existente no local, pretérita à criação de qualquer tipo de UC no Mosaico Jureia-Itatins.

REFERÊNCIAS

- ABIRACHED, C. F. A.; BRASIL, D.; SHIRAISHI, J. C. Áreas protegidas e populações tradicionais: conflitos e soluções. In: V ENCONTRO NACIONAL DA ANPPAS, 2010, Florianópolis. *Anais* [...] Florianópolis: 2010.
- BENJAMIN, A. H. *Princípio da proteção de retrocesso ambiental*. Brasília, DF: Senado Federal, 2012. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/242559/000940398.pdf?sequence=2&isAllowed=y>. Acesso em: 10 fev. 2022.
- BRASIL. [Constituição (1988)]. *Constituição da República Federativa do Brasil*. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.

- BRASIL. Lei Federal nº 6.902, de 27 de abril de 1981. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 1981. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6902.htm. Acesso em: 4 set. 2023.
- BRASIL. SNUC. Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2000.
- CADASTRO GERAL DE OCUPANTES. *Trabalho de identificação das comunidades tradicionais e outras, em atendimento ao disposto no Decreto nº 32.412/90*. São Paulo: Instituto Florestal, 1990.
- CARVALHO, C. S. *et al.* Climatic stability and contemporary human impacts affect the genetic diversity and conservation status of a tropical palm in the Atlantic Forest of Brazil. *Journal Conservation Genetics*. v. 18, 2017. p. 467-78. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10592-016-0921-7>. Acesso em: 20 fev. 2024.
- CARVALHO, M. C. P.; SCHMITT, A. *Laudo histórico e antropológico: Relatório técnico-científico para identificação de famílias tradicionais presentes na Estação Ecológica de Jureia-Itatins*. São Paulo: Fundação Florestal, 2010. p. 112.
- DIEGUES, A. C. (Org.) *Os saberes tradicionais e a biodiversidade no Brasil*. Biodiversidade e Comunidades Tradicionais no Brasil. São Paulo: MMA; Cobio; Nupaub-USP, 2000. Disponível em: https://acervo.socioambiental.org/sites/default/files/document-s/05d00005_1.pdf. Acesso em: 20 fev. 2024.
- FUNDAÇÃO FLORESTAL. *Estudo técnico para recategorização de Unidades de Conservação e criação do Mosaico de UCs Jureia-Itatins*. São Paulo: Diário Oficial do Estado de São Paulo, 2012.
- FUNDAÇÃO FLORESTAL. *Portaria Normativa FF/DE nº076/2009*. São Paulo: Diário Oficial do Estado de São Paulo, 2009. Disponível em: <https://smastr16.blob.core.windows.net/fundacaoflorestal/2014/01/PORTARIA-F.F.-N%C2%AA076-2009.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2024.
- GIMENEZ, M.; LUCHESI, E. R.; TEOTÔNIO, L. A. F. O princípio do não retrocesso ambiental e sua aplicabilidade no Brasil. *Revista Reflexão e Crítica do Direito*, v. 1, n. 1, 2013. p. 163-252.
- LIMA, R. V. A. *Modelagem baseada em agentes para avaliar a sustentabilidade da exploração do palmito jussara por comunidade quilombolas do Vale do Ribeira*. 2013. Dissertação (Mestrado em Sistemas Complexos) – Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.
- MARQUES, O. A. V.; DULEBA, W. *Estação Ecológica Jureia-Itatins: ambiente físico, flora e fauna*. Ribeirão Preto: Holos, 2004.
- MARQUES, O. A. V.; SAZIMA, I. História natural dos répteis da Estação Ecológica Jureia-Itatins. In: MARQUES, O. A. V.; DULEBA, W. (Ed.). *Estação Ecológica Jureia-Itatins: ambiente físico, flora e fauna*. Ribeirão Preto: Holos, 2004. p. 257 -277.

- MILARÉ, E. Direito do ambiente: a gestão ambiental em foco. *Revista dos Tribunais*, Ministério Público do Estado de São Paulo, 2014. p. 1680.
- MIRANDA, D. L. R.; GOMES, B. M. A. Programa Nacional de fortalecimento da agricultura familiar: trajetórias e desafios no Vale do Ribeira, Brasil. *Revistas Sociedade e Natureza*, v. 28, n. 3, p. 397-408, 2016.
- NOGUEIRA, M. C. *Educação ambiental e extração clandestina de palmito-juçara (Euterpe edulis): o caso do Parque estadual “Carlos Botelho”*. 2003. 87 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.
- OLIVEIRA, E. R. *Populações humanas na Estação Ecológica Jureia-Itatins*. São Paulo: Nupaub-USP, 2004.
- OLIVEIRA JUNIOR, C. J. F.; NEVES, Y. T. R.; JUNQUEIRA, P. S. População Caiçara, Mata Atlântica e situação atual do palmito-juçara (*Euterpe edulis Mart.*) na região do Rio Una da Aldeia (Iguape-SP), entorno da Estação Ecológica Jureia-Itatins. *Revista Árvore*, v. 34, n. 6, p. 1065-1073, 2010.
- OLIVEIRA, S. A. M. de. Norberto Bobbio: teoria política e direito humanos. *Revista de Filosofia Aurora*, v.19, n. 25, p. 361-372, 2007.
- BOBBIO, N. *A era dos direitos*. Trad. Carlos Nelson Coutinho. 7. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.
- PRIEUR, M. *O princípio da proibição do retrocesso ambiental*. Brasília, DF: Senado Federal, 2012. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/242559/000940398.pdf?sequence=2&isAllowed=y>. Acesso em: 10 fev. 2022.
- QUEIROZ, H. L.; PERALTA, N. Reserva de Desenvolvimento Sustentável: Manejo integrado dos recursos naturais e gestão participativa. In: GARAY, I.; Becker, B. K. (Org.). *Dimensões humanas da biodiversidade*. Petrópolis, 2006. p. 447-76.
- SABATINO, V.; SANTOS, R. F. Recognizing the nature of traditional identity through the study of changes in the landscape (Jureia- Itatins, São Paulo, Brazil). *Bosque*, v. 33, n. 3, p. 333-7, 2012. Disponível em: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/bosque/v33n3/art18.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2024.
- SÃO PAULO (ESTADO). *Decreto Estadual nº 24.646, de 20 de Janeiro de 1986*. São Paulo: Diário Oficial do Estado de São Paulo, 1986. Disponível em: <http://www.al.sp.gov.br/noticia/?id=328174>. Acessado em: 26 abr. 2019.
- SÃO PAULO (ESTADO). *Lei Estadual nº 12.406, de 12 de Dezembro de 2006*. São Paulo: Diário Oficial do Estado de São Paulo. 2006. Disponível em: <http://www.al.sp.gov.br/noticia/?id=328174>. Acesso em: 26 abr. 2019.
- SÃO PAULO (ESTADO). *Mosaico de Unidades de Conservação Jureia-Itatins*. Boletim. São Paulo: Diário Oficial do Estado de São Paulo, 2009.

- SÃO PAULO (ESTADO). *Projeto de Lei nº 60, de 16 de fevereiro de 2012*. São Paulo: Diário Oficial do Estado de São Paulo, 2012.
- SÃO PAULO (ESTADO). *Lei Estadual nº 14.982, de 09 de abril de 2013*. São Paulo: Diário Oficial do Estado de São Paulo, 2013. Disponível em: <http://www.al.sp.gov.br/noticia/?id=328174>. Acesso em: 26 abr. 2020.
- SARAIVA FILHO; O. O. P. *A irretroatividade da lei no direito brasileiro*. Brasília, DF, sem ano. Disponível em: www.agu.gov.br/page/download/index/id/892454. Acesso em: 3 jan. 2020.
- TRIBUNAL DE JUSTIÇA DE SÃO PAULO. *Acórdão nº 350274*. Relator: Desembargador Paulo Dimas. Partes: Ministério Público do Estado de São Paulo versus Governo do Estado de São Paulo, 2014.
- TRIBUNAL DE JUSTIÇA DE SÃO PAULO. *Processo Judicial Ação Direta de Inconstitucionalidade nº 199748-62.2013.8.26000*. Relator: Desembargador Paulo Dimas. Partes: Ministério Público do Estado de São Paulo versus Governo do Estado de São Paulo. Disponível em: <http://www.al.sp.gov.br/noticia/?id=328174>. Acesso em: 20 fev. 2024.

CAPÍTULO 5

Panorama de onde estão os riscos e os danos associados às barragens de mineração no Brasil¹

Geise Corrêa Teles

Marcelo Marini Pereira de Souza

RESUMO

Na última década, o Brasil foi marcado pelas duas maiores tragédias da mineração no território nacional, que resultaram na morte de centenas de pessoas e em danos irreversíveis para o ambiente. Elas ocorreram no estado de Minas Gerais e reacenderam o alerta sobre o tema segurança de barragens. Como decorrência, em 2020 o país instituiu a lei nº 14.066/2020, alterando a lei nº 12.334/2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB). As alterações legais buscam, entre outras coisas, trazer transparência sobre a gestão e a segurança do setor, que é controverso. Assim, com base nos dados do Sistema de Informações sobre Segurança de Barragens de Mineração (SIGBM), o presente capítulo apresenta o panorama atual das barragens de rejeitos no Brasil. Entre as variáveis observadas estão: quantitativo

1 Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pelo financiamento da pesquisa de doutorado da primeira autora, cujos desdobramentos fazem parte deste trabalho.

de barragens inseridas na PNSB, categoria de risco, dano potencial associado e nível de alerta e emergência. A análise dos dados indica que Minas Gerais, Mato Grosso e Pará são, respectivamente, os estados que apresentam a maior quantidade de barragens inseridas na PNSB, sendo Minas Gerais o estado que apresenta o maior quantitativo de barragens com risco, dano potencial associado alto e barragens declaradas com nível 3 de emergência, cujo monitoramento deve ser permanente em função da dinâmica do setor.

Palavras-chave: barragens de rejeito; legislação; gestão de risco.

OVERVIEW OF THE RISKS AND DAMAGES ASSOCIATED WITH MINING DAMS IN BRAZIL

ABSTRACT

In the last decade, Brazil has been marked by the two biggest mining tragedies in the country, resulting in the deaths of hundreds of people and irreversible damage to the environment. They took place in the state of Minas Gerais and reignited awareness of the issue of dam safety. As a result, in 2020 the country instituted Law No. 14.066/2020, amending Law No. 12.334/2010, which establishes the National Dam Safety Policy (PNSB). The legal changes seek, among other things, to bring transparency to the management and safety of the sector, which is controversial. Based on data from the Mining Dam Safety Information System (SIGBM), this chapter presents the current panorama of tailings dams in Brazil. Among the variables observed are number of dams included in the PNSB, risk category, associated potential damage and alert and emergency level. Analysing the data shows that Minas Gerais, Mato Grosso and Pará are, respectively, the states with the largest number of dams included in the PNSB, and Minas Gerais is the state with the largest number of dams with risk, high associated potential damage and dams declared at emergency level 3, which must be permanently monitored due to the dynamics of the sector.

Keywords: tailings dams; legislation; risk management.

5.1 INTRODUÇÃO

Uma barragem de rejeito de mineração pode ser definida como uma estrutura construída para conter materiais resultantes do beneficiamento de um minério. O tipo de rejeito armazenado nessa estrutura depende do minério principal e das substâncias misturadas no processo de beneficiamento (Paulelli *et al.*, 2022). As barragens de contenção de rejeitos são construídas levantando-se, inicialmente, um dique de partida, sucedido pela construção de alteamentos, que permitem o aumento do volume útil de deposição dos rejeitos (Cardozo; Pimenta; Zingano, 2016).

Os diferentes tipos de materiais armazenados, os distintos métodos construtivos e a localização das barragens, que podem apresentar populações e áreas ambientalmente sensíveis a jusante, tornam a segurança dessas estruturas indispensável. A Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), regulamentada pela Lei nº 14.066/2020, considera essas variáveis na classificação das barragens quanto ao risco, ao dano potencial associado e ao nível de alerta e emergência.

A recente estruturação da PNSB enfrenta uma antiga trajetória de exploração do setor mineral marcada por acidentes e desastres ambientais. Entre as causas da ampliação do número de acidentes com barragens nos últimos dez anos, destacam-se o crescimento no ritmo de extração dos minérios, devido ao aumento da procura do produto no mercado internacional, durante o superciclo mineral (2004-2014), e a ampliação da extração de minérios para manter os ganhos após o superciclo, uma vez que houve redução do valor do minério no mercado após esse período (Seas, 2020).

O aumento do número de rejeitos armazenados em barragens é justificado pela inviabilidade econômica do reaproveitamento desse material, cujo teor-limite, definido pela diferença entre o custo embutido na exploração de cada mina e o valor ganho por ela (Luz; Lins, 2010) é considerado antieconômico, o que evidencia o imperativo econômico sobre as questões socioambientais.

As distintas causas dos acidentes expostas pelas contradições apresentadas no setor mineral contrapõem a regulação imposta pela PNSB, indicando que a obrigatoriedade na transparência das informações sobre segurança de barragens e o monitoramento delas é um tema urgente. No Brasil, o único banco de dados sobre barragens de mineração fornecido de forma gratuita é o Sistema Integrado de Gestão de Barragens de Mineração (SIGBM), atualmente gerido pela Agência Nacional de Mineração (ANM).

Tendo como base as informações contidas no SIGBM, o objetivo do presente estudo é apresentar o panorama atual das barragens de contenção de rejeitos no Brasil no que tange às categorias risco, dano potencial associado e nível de alerta e emergência, definidas pela Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB).

5.2 METODOLOGIA

O presente estudo se caracteriza por ser uma pesquisa descritiva e exploratória, baseada no levantamento bibliográfico, no exame da legislação vigente para barragens de mineração e em dados secundários do Sistema Integrado de Gestão de Barragens de Mineração (SIGBM). A partir do levantamento bibliográfico foi possível compreender a problemática referente à segurança de barragens de mineração no Brasil e as lacunas existentes no campo da gestão de risco nesse setor. Por meio do exame da legislação foi possível expor como as barragens são normatizadas no país e como os dados relativos a essas barragens são construídos.

Sem se configurar como uma pesquisa bibliométrica e sistemática, o estudo se inicia pela leitura de textos basilares referentes ao aporte teórico supramencionado e segue com a busca de produções científicas disponíveis em reputáveis plataformas eletrônicas científicas. Foram consultadas obras nas Plataformas científicas Web of Science, Science Direct e no Portal de Periódicos Capes. Um filtro foi utilizado para capturar somente as produções dos últimos oito anos (2015-2022). Dentro desse recorte temporal também foram utilizados termos de busca associados: “reported tailings dam failures” e “barragem de rejeito de mineração”. Nessa busca, foram considerados somente artigos nas áreas de ciências ambientais e sociais.

Do conjunto das centenas de estudos encontrados, foi realizada uma triagem preliminar, que consistiu na leitura dos resumos e das referências utilizadas pelos autores. Essa triagem foi realizada entre os 30 artigos de maior relevância de cada plataforma de busca, excluíram-se os artigos com problemas para abrir e os com acesso pago. O resultado dessa filtragem foi a identificação de 10 textos completos com contribuições recentes ao tema tratado na pesquisa, cujas ideias-chave foram articuladas para produzir o enquadramento teórico-metodológico do estudo proposto. Após a leitura integral desses textos, foram incluídas outras referências, encontradas por meio de indicações e nas próprias bibliografias dos artigos.

Para obtenção do panorama atual das barragens foram utilizados dados do cadastro nacional de barragens de mineração, contidos no SIGBM, versão pública. Considerou-se as seguintes variáveis: barragens inseridas na Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), categoria de risco, dano potencial associado e nível de alerta e emergência. Essas variáveis foram escolhidas por apresentarem a condição atual de segurança técnica das barragens, por apresentarem uma tentativa de mensuração do grau de risco e danos associados, em casos de possíveis acidentes, e por contemplarem barragem em todo o território nacional.

A análise dos dados foi realizada com o apoio da ferramenta Google Sheets utilizando a função de tabela dinâmica para o cruzamento de dados das variáveis estudadas.

5.3 LEGISLAÇÃO APLICADA À SEGURANÇA DE BARRAGENS NO BRASIL

A Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) tem como objetivo garantir a observância dos padrões de segurança de barragens, regulamentar ações de segurança nas distintas fases de vida de uma barragem, definir procedimentos emergenciais e fomentar a atuação conjunta dos agentes envolvidos na prevenção e redução de acidentes ou desastres. (Brasil, 2020). Ela é aplicada em barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais que tenham pelo menos uma das características apresentadas no Art. 1º da lei 14.066/2020, que podem representar risco e dano para o ambiente e população circundante.

No Quadro 5.1 são descritas as normativas que regulamentam a PNSB.

Quadro 5.1 Normativas que regulamentam a PNSB

Tipo de Norma	Órgão Responsável	Norma
Leis	-	<ul style="list-style-type: none"> Lei Federal nº 12.334 de 20 de setembro de 2010, alterada pela Lei nº 14.066 de 30 de setembro de 2020.
Portarias	Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM)	<ul style="list-style-type: none"> Portaria DNPM nº 14, de 15 de janeiro de 2016; Portaria DNPM nº 70.389, de 17 de maio de 2017.
Resoluções	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA)	<ul style="list-style-type: none"> Resolução ANA nº 91, de 10 de abril de 2012.
	Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH)	<ul style="list-style-type: none"> Resolução do CNRH nº 143, de 10 de julho de 2012; Resolução do CNRH nº 144, de 10 de julho de 2012; Resolução do CNRH nº 178, de 29 de julho de 2016; Resolução do CNRH nº 223, de 20 de novembro de 2020.
	Agência Nacional de Mineração (ANM)	<ul style="list-style-type: none"> Resolução ANM nº 13, de 8 de agosto de 2019; Resolução ANM nº 32, de 11 de maio de 2020; Resolução ANM nº 40, de 6 de julho de 2020; Resolução ANM nº 51, de 24 de dezembro de 2020; Resolução ANM nº 56, de 28 de janeiro de 2021; Resolução ANM nº 95, de 07 de fevereiro de 2022; Resolução ANM nº 130, de 24 de fevereiro de 2023.

Fonte: adaptado de Leão e Santiago, 2022.

Na conjuntura atual, a Lei nº 12.334/2010 passa a vigorar com alterações estabelecidas pela Lei nº 14.066/2020. As modificações circunscrevem correções de erros de acidentes ocorridos, buscando reduzir o risco das possíveis causas. Reforçam-se informações referentes à prevenção de acidentes e ações emergenciais, pois a segurança das barragens depende, majoritariamente, do monitoramento da empresa responsável.

Ao empreendedor, empresa responsável pela barragem, cabe a responsabilidade de elaboração do Plano de Segurança de Barragens, que é um instrumento da Política Nacional de Segurança de Barragem (PNSB), que tem a função de auxiliar a gestão e segurança de uma barragem. Ele é composto por um repositório de dados, infor-

mações de controle e monitoramento e documentos da estrutura da barragem. Dele, faz parte o Plano de Ação Emergencial (PAE), cujo objetivo é evitar ou minimizar danos causados por acidentes com barragens, que podem incluir perdas de vidas e destruição de ambientes.

Todas as barragens inseridas na PNSB devem elaborar o Plano de Segurança de Barragens, mas somente as que possuem Categoria de Risco Alto (CRI) e/ou Dano Potencial Associado (DPA) alto ou médio estão sujeitas à elaboração do PAE. A classificação em CRI e DPA também é um instrumento da PNSB, disciplinado inicialmente pelas Resoluções CNRH n° 143/2012 e n° 144/2012, e, atualmente, consolidado pela Resolução ANM n° 95/2022.

A Agência Nacional de Mineração (ANM), órgão federal vinculado ao Ministério de Minas e Energia (MME), com a extinção do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) em 2017, é atualmente a entidade reguladora responsável pela fiscalização das barragens de rejeitos de mineração. O principal instrumento de fiscalização da ANM é o Sistema Integrado de Gestão de Barragens de Mineração (SIGBM), atualmente regulamentado pela Resolução ANM n° 95/2022, que agrega as informações atualizadas sobre todas as barragens cadastradas na PNSB no território nacional. Esse sistema é alimentado pelos empreendedores, cabendo aos órgãos ambientais a fiscalização da veracidade das informações fornecidas.

Subjugados às autarquias federais, estão os órgãos estaduais e municipais de meio ambiente. Esses órgãos devem obedecer à PNSB, complementando ações de fiscalização e controle com as regulamentações locais.

5.3.1 Classificação da Categoria Risco (CRI) e Dano Potencial Associado (DPA)

A Resolução ANM n° 95/2022, art. 2°, incisos XI e XVI estabelece os critérios gerais de classificação de barragens quanto ao risco e ao dano potencial associado.

Quanto à classificação da Categoria Risco (CRI), ela resulta do somatório de três aspectos gerais: Características Técnicas (CT), Estado de Conservação (EC) e Plano de Segurança de Barragens (PSB), cada uma delas com distintas variáveis. As faixas de classificação variam entre risco alto (≥ 80), risco médio (40 a 80) e risco baixo (≤ 40), porém, barragens com $EC \geq 10$ são automaticamente classificadas com risco alto.

Essa classificação de risco trazida pela Resolução ANM n° 95/2022 se diferencia da antiga classificação trazida pela Resolução CNRH n° 143/2012 pela inserção de sete novas variáveis no somatório das CT da barragem. Entre elas, estão: o controle da drenagem interna da barragem, o método construtivo, a coerência entre a instrumentação da barragem e o projeto construtivo e a idade da barragem. Ao EC,

também foi acrescentada uma nova variável: o controle da drenagem superficial da barragem. Por outro lado, não houve mudanças quanto às variáveis do Plano de Segurança de Barragem.

A Resolução ANM nº 95/2022 não trouxe alterações na classificação de Dano Potencial Associado (DPA), classificado, segundo a Resolução CNRH nº 143/2012, como alto (≥ 13), médio ($7 < \text{DPA} < 13$) ou baixo (≤ 7), resultado do somatório de quatro aspectos: volume total do reservatório, existência de população a jusante, impacto ambiental e impacto socioeconômico. Para a definição de impactos ambientais e socioeconômicos, mantiveram-se os critérios de presença/ausência.

Essa definição de impacto por presença e/ou ausência de populações ou ambientes sensíveis a jusante da barragem impossibilita a identificação dos impactos diretos, pois a interação entre uma ação e um componente ambiental não caracteriza propriamente um impacto (Sánchez, 2020). Além disso, a relação entre o componente ambiental e social é desconsiderada nesta classificação, sendo que também não são considerados impactos indiretos e cumulativos.

A ausência de detalhamento na classificação e na atribuição de peso dos impactos continua sendo um problema presente na nova Resolução. A definição de subcritérios, detalhando os tipos de impactos decorrente de cada variável analisada, auxiliaria na identificação dos reais impactos que o rompimento de uma barragem pode ocasionar, pois a presença de população não caracteriza apenas perda de vida humana; pode representar também deslocamentos, redução da qualidade de vida e traumas psicológicos, por exemplo, assim como a contaminação do ambiente não é isolada e, dependendo da substância poluidora, pode desencadear distintos impactos associados (Carvalho; Corteletti, 2021).

5.3.2 Níveis de alerta e emergência de uma barragem de mineração

A Resolução ANM nº 95/2022 estabelece os níveis de controle da instrumentação das barragens, visando a subsidiar a tomada de decisão para ações preventivas e corretivas. Cada estrutura, individualmente, deve fazer avaliações de segurança e classificá-la segundo os níveis normal, alerta e emergência.

Uma barragem passa de um nível considerado normal para um nível de alerta quando for detectada anomalia que não implique risco imediato à segurança da estrutura, mas que deve ser controlada e monitorada. Ocorre também quando a declaração de conformidade e operacionalidade do Plano de Ação Emergencial de Barragem de Mineração (PAEBM) não for enviado para o SIGBM ou não estiver em anuência com o PAEBM. As emergências se iniciam com uma Inspeção de Segurança Especial (ISE), visando a corrigir anomalias não controladas.

A identificação do nível de emergência é usada para graduar as emergências em potencial que possam comprometer a segurança de uma barragem (Brasil, 2022). Ela pode ser classificada, de acordo com a Resolução ANM n° 95/2022, em nível de emergência 1, 2 ou 3.

O nível de emergência 1 ocorre quando uma barragem de mineração estiver com categoria de risco alto, anomalia com pontuação 6 (os valores variam de 0 a 10) em mais de uma das variáveis do estado de conservação da barragem (confiabilidade das estruturas extravasoras, percolação, deformações e recalque, deterioração dos taludes e drenagem superficial), detectadas em quatro Extratos de Inspeção Regular (EIR) seguidos (período de 2 meses); quando for localizada anomalia com pontuação 10 em qualquer variável do estado de conservação da barragem, detectada em um único EIR (período de 15 dias); quando o Fator de Segurança (estabilidade do talude), nas condições drenada ou não drenada, encontrar-se momentaneamente abaixo dos valores mínimos estabelecidos pela norma ABNT NBR 13.028/2017; ou quando ocorrer qualquer situação de comprometimento da estrutura.

Quando as anomalias indicadas no nível de emergência 1 não são controladas ou extintas, a condição de emergência da barragem passa para o nível 2. No nível de emergência 2, será desenvolvida uma nova Inspeção de Segurança Especial (ISE) para cada anomalia não controlada, até que elas se extingam ou sejam controladas. Caso não ocorra, a barragem passa para o nível de emergência 3, que é um indicativo de ruptura inevitável ou imediata. Esse nível de emergência prevê a suspensão instantânea das atividades relativas à barragem em questão e declaração de emergência, para que ações adotadas no Plano de Ação Emergencial de Barragem de Mineração (PAEBM) sejam colocadas em prática.

As práticas de controle e extinção das anomalias detectadas nas barragens, assim como a execução de ações de mitigação e controle de possíveis danos causados, dependerão da construção e da execução efetiva tanto do Plano de Segurança da barragem de mineração (PSBM) quanto do PAEBM. Os acidentes com barragens registrados no Brasil, provocados em sua maioria por falhas desconhecidas, indicam dissonância com esses planos (Guidicini, Sandroni; Mello, 2021)

5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados do SIGBM, no período de produção desta pesquisa, indicam a existência de 920 barragens de mineração no Brasil. Destas, 461 estão inseridas na PNSB e 459 não se enquadram nessa política (Tabela 5.1). O enquadramento à PNSB é estabelecido para barragem que tenham: altura maior ou igual a 15 metros, capacidade do reservatório maior ou igual a 3.000.000m³ (três milhões de metros cúbicos), reservatório

que contenha resíduos perigosos, categoria de dano potencial associado médio ou alto ou categoria de risco alto (Brasil, 2020).

Tabela 5.1 Quantidade de barragens de mineração no Brasil por estado

UF	Inseridas na PNSB	Não inseridas na PNSB	Total por estado
AL	1	0	1
AM	8	7	15
AP	8	10	18
BA	15	64	79
GO	10	12	22
MA	1	1	2
MG	206	140	346
MS	6	11	17
MT	76	90	166
PA	78	36	114
PB	0	1	1
PI	0	2	2
PR	3	0	3
RJ	1	1	2
RO	10	25	35
RS	4	1	5
SC	11	3	14
SE	2	1	3
SP	20	47	67
TO	1	7	8
Total geral	461	459	920

Minas Gerais é o estado brasileiro com a maior quantidade de barragens de mineração no seu território: 346 barragens, das quais 206 estão inseridas na PNSB. Esse número pode ser justificado pelo pioneirismo da exploração mineral no estado, uma vez que as minas de ouro em Minas Gerais foram precursoras na construção de barragens de mineração no país (Tschiedel *et al.*, 2019), e pela ocorrência mineral.

A expansão da exploração mineral para outros estados se intensificou no século XX, com o aumento da demanda de exportação de minérios, principalmente do minério de ferro. Contudo, é no início dos anos 2000, no chamado superciclo mineral, que o mercado de exportação mineral se consolida (Gonçalves, 2016). Nessa nova conjuntura, responsável pelo aumento da produção de minérios e consequente gera-

ção de rejeitos, os estados do Pará e do Mato Grosso se tornaram, junto com Minas Gerais, aqueles com maior participação na exportação do setor mineral brasileiro. Mato Grosso possui hoje 166 barragens de mineração, das quais 76 estão inseridas na PNSB, ao passo que o Pará, que já ultrapassou Minas Gerais na exportação de minério de ferro (Instituto Brasileiro de Mineração, 2020), possui 114 barragens de mineração, das quais 78 estão inseridas na PNSB.

Das 461 barragens inseridas na PNSB (Tabela 5.2), 60 são classificadas com risco alto (marcadas em vermelho na Tabela 5.2), pois apresentam aspectos referentes a suas características técnicas, seu estado de conservação e/ou plano de segurança de barragens que acentuam a possibilidade de ocorrência de um desastre, conforme prevê essa classificação.

Tabela 5.2 Classificação das barragens quanto à Categoria de Risco (CRI)

UF	Alto	Médio	Baixo	Total por estado
AL	0	0	1	1
AM	2	2	4	8
AP	0	3	5	8
BA	2	3	10	15
GO	0	0	10	10
MA	0	0	1	1
MG	35	15	156	206
MS	0	3	3	6
MT	9	45	22	76
PA	6	3	69	78
PR	0	2	1	3
RJ	0	0	1	1
RO	5	2	3	10
RS	0	3	1	4
SC	0	0	11	11
SE	0	0	2	2
SP	1	6	13	20
TO	0	0	1	1
Total geral	60	87	314	461

Das sessenta barragens com categoria de risco alto, 18 delas, sendo 14 localizadas em Minas Gerais, apresentam método construtivo de alteamento a montante, proibido no país pela Resolução ANM n°13/2019 por estar ligado a diversos acidentes ocorridos

no Brasil e no exterior, cujas causas evidenciam a baixa segurança e suscetibilidade desse método a liquefação e *piping* (processo de erosão interna agravado por falhas no sistema de drenagem da barragem) (Islam; Murakami, 2021; Lin *et al.*, 2022).

Barragem classificadas com risco alto estão mais suscetíveis a falhas estruturais, se comparadas a barragens classificadas com risco médio ou baixo; porém, como essa classificação é constantemente mutável, a classificação quanto ao dano potencial associado (Tabela 5.3) torna-se igualmente relevante, pois ela se propõe a medir os impactos socioambientais relacionados a um possível acidente.

Tabela 5.3 Classificação das barragens quanto ao Dano Potencial Associado (DPA)

UF	Alto	Médio	Baixo	Total por estado
AL	1	0	0	1
AM	7	1	0	8
AP	3	4	1	8
BA	8	7	0	15
GO	10	0	0	10
MA	1	0	0	1
MG	154	33	19	206
MS	2	4	0	6
MT	26	36	14	76
PA	26	47	5	78
PR	0	3	0	3
RJ	1	0	0	1
RO	4	6	0	10
RS	1	3	0	4
SC	10	1	0	11
SE	0	2	0	2
SP	11	7	2	20
TO	1	0	0	1
Total geral	266	154	41	461

Foram identificadas 266 barragens classificadas com DPA alto (marcadas em vermelho na Tabela 5.3). Dessas barragens, 154 localizam-se no estado de Minas Gerais, sendo 91 delas barragens de rejeito de minério de ferro, que representam mais da metade dos desastres documentados pela Agência Nacional de Mineração (Guidicini, Sandroni; Mello, 2021). Os dois maiores desastres da história da mineração brasileira,

ocorridos em Mariana e Brumadinho, respectivamente em 2015 e 2019, resultaram do rompimento de barragens de minério de ferro, ambas classificadas com DPA alto.

Na classificação do DPA, a simplificação dos impactos socioambientais relacionados ao rompimento de uma barragem pode comprometer as medidas de ação emergencial a serem tomadas na sucessão de eventos pós-desastre. Isso significa que, ainda que uma barragem seja classificada com DPA alto, o nível de detalhamento dos danos associados dependerá do plano de segurança da barragem e da previsão de impactos. Esses aspectos combinam-se com a classificação quanto ao risco, que está ligado às características estruturais da barragem.

Tanto a classificação de risco, quanto a classificação do DPA são periódicas, porém, a fluidez da classificação do risco depende da condição da estrutura da barragem, que está sujeita a eventos ocasionais. Contudo, quando os agentes responsáveis, por razões distintas, não expõem problemas na condição de estabilidade da barragem, que podem levar à ruptura iminente, a barragem pode romper, mesmo estando classificada com risco baixo. Foi o que aconteceu com as barragens de Mariana e Brumadinho, classificadas com risco baixo no momento de ocorrência dos desastres.

As mudanças na legislação sobre segurança de barragens objetivam corrigir essas falhas, tanto que, conforme comentado na seção classificação sobre o risco, mudanças no estado de conservação têm sido responsáveis pela reclassificação das barragens. Outra modificação trazida pela legislação atual diz respeito à classificação quanto ao nível de alerta e emergência, que é mais diligente se comparada à classificação das barragens por classe, conforme determinava a Resolução DNPM nº 70.389/2017.

Enquanto a classificação por classe considerava apenas a relação entre risco e DPA, a classificação quanto ao nível de alerta e emergência (Tabela 5.4) considera essa relação e, também, a recorrência na identificação de anomalias na estrutura da barragem nos relatórios de inspeção regular e nas declarações de estabilidade, conformidade e operacionalidade com o Plano de Ação Emergencial de Barragem de Mineração (PAEBM).

Tabela 5.4 Classificação das barragens quanto ao nível de alerta e emergência

UF	Nível de emergência 3	Nível de emergência 2	Nível de emergência 1	Nível de alerta	Sem emergência	Total por estado
AL	0	0	0	0	1	1
AM	0	0	2	0	6	8
AP	0	0	1	0	7	8
BA	0	0	2	0	13	15
GO	0	0	0	1	9	10
MA	0	0	0	0	1	1

Tabela 5.4 Classificação das barragens quanto ao nível de alerta e emergência

UF	Nível de emergência 3	Nível de emergência 2	Nível de emergência 1	Nível de alerta	Sem emergência	Total por estado
MG	3	7	26	21	149	206
MS	0	0	0	0	6	6
MT	0	0	10	1	65	76
PA	0	0	6	0	72	78
PR	0	0	0	0	3	3
RJ	0	0	0	1	0	1
RO	0	0	5	0	5	10
RS	0	0	0	1	3	4
SC	0	0	0	1	10	11
SE	0	0	0	0	2	2
SP	0	0	1	2	17	20
TO	0	0	0	1	0	1
Total geral	3	7	53	29	369	461

Das 461 barragens inseridas na PNSB 369, mais de 80% estão sem emergência (marcadas em verde na Tabela 5.4), ou seja, não apresentam anomalias na estrutura, encontram-se estáveis e teoricamente em conformidade com o PAEBM. O maior quantitativo de barragens em nível de alerta está em Minas Gerais, 21, estado que também apresenta 26 barragens com o nível de emergência 1, 7 barragens com nível de emergência 2 (o nível de alerta e emergência 1 e 2 estão marcados em gradiente amarelo na Tabela 5.4) e três barragens com nível de emergência 3 (marcadas em vermelho na Tabela 5.4).

As barragens identificadas com nível de emergência 3 são barragens de rejeito de minério de ferro, com método construtivo de alteamento a montante e com mais de 75 metros de altura. Elas estão localizadas nos municípios de Barão de Cocais, Ouro Preto e Itatiaiuçu. São classificadas com risco e DPA alto. O que representa preocupação de rompimento iminente e risco de desastre com impactos socioambientais significativos. Contudo, não significa que o desastre ocorrerá, mas representa necessidade de cautela no controle e monitoramento dessas estruturas, tanto para os órgãos fiscalizadores quanto para os empreendedores.

O alerta deve ser também direcionado às populações que vivem a jusante dessas estruturas, combinado com mecanismos de redução de suas vulnerabilidades a risco de acidentes, em uma tentativa de conciliação entre os ganhos econômicos do setor mineral e as questões socioambientais.

5.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados do SIGBM funcionam como um mecanismo de controle dos órgãos fiscalizadores, no auxílio ao planejamento e na definição de estratégias de rastreamento de estruturas que necessitam de maior atenção. Ele requer comprometimento tanto do empreendedor, que alimenta esse banco de dados, como dos órgãos fiscalizadores, que verificam a veracidade das informações. A gestão de risco se mostra deficiente quando ocorre descompasso entre as informações fornecidas e a condição real da barragem. Os acidentes ocorridos no Brasil evidenciam esse problema e chamam atenção para a importância da transparência na exposição de dados sobre barragens de mineração.

Das 461 barragem inseridas na PNSB, 37 são classificadas com risco e dano potencial associado alto, todas elas com algum nível de emergência. Dessas, 28 localizam-se no estado de Minas Gerais, 1 no Amazonas, 3 em Rondônia, 3 no Mato Grosso e 2 no Pará.

As estruturas que apresentam maior risco de rompimento se concentram em Minas Gerais. Contudo, conforme exposto, a produção mineral tem se expandido para Mato Grosso e Pará. A manutenção da exploração em níveis elevados nesses estados pode resultar no aumento do volume de rejeitos nas barragens já existentes e na construção de novas estruturas; porém, as proposições da PNSB sobre o controle dos métodos construtivos e do monitoramento interno das barragens podem atenuar riscos.

Barragens antigas, com método construtivo de alteamento a montante ou que apresentem histórico de anomalias necessitam de particular atenção. Isso não significa que barragens que não tenham essas características também não requeiram cautela, sobretudo as que possuem dano potencial associado alto, pois, em um setor controverso como a mineração brasileira, a gestão de risco deve ser constantemente confrontada.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. *Análise de impacto regulatório (2020)*. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/regulacao/analise-do-impacto-regulatorio-air>. Acesso em: 5 abr. 2023.
- BRASIL. Lei Nº 14.066, de 30 de setembro de 2020. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 30 set.#2020. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/L14066.htm. Acesso em: 10 abr. 2023.
- BRASIL. Resolução ANM nº 95, de 07 de fevereiro de 2022. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 7 fev. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/legislacao/resolucao-no-95-2022.pdf>. Acesso em: 29 maio 2023.

- CARDOZO, F. A. C.; PIMENTA, M. M.; ZINGANO, A. C. Métodos construtivos de barragens de rejeitos de mineração – uma revisão. *Holos*, v. 8, p. 77-85, 2016.
- CARVALHO, G. B.; CORTELETTI, R. C. Proposta metodológica para previsão de impactos decorrentes de acidentes com barragens de rejeito. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 26, p. 525-34, 2021.
- CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. Resolução nº 143 de 10 de julho de 2012. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 4 set. 2012. Disponível em: https://www.snish.gov.br/Entenda_Mais/legislacao-aplicada/resolucao-cnrh-143-2012.pdf/view. Acesso em: 15 abr. 2023.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL – DNPM. Portaria nº 70.389, de 17 de maio de 2017. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 19 maio 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/portaria-dnpm-no-70-389-de-17-de-maio-de-2017>. Acesso em: 20 abr. 2023.
- GONÇALVES, R. J. A. F. Capitalismo extrativista na América Latina e as contradições da mineração em grande escala no Brasil. *Brazilian Journal of Latin American Studies*, v. 15, n. 29, p. 38-55, 2016.
- GUIDICINI, G.; SANDRONI, S. S.; MELLO, F. M. Lições aprendidas com acidentes e incidentes em barragens e obras anexas no Brasil. *Comitê Brasileiro de Barragens*. Rio de Janeiro, 2021.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO (IBRAM). *Relatório anual de atividades – dezembro de 2019, balanço de 2021*. Brasília: Ibram, 2020. Disponível em: <https://ibram.org.br/publicacoes/>. Acesso: 3 de mar. de 2023.
- ISLAM, K.; MURAKAMI, S. Global-scale impact analysis of mine tailings dam failures: 1915–2020. *Global Environmental Change*, v. 70, p. 102361, 2021.
- LEÃO, S. R.; SANTIAGO, A. M. S. Cenário das barragens de rejeito: conhecer para evitar novas catástrofes. *Ambiente & Sociedade*, v. 25, 2022.
- LIN, S. Q. *et al.* Regional distribution and causes of global mine tailings dam failures. *Metals*, v. 12, n. 6, p. 905, 2022.
- LUZ, A. B.; LINS, F. F. Comunicação técnica elaborada para o livro Tratamento de Minérios. In: *Introdução ao tratamento de minérios*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010. p. 3-20.
- PAULELLI, A. C. *et al.* Fundao tailings dam failure in Brazil: Evidence of a population exposed to high levels of Al, As, Hg, and Ni after a human biomonitoring study. *Environmental Research*, v. 205, p. 112524, 2022.
- SAES, B. M.; BISHT, A. Iron ore peripheries in the extractive boom: a comparison between mining conflicts in India and Brazil. *The Extractive Industries and Society*, v. 7, n. 4, p. 1567-78, 2020.

SÁNCHEZ, L. E. *Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos*. São Paulo: Oficina de Textos, 2020.

SISTEMA DE INFORMAÇÕES SOBRE SEGURANÇA DE BARRAGENS DE MINERAÇÃO (SIGBM). *Cadastro Nacional*. 2023. Disponível em: <https://ap.anm.gov.br/SIGBM/Publico/ClassificacaoNacionalDaBarragem>. Acesso em: 31 maio 2023.

TSCHIEDEL, A. F.; TASSINARI, L.; FAN, M. F.; PAIVA, R. C. D. Barragens e rompimentos: compilação histórica nacional e internacional. In: XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2019, Foz do Iguaçu. *Anais [...]*. Foz do Iguaçu: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2019.

Eixo 2:
Diplomacia ambiental

CAPÍTULO 6

Novas demandas de cooperação internacional: análise das implicações diplomáticas da exploração de recursos na foz do Amazonas

Alisson Felipe Moraes Neves

Milena Malteze Zuffo

Wânia Duleba¹

RESUMO

O presente capítulo visa a identificar os possíveis desdobramentos diplomáticos e as premissas a serem cumpridas pelos atores envolvidos na potencial perfuração na margem equatorial, mais precisamente no bloco FZA-M-59, sob a ótica da diplomacia ambiental e da cooperação internacional. O trabalho foi desenvolvido com uma metodologia de análise crítica baseada em uma revisão bibliográfica não sistemática e não exaustiva, utilizando-se artigos obtidos de plataformas de pesquisa e bases

1 Os autores agradecem à Susan Alves Bezerra Silva (Programa de Pós-Graduação em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade da Universidade de São Paulo), pela confecção do mapa de localização de poço exploratório da bacia da foz do Amazonas e dos recifes de corais amazônicos na margem equatorial brasileira.

de dados. Além disso, foram examinados documentos referentes ao processo de licenciamento ambiental que permitiram concluir a necessidade de uma cooperação mais abrangente entre a Petrobras e órgãos públicos brasileiros, que devem realizar articulação com a Guiana Francesa para mitigação de potenciais danos ambientais na região. Inicialmente, são abordados os compromissos globais assumidos no Acordo de Paris para reduzir as emissões de gases de efeito estufa. Em seguida, discute-se o papel da diplomacia ambiental brasileira ao longo do tempo e a importância da preservação da Amazônia para o cumprimento de metas. Utilizando-se a metodologia, constatou-se que, para o licenciamento ambiental ser bem-sucedido, é necessário que a Petrobras assegure um plano de contingência em relação a eventuais acidentes. A empresa também deve cooperar com os demais *stakeholders*, principalmente devido à recente descoberta de ecossistemas recifais, que amplia as preocupações com possíveis derramamentos de petróleo. A precariedade de estudos abrangentes nessa área complica o processo e a proximidade geográfica com a Guiana Francesa destaca a necessidade de articulação conjunta, configurando em um caso inédito para o licenciamento de petróleo e gás brasileiro.

Palavras-chave: exploração de petróleo; foz do Amazonas; cooperação internacional; diplomacia ambiental; margem equatorial.

NEW INTERNATIONAL COOPERATION DEMANDS: ANALYSIS OF THE DIPLOMATIC CONSEQUENCES OF THE AMAZON MOUTH EXPLOITATION

ABSTRACT

This paper aims to identify possible diplomatic consequences and the requirements to be met by the stakeholders involved in the potential Equatorial Margin drill, specifically the FZA-M-59 Block, in the light of environmental diplomacy and international cooperation. The study was conducted using a critical analysis methodology based on a non-systematic and non-exhaustive literature review, utilizing papers obtained from research platforms and databases. Documents related to the environmental licensing process in Brazil were also analyzed, from which it was possible to conclude the need for broader cooperation between Petrobras and Brazilian public entities, which must engage with the French Guiana to mitigate potential environmental damages in the region. First, it addresses Brazil's global commitments under the Paris Agreement to reduce greenhouse gas emissions. It then discusses the role of Brazilian environmental diplomacy over time and the importance of preserving the Amazon rainforest to achieve targets. Applying the scientific methodology, the findings indicated that a successful environmental license requires the submission by Petrobras of

a contingency plan to address possible accidents. The company must also cooperate with stakeholders, mainly due to the recent discovery of reef ecosystems, which raises concerns about the possibility of oil spills contaminating. The lack of comprehensive studies in this region hinders the environmental licensing process, and there is a need for international cooperation due to its proximity to French Guiana, turning it into an unprecedented case in Brazilian environmental licensing regarding oil and gas.

Keywords: oil exploitation; Amazon mouth; international cooperation; environmental diplomacy; equatorial margin.

6.1 INTRODUÇÃO

A necessidade de transição da matriz energética é reconhecida e defendida pela comunidade científica e pela Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima – em inglês, *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC). Como signatário do Acordo de Paris, tratado aprovado por 195 países da UNFCCC, o governo brasileiro se comprometeu a aderir às metas globais conhecidas como Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDC). Essas metas visam a reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) em 37% até 2025, com base nas liberações de 2005, e em 43% até 2030. Todavia, o aquecimento global é resultado de vários fatores interligados, que possuem impactos sinérgicos, não se limitando apenas ao uso de combustíveis fósseis, mas a ocorrências como o desmatamento e as queimadas.

Segundo o estudo de Duleba *et al.* (2022), o Brasil está cumprindo, em geral, com o tratado. No entanto, ressalta que o desmatamento desenfreado e o aumento das queimadas, junto com a redução das políticas públicas socioambientais e o corte de recursos destinados à prevenção das mudanças climáticas, estão indo na direção oposta à agenda internacional. Os autores concluem que, se o Brasil continuar com essas práticas prejudiciais ao meio ambiente, será difícil cumprir a NDC até 2025.

Priorizar as ações baseadas na cooperação é imprescindível para enfrentar tais desafios. O cumprimento dessas metas globais requer esforços coordenados e ações concretas, enquanto práticas prejudiciais ao meio ambiente podem minar o cumprimento da NDC. Dessa forma, considerando-se um contexto global de busca por soluções sustentáveis, é preciso considerar os efeitos de decisões como a exploração de petróleo na margem equatorial, que podem entrar em conflito com os empenhos internacionais para enfrentar as mudanças climáticas.

Situada próxima à Linha do Equador, a margem equatorial brasileira é uma região que se estende do litoral do Rio Grande do Norte ao Amapá, representando uma nova fronteira exploratória em águas profundas e ultraprofundas (Figura 6.1). Essa área abriga diversas características geológicas significativas, incluindo o Cone do Amazonas, a Cadeia Norte Brasileira, Fernando de Noronha, a elevação do Ceará e cinco bacias sedimentares: foz do Amazonas, Pará-Maranhão, Barreirinhas, Ceará e Potiguar (Mohriak, 2003; Milani *et al.*, 2000).

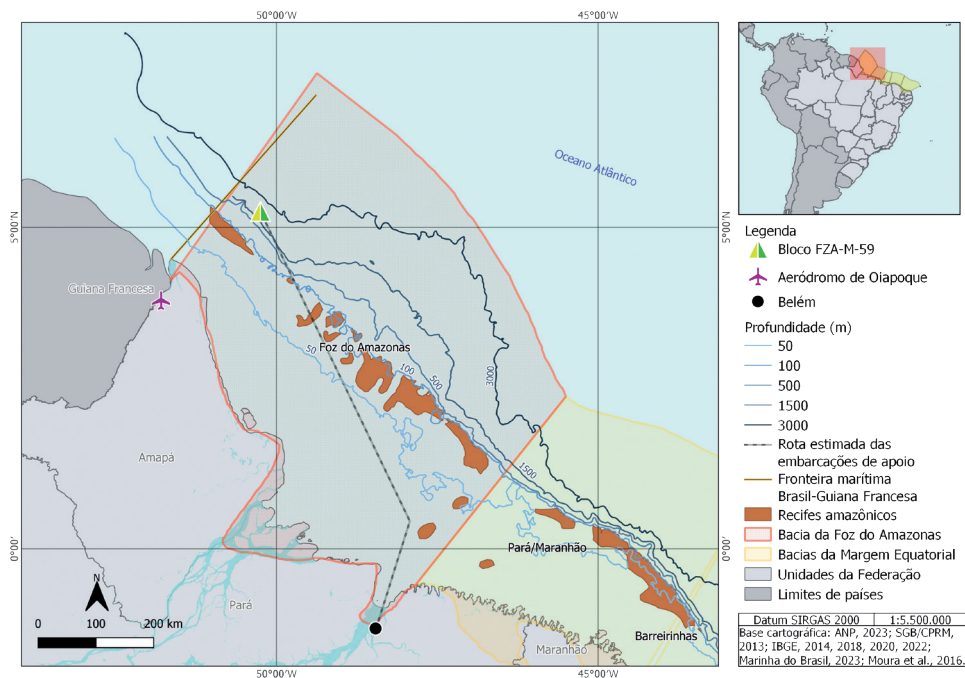


Figura 6.1 Mapa de localização de poço exploratório, da bacia da foz do Amazonas e dos recifes de corais amazônicos na margem equatorial brasileira.

A bacia da foz do Amazonas, localizada na porção oeste dessa região, abrange uma área equivalente à do estado do Mato Grosso do Sul, estendendo-se da Baía de Marajó, no Pará, até a fronteira com a Guiana Francesa. A prospecção de petróleo na região Amazônica começou alguns anos após a criação da Petrobras, em 1954, uma vez que a empresa tinha essa região como grande promessa nacional, tendo perfurado cerca de 100 poços na parte terrestre até o abandono do projeto amazônico em razão da ausência de resultados positivos (Morais, 2013; 2023).

Apesar dos históricos insucessos, a região ganhou destaque recentemente devido às grandes descobertas de petróleo na Guiana, no Suriname e na Guiana Francesa, tornando-a mais promissora (Pires-do-Rio, 2023; ANP, 2021). Na Guiana, a Exxon-Mobil,² uma multinacional estadunidense do setor de petróleo e gás que opera no país desde 2008, descobriu 11 bilhões de barris em apenas 8 anos, equivalente a 75% das reservas totais de petróleo do Brasil, incluindo o pré-sal (EXXON, 2015). A região da foz do Amazonas também compartilha semelhanças geológicas com as

2 Disponível em: <https://corporate.exxonmobil.com/Locations/Guyana/News-releases/ExxonMobil-announces-significant-oil-discovery-offshore-Guyana> Acesso em: 13 Set. 2023.

margens da Costa Oeste africana (por exemplo Gana e Costa do Marfim), sugerindo um potencial petrolífero significativo (Barros-Filho; Gomes; Zalán, 2021).

Devido a isso, até o momento já foram realizados levantamentos sísmicos e 95 poços exploratórios na bacia da foz do Amazonas por busca de petróleo em águas ultraprofundas (Abelha, 2023). Estimativas indicam que a bacia Pará-Maranhão, uma das bacias da margem equatorial, pode conter entre 20 e 30 bilhões de barris, o que equivale à metade das reservas descobertas até o momento no pré-sal.

Após a conclusão do protocolo e o estudo de impacto ambiental pela BP Energy do Brasil Ltda., junto com a realização de audiências públicas em 2017, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) foi notificado sobre a transferência dos direitos exploratórios. Essa transferência acarretou a mudança da titularidade do processo de licenciamento ambiental para a Petrobras, em 2020, como parte de seus esforços para repor suas reservas de petróleo (Figura 6.1).

O pedido foi negado pelo Ibama em maio de 2023 porque haveria “inconsistências técnicas”, e a área de exploração representaria “alta vulnerabilidade socioambiental”, conforme Despacho nº 15786950/2023-Gabin (Ibama, 2023a). O órgão alega a necessidade de estudos estratégicos na bacia, preocupações com impactos sobre comunidades indígenas devido ao sobrevoo de aeronaves e a necessidade de um plano de resposta a vazamentos de óleo. Além disso, apresenta altos índices de fragilidade por englobar Unidades de Conservação, terras indígenas, mangues e abrigar biodiversidade marinha com espécies ameaçadas de extinção (Ibama, 2023a; 2023c).

A falta de estudos abrangentes sobre essa região, considerada remota pelos técnicos do Ibama, dificulta o processo de licenciamento ambiental (Ibama, 2023b; Ibama; 2023c). Além disso, a proximidade fronteiriça com a Guiana Francesa implica a necessidade de cooperação internacional. Essa interação foi considerada inédita no processo de licenciamento nacional de petróleo e gás, uma vez que não se refere à exploração em si, mas, sim, à potencial mitigação de danos ambientais. Dessa forma, recomendou-se a inclusão do Itamaraty para articular essa relação.

Devido à escassez de estudos sobre essas interações e considerando princípios do Acordo de Paris, o presente capítulo visa a compreender os potenciais impactos diplomáticos e as exigências dos *stakeholders* envolvidos para a realização de uma eventual perfuração na margem equatorial, especificamente no bloco FZA-M-59, do ponto de vista da diplomacia ambiental e da cooperação internacional. Essa análise teve como finalidade identificar os atores envolvidos no processo de licenciamento ambiental e mapear as possíveis oportunidades de cooperação entre o Brasil e a Guiana Francesa, com o intuito de prevenir possíveis vazamentos de óleo na região.

É necessário destacar, nesse sentido, que a pesquisa não teve como objetivo desqualificar a relevância da Petrobras no mercado nacional, tampouco negligenciar o

alto desempenho da empresa em matérias relacionadas a risco ambiental. A Petrobras é reconhecidamente uma das empresas líderes em sustentabilidade (Bremenkamp; Almeida; Pereira, 2011), tendo recebido nota máxima nos critérios de Relatório Ambiental, Riscos Relacionados à Água e Relatório Social do índice Down Jones de Sustentabilidade (Petrobras, 2022).

Este capítulo se divide em quatro partes. Primeiro, é apresentada a agenda internacional de desenvolvimento sustentável e combate às mudanças climáticas, abordando o tradicional protagonismo do Brasil nas discussões internacionais. Em seguida, a estratégia de diplomacia ambiental brasileira é analisada com o objetivo de possibilitar a análise realizada no terceiro tópico sobre o papel fundamental da conservação da biodiversidade amazônica para manutenção da coerência da política externa ambiental. O quarto tópico se destina ao estudo dos impactos ambientais e diplomáticos da exploração da foz do Amazonas.

6.2 METODOLOGIA

A pesquisa foi concentrada na revisão bibliográfica não sistemática e não exaustiva de artigos, livros, pareceres técnicos, legislação nacional e legislação internacional. Partindo da análise do despacho denegatório de licenciamento ambiental emitido pelo Ibama, foram identificados os principais argumentos que fundamentaram a decisão, a saber: (i) necessidade de cooperação internacional; (ii) princípio da precaução; (iii) vulnerabilidade socioambiental; (iv) ausência de cumprimento de requisitos legais.

A identificação dos elementos que compuseram a decisão do órgão competente possibilitaram a escolha das palavras-chave de pesquisa que foram utilizadas para a seleção das fontes primárias analisadas. Nesse sentido, foram utilizadas as seguintes palavras-chave para a pesquisa: “*climate change regime*”, “*climate change framework*”, “*Brazil and climate change policies*”, “*carbon market*”, “*carbon leakage*”, “*Paris Agreement*”, “*Amazonia and climate change*”, “*international cooperation*”, “*environmental mitigation*”, “diplomacia ambiental brasileira”, “política externa ambiental”, “Amazônia e mudanças climáticas”, “foz do Amazonas e mudanças climáticas”, “Brasil e mercado de carbono”, “exploração da foz do Amazonas”, “*Amazon mouth*”, “*oil exploitation*”, “*Amazonia and mouth*” e “*IPCC and Amazon*”.

Os documentos analisados foram recuperados nas seguintes plataformas: Dedalus USP, HeinOnline, JStor, Oxford Academic, Cambridge University Press, Science Direct, SSRN, Banco de Teses da USP, Portal de Periódicos da Capes e Brill. O escopo temporal foi limitado à data de publicação mais recente disponível até julho de 2023. Não foi definido um intervalo de início, pois esse dado foi fornecido pelas próprias publicações.

A legislação nacional foi identificada a partir do site do planalto federal, enquanto os pareceres emitidos pelo Ibama foram identificados no repositório mantido pelo próprio órgão.³ Os documentos normativos internacionais foram acessados a partir dos repositórios mantidos por organizações internacionais. Foram analisados pareceres técnicos emitidos por duas partes fundamentais: o Ibama (2023; 2023), e a Petrobras; além do Repositório do Ibama, referente à perfuração da bacia da foz do Amazonas.⁴

Para a elaboração do mapa, foram utilizados arquivos vetoriais no formato *shapefile*, disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis do Brasil (ANP), pela Marinha do Brasil, pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM) e por Moura *et al.* (2016).

As bases cartográficas do IBGE utilizadas são as fronteiras dos países (2018) e os limites das unidades da federação brasileira (2022); também os dados de uso do solo (2020) filtrados para representarem apenas os corpos d'água dos estados do Amapá e Pará; os aeródromos (2014), filtrados para representar apenas o Aeródromo de Oiapoque e; para representar a localização do município de Belém (PA), foi utilizado o dado para os municípios brasileiros (2022) e projetado o centroide do polígono para gerar apenas um ponto de referência.

A batimetria utilizada é disponibilizada pelo SGB/CPRM (2013) de 30 m, filtrada para representar apenas as profundidades de 50 m, 100 m, 500 m, 1.500 m e 3.000 m; a fronteira marítima entre Brasil e Guiana Francesa pela Marinha do Brasil (2023); as bacias sedimentares brasileiras foram disponibilizadas pelas ANP (2023) e foram filtradas para representar apenas as da margem equatorial brasileira, com destaque para a bacia da foz do Amazonas. Os recifes de corais amazônicos são os disponibilizados por Moura *et al.* (2016).

E, por fim, a área do bloco de exploração FZA-M-59 foi projetada a partir das coordenadas fornecidas pela Petrobras (2021), e a rota das embarcações de apoio foi estimada com base no material disponibilizado pela mesma fonte, resultando em uma rota com extensão aproximada de 784 quilômetros.

3 Disponível em: <http://licenciamento.ibama.gov.br/Petroleo/Perfuracao/Perfuracao%20-%20bacia%20da%20foz%20do%20Amazonas%20-%20Bloco%20FZA-M-59%20-%20BP/> Acesso em: 15 Set. 2023.

4 Idem.

6.3 FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA

6.3.1 A exploração de petróleo e o regime internacional de mudanças climáticas

O regime internacional de mudanças climáticas foi positivado por meio da UNFCCC, que estabeleceu o dever dos estados-membros de reportar internacionalmente suas emissões de GEE e adotar medidas em nível nacional para combater ou mitigar os efeitos das mudanças climáticas (Bodansky *et al.*, 2016). Tanto o Protocolo de Kyoto quanto o Acordo de Paris foram adotados a partir do regime estabelecido pela UNFCCC (Nanda; Pring, 2013). Apesar de ser alvo de diversas críticas, o Protocolo de Kyoto foi relevante para chamar a atenção para a necessidade de cooperação e participação dos principais atores responsáveis pela emissão de GEE (Nanda; Pring, 2013).

As discussões e medidas internacionais adotadas em relação às mudanças climáticas são guiadas por diversos princípios estabelecidos no artigo 3(1), como o princípio das responsabilidades comuns, porém diferenciadas (CBDR), segundo o qual a preservação deve ser realizada em benefício desta e das próximas gerações com base na equidade e considerando a capacidade dos Estados. O princípio CBDR não foi aplicado de forma estática ao longo dos anos, tendo evoluído a partir das discussões nos fóruns internacionais que abordaram o tema das mudanças climáticas (Ladly, 2012).

Nesse contexto, o princípio foi incluído de uma forma inovadora no Acordo de Paris por considerar os conceitos de mitigação, adaptação, financiamento, tecnologia, desenvolvimento de capacidades e transparência (Bodansky *et al.*, 2016). O Acordo de Paris buscou garantir a participação dos grandes atores poluidores ao adotar um sistema *bottom-up*, segundo o qual os Estados-Membros são obrigados apenas a prestar informações relacionadas à sua NDC (Chasek, 2021). É por meio da NDC que os países signatários se comprometem a adotar medidas para atingir as metas de redução das emissões de GEE do Acordo de Paris, conforme definido no artigo 4. As NDC se diferenciam em relação ao tipo e ao grau de ambição, ficando a cargo dos países desenvolver as NDC que melhor se adequem a sua realidade e capacidade. Em razão dessa liberalidade, o Acordo de Paris pode ter como consequência a criação de distorções entre os regimes de mitigação dos efeitos das mudanças climáticas entre os países-membros, o que pode promover, por exemplo, o que tem sido nomeado fuga de carbono (Mehling *et al.*, 2019).

A fuga de carbono ocorre quando, em razão das diferenças legislativas entre países para enfrentar problemas relacionados a emissões de GEE, a operação de produção de bens da indústria é alterada para ser localizada em um país que possua normas menos rígidas e que tenham, assim, menor impacto no valor final da produção (Ai-

chele; Felbermayr, 2015). No contexto das discussões sobre fuga de carbono e políticas nacionais para mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, estão as pesquisas sobre transição energética, que estaria no centro da regulação das emissões (Grubb *et al.*, 2022). A necessidade de transição energética mundial também é defendida a partir das metas globais estabelecidas no Acordo de Paris (manter o aumento das temperaturas globais em menos de 2° C acima do período pré-industrial), que só seriam atingidas com o que Claes e Hveem (2016) nomearam *mudanças radicais no sistema energético*.

Em seu estudo, Claes e Hveem (2016) apresentam quatro opções para a redução das emissões de GEE e redução do consumo de petróleo. A primeira seria o sequestro de carbono antes de sua emissão, que seria uma boa opção para a indústria imóvel (como fábricas), mas improvável de ser aplicada para transportes e locomoções. Uma segunda opção seria o investimento no desenvolvimento de tecnologias que teriam como objetivo melhorar a eficiência energética, mas haveria um possível efeito adverso resultante no aumento do consumo (como a compra de mais carros eficientes), que levaria a um aumento das emissões (Claes; Hveem, 2016). A terceira opção apresentada é a substituição do petróleo por fontes alternativas renováveis, mas cuja implementação dependeria da viabilidade comercial (custo e benefício) (Claes; Hveem, 2016). A quarta estratégia apresentada seria explorar as tendências de demanda, que poderiam incentivar o uso de fontes renováveis (Claes; Hveem, 2016).

A transição energética pela substituição das fontes tradicionais de energia por fontes renováveis parece, em uma análise simplista, algo idealizado e pouco provável, mas a revisão bibliográfica indica projeção de queda do consumo do petróleo em relação aos demais combustíveis de 30 para 21 ou 22% até 2040 (Akaev; Davydova, 2020). Em seu estudo, Akaev e Davydova (2020) apontaram que a mudança para matriz energética renovável já seria uma realidade e compararam a transição energética do petróleo para energias renováveis com mudanças na matriz energética globais que ocorreram anteriormente, como a transição da madeira para o carvão e do carvão para o petróleo, indicando que a diferença, nesse caso, seria o tempo disponível para que a transição fosse concluída, uma vez que o tempo médio teria sido de sessenta anos, enquanto haveria um desejo internacional de que a nova transição fosse concluída em trinta anos em razão das mudanças climáticas (Akaev; Davydova, 2020).

Deve-se destacar, nesse sentido, as discussões em fóruns internacionais setoriais, como a Organização Marítima Internacional (OMI) e a Organização da Aviação Civil Internacional (OACI), que têm adotado agendas para promoção da descarbonização dos setores. No âmbito das medidas adotadas para a redução das emissões de GEE do setor marítimo internacional, a OMI tem mantido um projeto para incentivar o desenvolvimento de novas tecnologias e alteração da matriz energética dos navios para

fontes renováveis, como hidrogênio e amônia.⁵ A OACI também aprovou medidas aplicáveis ao setor da aviação civil e que tem como um dos objetivos a identificação de uma nova matriz energética renovável para o setor, como os biocombustíveis.⁶

A União Europeia também adotou medidas que fomentam uma transição energética em razão do Acordo de Paris. As metas são ambiciosas, uma vez que há uma intenção de que ao menos 27% da energia consumida sejam de fontes renováveis até 2030 (Thieffry, 2016). O biocombustível seria um mercado promissor para o Brasil, na medida em que o país é classificado como um dos maiores produtores e consumidores de biocombustível no mundo. A sua ampla experiência é evidenciada em razão do pioneirismo na produção de etanol, bem como por possuir um arcabouço legal relativamente consolidado junto com políticas públicas de incentivo à produção de biocombustíveis, destacando-se a Lei 13.576/2017, que instituiu a Política Nacional de Biocombustíveis (Vidal, 2019).

Portanto, foi possível verificar que, apesar de o Acordo de Paris não ter estabelecido uma obrigação internacional para os países mudarem a sua matriz energética, as metas globais de mitigação do aquecimento global e redução das emissões de GEE fortaleceram uma discussão da comunidade internacional em diminuir o uso de combustíveis fósseis e aumentar a utilização de fontes renováveis. Como apontado, já existem medidas concretas sendo adotadas em níveis internacionais e regionais, especialmente em relação aos setores marítimo e de aviação civil.

6.3.2 O posicionamento brasileiro sob a perspectiva da diplomacia ambiental

Historicamente, questionou-se a competência brasileira perante a proteção dos seus biomas, principalmente o amazônico, tendo sido alvo de uma série de críticas haja vista o debate internacional. Nesse cenário, a crítica internacional acerca do modelo de desenvolvimento brasileiro contestava as noções de desenvolvimento dos anos de 1960, que consistiam, basicamente, na consolidação da indústria e na expansão do setor agropecuário. De acordo com Lago (2013), a percepção das nações de que o Brasil não poderia conservar efetivamente a Amazônia foi acentuada a partir da Convenção de Estocolmo, em 1972, e pelos significativos incêndios no bioma ao longo da década de 1980.

5 Disponível em: <https://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/pages/Future-Fuels-and-Technology.aspx>. Acesso em: 16 set. 2023.

6 Disponível em: <https://www.icao.int/environmental-protection/pages/climate-change.aspx>. Acesso em: 16 Set. 2023.

É válido destacar que, na época em que a Convenção de Estocolmo foi negociada, o Brasil adotou um posicionamento mais forte e alinhado aos países do G7, no sentido de que as discussões ambientais representariam um potencial entrave ao desenvolvimento econômico dos países em desenvolvimento (Lisboa, 2002; França, 2010). O posicionamento do país evoluiu ao longo dos anos, sendo a Conferência do Rio um marco relevante para a diplomacia ambiental brasileira, na medida em que o país passa a se posicionar de forma ativa também nas questões de proteção e preservação ambiental.

As tratativas na esfera ambiental passaram a ter impactos nas negociações de comércio e financiamento, o que chamou a atenção para os riscos de expansão econômica de nações em desenvolvimento. Mesmo com a intensa pressão internacional, o Brasil optou por não apenas seguir um modelo mandatório de conservação, mas também defender suas ambições de crescimento durante importantes conferências e cúpulas internacionais, como a Conferência do Rio, a Cúpula de Joanesburgo e a Rio+20. Com isso, embora o país seguisse com uma economia baseada em políticas contestáveis pela avaliação externa, implementou-se uma agenda ambiental a partir da institucionalização de leis e órgãos dedicados à proteção dos ecossistemas e da biodiversidade.⁷ Nesse período, o que favoreceu o alinhamento com as especificidades nacionais foi a compreensão de parte da sociedade civil acerca dos desafios socioambientais, o que possibilitou a adoção de legislações ajustadas às necessidades locais (Lago, 2013).

6.3.3 O papel do Amazônia na agenda brasileira ambiental

A liderança brasileira nos fóruns internacionais ambientais é colocada em discussão por ao menos parte dos pesquisadores (Teixeira-Júnior, 2009; Lisboa, 2002), sendo a atuação brasileira em relação ao regime internacional de mudanças climáticas apontada como uma exceção. Nesse contexto, Viola (2002) defende que a perspectiva internacional sobre a Amazônia abre espaço para que o país tenha destaque nos fóruns ambientais, especialmente relacionados à mudança do clima, ainda que esse espaço não seja aproveitado pelo Brasil de forma ideal.

A Amazônia ocuparia um papel dicotômico na política nacional. Enquanto as discussões internas são marcadas por um conflito entre as pautas de preservação ambiental e de setores que estão historicamente atrelados ao desflorestamento da

7 É importante ressaltar que, mesmo que o Brasil esteja comprometido com diferentes convenções voltadas à preservação socioambiental e tenha criado regulações específicas para monitorar as suas políticas, ainda existem dificuldades para a efetiva fiscalização, sobretudo por conta de limitações financeiras e de pessoal, vide, por exemplo, o estudo de Tozato (2017).

região (como garimpos e indústria madeireira), os debates em fóruns internacionais são amplamente marcados por interesses da sociedade internacional na preservação da Amazônia (Teixeira-Júnior, 2009).

Embora o Brasil tenha uma matriz energética relativamente limpa, com destaque para a hidreletricidade, caracterizada pela baixa intensidade de carbono, e bioenergia, sua política energética ainda permanece centralizada no uso de combustíveis fósseis (Lima, 2010; Lazaro *et al.*, 2022). A preservação da Amazônia é fundamental para o fortalecimento do Brasil nos fóruns internacionais de mudanças climáticas, uma vez que, mesmo que possua essa dependência energética, o país ainda se destoa dos demais países emergentes (Lima, 2010).

Nesse sentido, o relatório-síntese do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) (2023) evidencia a necessidade de se reduzirem as emissões de gases de efeito estufa em 60% até 2035, a fim de se evitar um aumento médio de 1,5 °C na temperatura global. Para se alcançar esse objetivo, o IPCC indica que é preciso adotar medidas sustentáveis, que incluem a implementação de tecnologias, políticas públicas, cooperação internacional e a transição energética para reduzir as emissões de gases de efeito estufa, além de acesso a financiamento para a descarbonização.

6.4 ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS E DIPLOMÁTICOS DA EXPLORAÇÃO DE PETRÓLEO NA FOZ DO AMAZONAS

Em 2016, com a descoberta de um ecossistema recifal mesofótico na foz do Amazonas que pode ter mais de 56 mil km² (Moura *et al.*, 2016; Francini-Filho *et al.*, 2018), a preocupação sobre a possível exploração, em razão da possibilidade de contaminação com um eventual vazamento de óleo, aumentou significativamente. Nesse aspecto, considerando-se a biodiversidade presente no local e os modelos de processos de licenciamento ambiental para exploração e produção (E&P) de petróleo e gás, existe a necessidade de uma avaliação dos potenciais impactos da atividade na vida selvagem e nos ecossistemas naturais da região afetada.

Com isso, exigiu-se que a Petrobras fornecesse um Plano de Proteção à Fauna (PPAF) para a avaliação da Atividade de Perfuração Marítima no bloco FZA-M-59. No entanto, o Ibama (2023) conclui que o PPAF apresentado é insuficiente porque a empresa não teria assegurado garantias de resgate e reabilitação efetiva da fauna em caso de acidentes de derramamento de óleo. Nesse contexto, o Ibama chamou a atenção para um incidente que teria ocorrido em 2011, durante as atividades no bloco FZA-M-252, localizado a 126 quilômetros da costa, quando as fortes correntes da região ocasionaram o abandono da operação em razão da perda da posição da sonda SS-52, que somente foi recuperada quatro dias depois do incidente, com pequeno vazamento de óleo hidráulico (Ibama, 2023c).

Conforme evidenciado na Figura 6.1, o Grande Recife Amazônico (GARS) possui uma extensão aproximada de 9.500 km², com profundidade entre 30 e 120 metros, havendo registros em um trecho relativamente longo da plataforma externa e encosta superior (aproximadamente entre 50 e 1000 quilômetros) (Moura *et al.*, 2016). O bloco FZA-M-59, por sua vez, teria uma área de 766 km², com profundidade aproximada de 3 mil metros e uma distância de 159 quilômetros da costa brasileira (Ibama, 2023c). Nesse contexto, na forma explicada pelo Ibama, a localização e a profundidade do Bloco FZA-M-59 faria com que um possível acidente ambiental fosse afetado pela Corrente Norte do Brasil, que estaria alimentando a Contra Corrente Norte Equatorial, ou seja, levando o vazamento de óleo para os países vizinhos (Ibama, 2023c). Essa informação também foi pontuada pela Petrobras, que afirmou que a modelagem indicou que um possível acidente ambiental não teria impactos sobre a região costeira nacional (Ibama, 2023c).

Ainda assim, de acordo com a pesquisa realizada por Banha *et al.* (2022), uma parcela inferior a 5% do extenso ecossistema recifal foi estudada. Essa insuficiência de dados científicos e de informações sobre o ecossistema recém-descoberto impede a realização de uma efetiva conservação. Com isso, os autores apontam cinco necessidades para o processo de preservação desta região:

- 1) developing accurate maps and predictive models for marine habitats and anthropogenic threats, 2) descriptions of spatio-temporal patterns in biodiversity and oceanographic parameters, 3) assessments of fish stocks (catch, effort and basic biological parameters), 4) socio-economic reliance on coastal and marine resources and 5) conservation planning initiatives for the implementation of area-based management tools such as the establishment of marine protected areas (Banha *et al.*, 2022, p. 4).

Sem prejuízo das conclusões atingidas em razão falta de conhecimento científico sobre a biodiversidade marítima local (Banha *et al.*, 2022), é relevante pontuar que a Petrobras não seria pioneira na exploração da região, já que a margem equatorial tem sido explorada pela Guiana e pelo Suriname ao menos desde 2012 (Silva *et al.*, 2021). Assim, o tema também surge como uma oportunidade de cooperação internacional para pesquisa marinha sob o ponto de vista da Década das Nações Unidas da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável,⁸ de modo a fomentar o conhecimento do Brasil e de países vizinhos sobre o local e promover o desenvolvimento sustentável regional.

8 Disponível em: <https://oceandecade.org/>. Acesso em: 16 set. 2023.

Outro empecilho para a execução do processo de licenciamento ambiental é a sua difícil acessibilidade, situada próxima à fronteira com a Guiana Francesa, um território ultramarino da França. Essa proximidade pode ocasionar potenciais conflitos transfronteiriços em caso de acidental poluição, que serão analisados a seguir (Ibama, 2023c; Moura *et al.*, 2016; Francini-Filho *et al.*, 2018). A localização do bloco FZA-M-59 foi destacado como um ponto de atenção pelo Ibama (2023c) no Parecer Técnico nº 128/2023-Coexp/CGMac/Dilic no âmbito do pedido de licenciamento ambiental apresentado pela Petrobras.

O objetivo do parecer foi a análise da modelagem de óleo submetida pela Petrobras em resposta ao parecer emitido anteriormente e relacionado à Avaliação Ambiental de Área Sedimentar (AAAS). O parecer é relevante na medida em que fundamenta o motivo pelo qual a região é considerada de difícil acesso e as consequências práticas desse fato do ponto da prevenção e mitigação de danos ambientais, inclusive do ponto de vista internacional. Ao avaliar o Plano de Emergência Individual (PEI), o Ibama (2023c) explicou que a modelagem de óleo submetida indicava que, em caso de vazamento de óleo, a Guiana Francesa será diretamente afetada em até 10 horas, no caso de pequenos e médios vazamentos, e em até 15 horas, em grande vazamento. Nesse contexto, o Ibama (2023a; 2023) explicou que a base terrestre de apoio mais próxima estaria a 43 horas do bloco, considerando-se boas condições de navegação, mas que esse tempo deve ser maior à medida que o vazamento ocorrer, enquanto manteria “embarcação rápida e dedicada de manejo de fauna” nas intermediações do Porto de Belém, as quais teriam um tempo estimado de mobilização e deslocamento entre 26 e 35 horas. Ainda segundo o Ibama (2023c), o apoio internacional é preciso para o sucesso do PEI porque, na forma indicada na modelagem, as embarcações deverão sair da Guiana Francesa, uma vez que a base de apoio nacional mais próxima com estrutura disponível apresenta tempo estimado de deslocamento de 98 a 118 horas.

Assim, a modelagem apresentada tem como pressuposto fundamental para o seu sucesso a cooperação internacional com a Guiana Francesa para preservação e mitigação de danos ambientais, sendo esse um modelo de cooperação tido como inédito nos pedidos de licenciamento ambientais nacionais, justificando-se o imprescindível envolvimento do Itamaraty para garantir que a outorga da licença. Na publicação de Moura *et al.* (2016), os pesquisadores já apontaram a proximidade fronteira como um fator agravante na complexidade de operações petrolíferas em termos ambientais, indicando a urgência de uma “avaliação socioecológica” mais abrangente da área de recifes mesofóticos, a fim de se evitarem complicações generalizadas. Nesse sentido, entendendo a falta de precedentes desta situação para o licenciamento federal petrolífero, bem como os riscos de danos ambientais transfronteiriços e a necessidade de

cooperação internacional, o Despacho nº 15786950/2023-Gabin traz luz à imprescindibilidade de envolvimento do Ministério das Relações Exteriores nessa avaliação.

Na forma destacada pelo próprio Ibama (2023a) por meio do despacho em referência, é necessário esclarecer que se trataria de uma forma nova de cooperação internacional sob a ótica do licenciamento ambiental de petróleo e gás, uma vez que a cooperação não se insere no âmbito da exploração em si (toda a área de exploração estaria em território nacional), mas há uma necessidade de cooperação limitada a um possível dano ambiental. Seria natural o diálogo com os países vizinhos, uma vez que um possível desastre ambiental poderia afetar o território francês, já que a França teria potencial legitimidade internacional para reclamação de danos causados, incluindo a possibilidade de demandas em cortes internacionais, como a Corte Internacional de Justiça ou o Tribunal Internacional para o Direito do Mar. No caso de uma tragédia ambiental, cujas chances podem ser consideradas baixas em razão do histórico da Petrobras abordado anteriormente neste capítulo (Barros-Filho; Gomes; Zalán, 2021), o dano deverá ser abordado também como crise diplomática, devendo o Itamaraty ser envolvido nessa questão. Em síntese, as consequências das operações petrolíferas podem gerar efeitos como disputas e negociações sobre responsabilidades, compensações e medidas de mitigação (Sands; Peel, 2018).

Ocorre que a cooperação internacional demandada nesse caso específico seria para a prevenção internacional de desastres ambientais, uma vez que a modelagem apresentada depende do uso das bases localizadas no território francês. Assim, a inovação estaria na abordagem do tema, uma vez que a regra de que um Estado não deve causar danos ambientais a outro (que se desdobra nos deveres de prevenção, mitigação e compensação de danos) já está sedimentada no direito internacional ambiental, mas prevenção internacional de desastres ambientais por meio de cooperações bi e multilaterais seria de fato um assunto novo (Tarlock, 2016).

Nesse contexto, a ausência de diálogo internacional poderia afetar, no caso de um dano real, a cooperação em diversas esferas, como comércio, ciência e cultura. É relevante destacar que o Brasil tem estreitado laços diplomáticos com esses países com a finalidade de preservação ambiental, evidenciada pelo crescente interesse das nações europeias, incluindo a França, em contribuir com o Fundo Amazônia que se destina à preservação da floresta (MRE, 2023).

Por fim, a ausência de AAAS também foi indicada como fator para justificar a negativa do órgão ambiental. No despacho denegatório, o Ibama (2023a) afirmou que a equipe técnica teria identificado “questões substantivas” em relação aos impactos sobre comunidades indígenas e que esses pontos não teriam sido previstos e dimensionados no EIA apresentado, impedindo a validação do estudo. Essa preocupação decorre da indicação, pela Petrobras, de uso do aeródromo de Oiapoque, indicado

na Figura 6.1, que estaria a 830 quilômetros do Bloco e apresentaria um tempo médio de 43 horas de navegação até o local a ser explorado (Ibama, 2023c). A operação partindo da base terrestre identificada teria como implicação o voo sobre terras indígenas (com aumento de 3.000% no número de voos na região), potencialmente afetando as terras Galibi, Uaçá e Jumina, ou seja, com consequências diretas para os povos indígenas Galibi Kali'na, Galibi Morworno, Karipuna, Palikur Arukwayene e Galibi (Ibama, 2023c).

Nesse contexto, o Ibama defendeu a necessidade de realização da AAAS como mecanismo mais adequado para garantir o respeito ao princípio da precaução. Contudo, deve-se esclarecer que a falta de AAAS não se deu por culpa da Petrobras, já que a implementação dessa análise é de competência conjunta dos Ministérios do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA) e de Minas e Energia (MME). Ou seja, a eficácia da regra de criação do AAAS é limitada a (depende da) sua efetiva implementação, devendo-se aplicar a regra subsidiária prevista no artigo 27 da Portaria Interministerial nº 198/2012 para casos de ausência de AAAS, de modo a não prejudicar o desenvolvimento do país pela inércia dos órgãos competentes.

6.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A diplomacia ambiental brasileira desempenha um papel essencial no cenário internacional, e a preservação da Amazônia é fundamental para que o país mantenha sua liderança nos fóruns de discussão sobre mudanças climáticas. No entanto, a exploração de petróleo na região pode colocar em risco a integridade ambiental dos recifes mesofóticos (pela incerteza sobre como o ecossistema será afetado pelas atividades exploratórias), além de poder desencadear consequências diplomáticas em caso de dano ambiental, especialmente no que diz respeito à relação com a França e outros países vizinhos. A falta de dados científicos abrangentes sobre o ecossistema recém-descoberto na foz do Amazonas levanta preocupações quanto à efetiva conservação e gestão da área, evidenciando a importância da cooperação internacional em relação às ciências marinhas.

Este estudo analisou os possíveis desdobramentos diplomáticos e os requisitos envolvidos na perspectiva da diplomacia ambiental e cooperação internacional relacionados à potencial perfuração na margem equatorial, mais especificamente no bloco FZA-M-59. Os pareceres técnicos, o despacho e a literatura examinada revelam a importância de uma cooperação mais aprofundada entre MMA, MME, Ibama, Itamaraty e Guiana Francesa em diferentes frentes.

Em síntese, no caso do MMA e MME, existe a incumbência de implementação da AAAS, ou, em sua ausência, manifestação conjunta de acordo com diretriz estabelecida pelo Conselho Nacional de Política Energética, como previsto no art. 27 da

Portaria Interministerial nº 198/2012. Já a Petrobras deve garantir a documentação e fornecer as alternativas questionadas no despacho denegatório, para que o Ibama, enquanto órgão técnico competente, aplique a sua responsabilidade exclusiva de emitir a licença ambiental para atividades de perfuração na margem equatorial, garantindo a conformidade com as leis ambientais e regulamentações aplicáveis. Nesse contexto, a modelagem apresentada pela empresa e analisada pelo Ibama enfatiza a necessidade de cooperação internacional inédita com a Guiana Francesa para preservar e mitigar danos ambientais no recém-descoberto ecossistema, sendo imprescindível o envolvimento do Itamaraty nesse caso. Essa forma de cooperação é considerada única em licenciamentos ambientais nacionais por se tratar de uma potencial ação bilateral para prevenção de desastres, justificando a necessidade do Ministério das Relações Exteriores.

Sem dúvidas, é um assunto bastante complexo do ponto de vista da diplomacia ambiental, envolvendo diferentes interesses e *stakeholders*. Diante desse contexto, é imperativo que o Brasil adote uma abordagem cautelosa e responsável em relação à exploração de petróleo na região. Isso inclui a realização de uma avaliação socioecológica abrangente, o fortalecimento do diálogo com os países vizinhos e os atores envolvidos.

Conclui-se que a cooperação internacional, como posto por este estudo, é necessária, demandando uma coordenação eficaz entre os diversos atores envolvidos, para que a Petrobras cumpra os requisitos necessários para a concessão da licença ambiental, principalmente em relação ao plano de contingência em caso de acidentes ambientais, devido às particularidades da região a ser explorada. A exploração de petróleo na foz do Amazonas deve ser tratada com atenção, tendo em vista os fatores elencados anteriormente e, em especial, por ser apontada pelo Ibama como caso paradigma de cooperação internacional para prevenção/mitigação de desastres no histórico de licenças ambientais. Deve-se buscar soluções que estejam em consonância com os compromissos internacionais e as metas de sustentabilidade global. O histórico da Petrobras em lidar com desastres ambientais deve ser levado em conta durante as negociações para a cooperação internacional necessária nesse contexto. Sugere-se, por fim, que sejam realizadas reflexões sobre novos paradigmas de desenvolvimento relacionados a uma transição energética a partir de fontes renováveis e que, caso ocorra, a abertura de uma nova fronteira na margem equatorial seja realizada com diligência e mobilização, a fim de garantir que o Brasil cumpra a NDC e tenha maior protagonismo na agenda climática.

REFERÊNCIAS

- ABELHA, M. Perspectivas exploratórias da margem equatorial brasileira. *Audiência Pública: Perspectivas de descobertas de jazidas de petróleo e gás natural na margem equatorial e seu aproveitamento*. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Brasília, DF, 14 jun. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-contenido/apresentacoes-palestras/2023/arquivos/2023-06-14-camara-deputados-marina-abelha.pdf>. Acesso em: 16 set. 2023.
- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). *Bacia da foz do Amazonas: sumário geológico e setores em oferta*. Brasília, DF: ANP, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/rodadas-anp/oferta-permanente/opc/arquivos/sg/foz-amazonas.pdf>. Acesso em: 14 set. 2023.
- AICHELE, R.; FELBERMAYR, G. Kyoto and carbon leakage: An empirical analysis of the carbon content of bilateral trade. *Review of Economics and Statistics*, v. 97, n. 1, p. 104-15, 2015.
- AKAEV, A. A.; DAVYDOVA, O. I. The Paris Agreement on Climate is coming into force: Will the great energy transition take place? *Herald of the Russian Academy of Sciences*, v. 90, p. 588-99, 2020.
- BANHA, T. N. S. *et al.* The Great Amazon Reef System: A fact. *Frontiers in Marine Science*, v. 9, p. 1088956, 2022.
- BARROS-FILHO, A. K. D.; CARMONA, R. G.; ZALÁN, P. V. *Um novo “pré-sal” no Arco Norte do território brasileiro*. Nota técnica sobre a margem equatorial brasileira. 2021.
- BODANSKY, D. The Paris climate change agreement: a new hope? *American Journal of International Law*, v. 110, n. 2, p. 288-319, 2016.
- BREMENKAMP, F. H.; ALMEIDA, J. E. F.; PEREIRA, M. M.A. M. Análise do *disclosure* relacionado a acidentes ambientais da Petrobras após a Lei Nº 11.638/07. *Sociedade, Contabilidade e Gestão*, v. 6, n. especial, 2011.
- CHASEK, Pamela. Toe Paris negotiations: Background and context. In: JEPSEN, H. *et al.* (Org.). *Negotiating the Paris Agreement: the Insider Stories*. Cambridge: Cambridge University Press, 2021.
- CLAES, D. H.; HVEEM, H. From Paris to the end of oil. *Politics and Governance*, v. 4, n. 3, p. 197-208, 2016.
- DULEBA, W. *et al.* Análise dos compromissos assumidos pelo Brasil no âmbito do Acordo de Paris. In: DULEBA, W; BARBOSA, R. (Org.). *Diplomacia ambiental*. São Paulo: Blucher, 2022. p. 23-72.
- EXXONMOBIL. *ExxonMobil announces significant oil discovery offshore Guyana*. 2015. Disponível em: <https://corporate.exxonmobil.com/Locations/Guyana/News-releases/ExxonMobil-announces-significant-oil-discovery-offshore-Guyana>. Acesso em: 13 set. 2023.

- FRANÇA, J. F. B. F. A política externa brasileira para o meio ambiente: de Estocolmo a Joanesburgo. *Cadernos de Relações Internacionais*, v. 3, n. 1, 2010.
- FRANCINI-FILHO, R. B. *et al.* Perspectives on the Great Amazon Reef: Extension, biodiversity, and threats. *Frontiers in Marine Science*, v. 5, p. N/A-N/A, 2018.
- GRUBB, M. *et al.* Carbon leakage, consumption, and trade. *Annual Review of Environment and Resources*, v. 47, p. 753-95, 2022.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). *Despacho nº 15786950/2023-Gabin.* Licenciamento ambiental para atividade de Perfuração Marítima no bloco FZA-M-59, bacia do foz do Amazonas. Gabinete da Presidência do Ibama, Brasília, DF. 17 maio 2023. 2023a.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). Decisão do Ibama sobre pedido de licença para perfuração no bloco FZA-M-59, na bacia da foz do Amazonas. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, 16 maio 2023. 2023b. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/noticias/2023/ibama-nega-licenca-de-perfuracao-na-bacia-da-foz-do-amazonas>. Acesso em: 19 jul. 2023.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). *Parecer Técnico nº 128/2023-Coexp/CGMac/Dilic.* Atividade de Perfuração Marítima no bloco FZA-M-59, bacia da foz do Amazonas. 20 abr. 2023. 2023c.
- INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). In: CORE WRITING TEAM; LEE, H.; ROMERO, J. (Ed.). *Climate Change 2023: Synthesis Report. A Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Contribution of working groups I, II and III to the sixth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Genebra: IPCC. (no prelo).
- INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION (IMO). *Future Fuels and Technology Project to Inform GHG Strategy Update.* Londres: United Nations, 2023.
- KAISER, J. Offshore oil and gas records circa 2020. *Ships and Offshore Structures*, v. 17, n. 1, p. 205-41, 2022.
- LADLY, S. D. Border Carbon adjustments, WTO Law and the principle of common but differentiated responsibilities. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*, v. 12, p. 63-84, 2012.
- LAGO, A. A. C. do. *Conferências de desenvolvimento sustentável.* Brasília, DF: Fundação Alexandre Gusmão, 2013.
- LAZARO, L. L. B. *et al.* Energy transition in Brazil: Is there a role for multilevel governance in a centralized energy regime? *Energy Research & Social Science*, v. 85, p. 102.404, 2022.
- LIMA, M. R. S. Tradição e inovação na política externa brasileira. *Plataforma Democrática*, Working Paper n. 3, p. 2-22, 2010.

- LISBOA, M. V. Em busca de uma política externa brasileira de meio ambiente: três exemplos e uma exceção à regra. *São Paulo em Perspectiva*, v. 16, n. 2, p. 44-52, 2002.
- MEHLING, M. A. *et al.* Designing border carbon adjustments for enhanced climate action. *The American Journal of Internal Law*, v. 113, n. 3, p. 433-481, 2019.
- MILANI, E. J. *et al.* Petróleo na margem continental brasileira: geologia, exploração, resultados e perspectivas. *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 18, p. 352-96, 2000.
- MINISTÉRIO DAS RELAÇÕES EXTERIORES (MRE). *Visita da ministra da Europa e dos Negócios Estrangeiros da França, Catherine Colonna*. Brasília, DF, 8 fev. 2023. Disponível em: https://www.gov.br/mre/pt-br/canais_atendimento/imprensa/notas-a-imprensa/visita-ao-brasil-da-ministra-da-europa-e-dos-negocios-estrangeiros-da-franca-catherine-colonna-brasilia-8-de-fevereiro-de-2023. Acesso em: 17 set. 2023.
- MOHRIAK, W. U. Bacias sedimentares da margem continental Brasileira. In: BIZZI, L. A. *et al.* (Ed). *Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil*. v. 3, 2003. p. 87-165.
- MORAIS, J. M. de. *Petróleo em águas profundas: uma história tecnológica da Petrobras na exploração e produção offshore*. Brasília: Ipea; Petrobras, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/1147>. Acesso em: 14 set. 2023.
- MORAIS, J. M. *Petróleo em águas profundas: uma história da evolução tecnológica da Petrobras na exploração e produção no mar*. Rio de Janeiro: Ipea, 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.38116/9786556350554>. Acesso em: 16 set. 2023.
- MOURA, R. L. *et al.* An extensive reef system at the Amazon River mouth. *Science Advances*, v. 2, p. e1501252-e1501252, 2016.
- NANDA, V.; PRING, G. R. *International Environmental Law and Policy for the 21st Century*. 2nd ed. Leiden: Martinus Nijhoff Publishers, 2012.
- PETRÓLEO BRASILEIRO S. A. (PETROBRÁS). *Integramos o índice Dow Jones de sustentabilidade*. 2022. Disponível em: <https://petrobras.com.br/fatos-e-dados/integramos-o-indice-dow-jones-de-sustentabilidade.htm>. Acesso em: 13 set. 2023.
- PIRES-DO-RIO, G. A. Margem equatorial brasileira: desafios postos sobre a mesa. *Revista Brasileira de Energia*, v. 29, n. 1, 2023.
- SANDS, P.; PEEL, J. *Principles of International Environmental Law*. 4th ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2018.
- SILVA, E. B.; RIBEIRO, H. J. P. S.; SOUZA, E. S. Exploration plays of the Potiguar Basin in deep and ultra-deep water, Brazilian equatorial margin. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 111, p. 1-23, 2021.
- TARLOCK, A. D. The potential role of international environmental and water law to prevent and mitigate water-related disasters. In: PEEL, Jacqueline; FISHER, David Fisher. *The Role of International Environmental Law in Disaster Risk Reduction*. Holanda: Brill/Nijhoff, 2016.

- TEIXEIRA-JÚNIOR, G. A. Política externa brasileira e a Amazônia nas negociações sobre mudanças climáticas. *História & Perspectivas*, v. 41, p. 58-84, 2009.
- THIEFFRY, P. Environmental protection and European Union energy policy: energy transition after the Paris agreement. *ERA Forum*, v. 17, p. 449-65, 2016.
- TOZATO, H. C. Gestão de áreas protegidas no Brasil: instrumentos de monitoramento da biodiversidade nos sítios Ramsar. *Revista Gestão & Políticas Públicas*, v. 7, n. 2, p. 147-69, 2017.
- UN CLIMATE CHANGE CONFERENCE, 2005, Montreal, Canadá. *Atas [...]*. Montreal: Palácio do Congresso de Montreal, 2005.
- VIDAL, M. de F. Produção e uso de biocombustíveis no Brasil. *Caderno Setorial Etene*, v. 79, n. 4, p. 1-13, 2019.

CAPÍTULO 7

A proteção e a conservação das baleias como ativos da diplomacia ambiental brasileira: oportunidades para o clima e biodiversidade

*Paulo Cezar Rotella Braga
Wânia Duleba*

RESUMO

Este capítulo busca traçar um relato histórico da trajetória do Brasil e da sua postura diplomática em relação à caça, à proteção e à conservação das baleias em suas águas jurisdicionais. Além disso, tem como objetivo analisar como esses esforços se relacionam e reforçam outros tratados ambientais. Para se atingirem esses objetivos, foram analisados documentos diplomáticos, obras de referência e pesquisas acadêmicas sobre o tema. A análise documental e a revisão bibliográfica revelaram que o Brasil passou de país caçador para defensor da conservação das baleias, impulsionado pela moratória global da caça comercial e por pressões nacionais e internacionais durante a década de 1980. A partir de 1986, o Brasil adotou medidas como a proibição da caça às baleias, a criação de parques marinhos e reservas biológicas, e apresentou a proposta de Santuário de Baleias do Atlântico Sul à Comissão Internacional das Baleias. Essa postura brasileira representa potencial de sinergias diplomáticas com

outros acordos de proteção ambiental, como a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima e a Convenção sobre Diversidade Biológica. A atuação do Brasil na conservação das baleias pode ser uma ferramenta de diplomacia ambiental. Por meio da cooperação com países sul-americanos e africanos, o Brasil pode promover seus programas de conservação como exemplos de restauração de estoques de carbono biológico, contribuindo para os esforços globais de combate à mudança do clima e para a preservação da biodiversidade marinha do Atlântico Sul. Essas ações podem fortalecer os discursos do Brasil nos fóruns internacionais e reforçar sua imagem como defensor do meio ambiente.

Palavras-chave: baleias; diplomacia ambiental; conservação; Comissão Internacional da Baleia; tratados ambientais.

THE PROTECTION AND CONSERVATION OF WHALES AS ASSETS OF BRAZILIAN ENVIRONMENTAL DIPLOMACY: OPPORTUNITIES FOR CLIMATE AND BIODIVERSITY

ABSTRACT

This study aims to trace a historical account of Brazil's journey and its diplomatic stance regarding the hunting, protection, and conservation of whales within its jurisdictional waters. Additionally, it seeks to analyze how these efforts relate to and reinforce other environmental treaties. To achieve these objectives, diplomatic documents, reference works, and academic research on the subject were examined. Document analysis and bibliographic review revealed that Brazil shifted from being a hunting nation to becoming an advocate for whale conservation, driven by the global moratorium on commercial whaling and domestic and international pressures during the 1980s. Starting in 1986, Brazil implemented measures such as the ban on whale hunting, the establishment of marine parks and biological reserves, and the proposal for the South Atlantic Whale Sanctuary to the International Whaling Commission. This Brazilian stance holds the potential for diplomatic synergies with other environmental agreements, such as the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Convention on Biological Diversity. Brazil's engagement in whale conservation can serve as a tool of environmental diplomacy. Through cooperation with South American and African countries, Brazil can promote its conservation programs as examples of biological carbon stock restoration, contributing to global efforts to combat climate change and preserve marine biodiversity in the South Atlantic. These actions can bolster Brazil's discourse in international forums and enhance its image as an environmental advocate.

Keywords: whales; environmental diplomacy; conservation; International Whaling Commission; environmental treaties.

7.1 INTRODUÇÃO

A diplomacia desempenha um papel importante na conservação das baleias, permitindo negociações de acordos e a defesa de interesses. No entanto, é preciso reconhecer que, muitas vezes, os interesses econômicos se sobrepõem à agenda de proteção das baleias (Dorsey, 2014; Gillespie, 2005). A cooperação internacional pode enfrentar desafios significativos quando questões econômicas entram em jogo, dificultando o avanço na proteção de baleias (Hurd, 2011). Embora a diplomacia seja uma ferramenta valiosa, é importante salientar que nem sempre é suficiente para superar os obstáculos enfrentados na busca pela preservação das baleias e dos ecossistemas marinhos (Dorsey, 2014; Stoett, 1997).

Alguns exemplos de países que têm interesses econômicos conflitantes com a proteção das baleias são o Japão, a Noruega e a Islândia, entre outros (Gillespie, 2005). Essas nações possuem indústrias baleeiras com tradição cultural ou histórica, mas que são deficitárias e dependem de subsídios governamentais para sobreviver. Apesar dos esforços diplomáticos e das pressões internacionais para a restrição da caça às baleias, esses países persistem na atividade, justificando-a com alegações de fins científicos ou culturais.

O Brasil, um país que teve uma história baleeira do século XVII a meados do século XX (Faflik, 2022; Edmundson, Hart, 2014), passou a defender políticas de conservação das baleias, de maneira mais determinada a partir de 1986. Nas últimas décadas, o país tem se envolvido em acordos e iniciativas regionais e globais para promover a conservação marinha, fortalecendo a proteção das baleias e dos ecossistemas marinhos em âmbito global. Um exemplo disso é a proposta de criação do Santuário de Baleias do Atlântico Sul (Marcondes, 2020).

A história de ascensão e queda da caça às baleias no Brasil é bem documentada (Faflik, 2022; Edmundson, Hart, 2014; Ellis, 1969 como revisão). No entanto, há poucos estudos (Marcondes, 2020; Vianna, 2003) que enfocam a diplomacia brasileira e a política internacional de proteção às baleias, desde a entrada do país na Convenção Internacional para a Regulamentação da Caça à Baleia (Cirb). Por esse motivo, o presente trabalho tem por objetivo traçar uma narrativa histórica que aborda a trajetória do Brasil e da sua postura diplomática relacionada à caça, conservação e proteção das baleias em suas águas jurisdicionais. Também serão investigadas sinergias de esforços diplomáticos do Brasil com outros tratados de meio ambiente.

Os resultados do estudo poderão contribuir para identificar oportunidades para fortalecer os esforços nacionais e promover ações nos âmbitos nacional e internacional para a efetiva conservação das baleias. A bem-sucedida história brasileira de conservação de baleias, que produz co-benefícios para a biodiversidade, para o clima global e para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), pode representar

ativo para a diplomacia ambiental do país, ao ser inserido em discursos e debates no âmbito de diversas convenções ambientais.

7.2 MÉTODOS

A análise crítica foi conduzida com base em uma revisão bibliográfica não sistemática e não exaustiva de artigos em língua inglesa, recuperados das bases de dados Web of Science, Scopus e Google Scholar. Para contextualização teórica e histórica, foram utilizadas palavras-chave combinadas por meio de operadores booleanos: (“Whale” OU “Whaling”) E (“Diplomacy”) E (“International Whaling Commission” OU “International Convention for the Regulation of Whaling” OU “International Whaling Commission”). Essas mesmas palavras-chave, em português, foram empregadas no Google Acadêmico.

O escopo temporal foi limitado à data de publicação mais recente, disponível até a última triagem em julho de 2023, sem a definição de um intervalo de início, ficando essa determinação a cargo das próprias publicações. Como critérios de exclusão, foram excluídos artigos que tratavam exclusivamente dos aspectos da Convenção Internacional para a Regulamentação da Caça à Baleia (CIRB) e da Comissão Internacional da Baleia (CIB) sem relevância para a diplomacia.

Adicionalmente, foram analisados: (i) documentos de trabalho e principais decisões internacionais da CIRB e da CIB relacionadas ao Brasil, disponíveis no banco de dados da CIB; (ii) documentos de trabalho da UNFCCC, reuniões sobre oceanos do IPCC e da CDB, acessíveis em repositórios das respectivas instituições e do Itamaraty; e (iii) legislações nacionais, como as disponíveis no portal da presidência.

Todas essas fontes foram revisadas narrativamente para traçar um panorama abrangente da política externa nacional em relação à preservação das baleias e para identificar possíveis áreas de atuação em diferentes fóruns ambientais.

7.3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E CONTEXTO HISTÓRICO

7.3.1 Serviços ecossistêmicos das baleias e breve histórico sobre sua conservação

As baleias desempenham um papel fundamental na prestação de serviços ecossistêmicos nos ambientes marinhos (Sheehy *et al.*, 2022). Cook *et al.* (2020), utilizando a Classificação Internacional Comum de Serviços Ecossistêmicos (Cices), afirmam que os principais serviços ecossistêmicos das baleias são regulação/manutenção, cultural e provisão de alimentos.

Sobre regulação e manutenção, as baleias são responsáveis pela saúde e pela produtividade dos ecossistemas marinhos. Elas regulam as populações de presas, contri-

buindo para a estabilidade da cadeia alimentar e a manutenção da biodiversidade. São capazes de estocar, transportar e influenciar os estoques de carbono, atuando como uma poderosa “bomba biológica de carbono” oceânica (Pearson *et al.*, 2023; Sheehy *et al.*, 2022). Ao defecarem nas camadas mais profundas do oceano, elas transportam o carbono para longe da atmosfera. Suas fezes ricas em ferro fertilizam as áreas circundantes, impulsionando a produtividade biológica dos oceanos, que, por sua vez, podem sequestrar mais carbono da atmosfera (Lavery *et al.*, 2010).

Quando morrem, seus corpos afundam no oceano, carregando consigo grandes quantidades de carbono, o que ajuda a reduzir as concentrações de dióxido de carbono no ar (Durfort *et al.*, 2022). Além disso, as carcaças de baleia fornecem um habitat único para espécies de águas profundas, abrigando inúmeras espécies durante os estágios finais de decomposição (Sumida *et al.*, 2016).

Quanto à parte cultural, as baleias têm um impacto significativo nas culturas e economias locais, por meio do turismo de observação de baleias, que promove o desenvolvimento sustentável e a conscientização sobre a conservação marinha (O’Connor *et al.*, 2009). São igualmente importantes para coesão comunitária e identidade cultural, possuindo valor educacional, musical, religioso e/ou sagrado (Cook *et al.*, 2020).

Nos últimos anos, técnicas para avaliar e valorar serviços das baleias têm sido realizadas (Chami *et al.*, 2020a). Em 2019, o Fundo Monetário Internacional (FMI) publicou um estudo que examinou os benefícios de se reintroduzirem as baleias no oceano (Chami *et al.*, 2019). O trabalho revelou que o valor médio de uma baleia grande ultrapassa US\$ 2 milhões, ao considerar o valor do carbono capturado por ela ao longo da vida, junto com outros benefícios para a pesca e o ecoturismo. A população global de baleias foi avaliada em mais de US\$ 1 trilhão (Chami *et al.*, 2019). Tal estudo concluiu que a proteção das baleias deve ser uma prioridade no esforço global de combate às mudanças climáticas (Chami *et al.*, 2019). Essa valoração dos serviços prestados pelas baleias se assemelha à do mercado de carbono para proteger elefantes de caçadores ilegais nas florestas africanas (Chami *et al.*, 2020a; 2020b).

Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC), a conservação, proteção e restauração de ecossistemas aquáticos podem aumentar a captura e o estoque de carbono se o aquecimento global for limitado (IPCC, 2023).

No entanto, nem sempre as baleias receberam essa visão ecossistêmica, relacionada à regulação e manutenção dos ambientes. No passado, as baleias foram exploradas por sua utilidade na produção de alimentos, como carne, gordura e seus derivados (Edmundson; Hart, 2015). Além disso, seus ossos eram transformados em farinha para a construção civil, o óleo de baleia era utilizado como combustível e lubrificante, as barbatanas eram usadas na fabricação de espartilhos e chapéus, e o espermacete

encontrado em suas cabeças era empregado na produção de velas e cosméticos (Faflik, 2022; Edmundson; Hart, 2015).

A caça às baleias por subsistência remonta a cerca de 8 mil anos, conforme evidenciado por registros rupestres na Grotta dell'Uzzo, na Itália (Mannino *et al.*, 2015) e em cavernas da Coreia do Sul (Lee; Robineau, 2004). Diversos grupos, como o povo basco da Ibéria, os inuítes do Círculo Ártico, os noruegueses, os japoneses, entre outros, caçavam baleias tanto para subsistência quanto por razões culturais. Já a caça comercial de baleias teve início por volta do ano 1.000, quando o povo basco começou a caçar as baleias-francas-do-atlântico-norte (Roman *et al.*, 2014). No século XIX, foram introduzidos os baleeiros, grandes navios utilizados para caçar baleias com arpões manuais. Países como Estados Unidos, Inglaterra, Noruega e Japão estiveram envolvidos nesse contexto.

A indústria baleeira teve um impacto profundo nas populações de baleias e nos ecossistemas onde elas habitam, especialmente em algumas ilhas oceânicas. Milhões de baleias foram mortas, levando a uma redução estimada de 66% a 90% das populações de baleias em todo o mundo (Roman *et al.*, 2014). Isso resultou em danos ecológicos significativos, afetando a estrutura dos ecossistemas marinhos e as interações entre as espécies. A caça indiscriminada desencadeou efeitos em cascata, prejudicando outras espécies e comprometendo a saúde dos ecossistemas marinhos como um todo. Esses efeitos são um lembrete sombrio dos perigos da exploração desenfreada dos recursos naturais e da importância de proteger e conservar as baleias para a saúde dos oceanos.

Apesar de ser uma prática milenar, a caça às baleias sofreu sua primeira crítica mais contundente no âmbito global apenas em 1975, quando o Greenpeace lançou sua primeira campanha contra essa prática, tornando conhecido o slogan “Salvem as Baleias” (Urbina, 2021). A organização não governamental, que teve suas origens ligadas ao movimento antinuclear e passifista, deu início, então, à prática de perseguir e atrapalhar navios baleeiros em suas funções em alto-mar.

Aos esforços conservacionistas do Greenpeace, somaram-se os da Sea Shepherd, organização não governamental fundada por Paul Watson, dissidente do Greenpeace. A organização, estabelecida em 1977, tem ganhado notoriedade por ações mais incisivas de ataque a navios baleeiros, que resultaram no afundamento de oito navios baleeiros (Heller, 2007).

As ações e campanhas como as do Greenpeace e do Sea Shepherd ajudaram a estabelecer, no imaginário coletivo, a defesa das baleias como algo positivo. A proteção dos cetáceos foi símbolo de um movimento que se tornou uma das mais fortes correntes de pensamento atuais: a defesa do meio ambiente (Hetzl; Lodi, 1993).

7.3.2 Comissão Internacional da Baleia (CBI) e a moratória global sobre a caça comercial de baleias

Durante os séculos XIX e XX, a caça comercial das baleias representou uma ameaça de extinção para várias espécies. Para promover a conservação desses animais, foram estabelecidos mecanismos internacionais, como a Convenção Internacional para a Regulamentação da Caça à Baleia (Cirb) e a Comissão Internacional da Baleia (CBI). Criada em 1946 para regular a caça comercial de baleias por meio de cotas e garantir seu uso sustentável, ao longo do tempo, a CBI passou a priorizar cada vez mais a conservação desses animais, o que se tornou incompatível com a caça comercial.

Em 1982, a CBI impôs uma moratória global sobre a caça comercial de baleias, que entrou em vigor em 1986 (Dorsey, 2014), resultando na recuperação de algumas populações de baleias, embora outras ainda estejam em níveis baixos (Eguchi; Lang; Weller, 2023; Whitehead; Shin, 2022). No entanto, a CBI enfrenta uma crescente polarização entre países defensores da conservação e aqueles interessados em continuar a caça comercial. Estes últimos argumentam que o Regulamento da Convenção estabelece a finalidade de promover a conservação das espécies baleeiras e permitir o desenvolvimento ordenado da indústria baleeira. Os países caçadores veem a convenção como um acordo para regular a atividade de caça, visando à preservação e recuperação dos estoques, sem prejudicar a continuidade da indústria.

A maioria das caças às baleias hoje é realizada por um pequeno número de membros da CBI que argumentam pela legalidade da caça. Os principais países que caçam atualmente são Japão, Noruega, Islândia, Dinamarca (Groenlândia e Ilhas Faroé) e Rússia (Hurd, 2011). O Japão justificou sua caça sob o pretexto de pesquisa científica até 2018, enquanto a Noruega e a Islândia e demais países exploram quotas destinadas à caça de subsistência (Strausz, 2017; Ishii; Okubo, 2007). Esse assunto tem causado tensões diplomáticas entre países (Stoett, 2011; Nishikawa, 2020). Por exemplo, a Austrália tem buscado regular, restringir ou até mesmo interromper completamente a caça às baleias do Japão na Antártica, o que tem sido um tema consistente em suas relações bilaterais desde a década de 1930 (Scott; Oriana 2019).

Em 1º de julho de 2019, o Japão retomou a caça comercial às baleias após sair da Cirb e da CIB e anunciou que permitiria a caça comercial em suas águas jurisdicionais. Embora tenha saído da convenção, o Japão ainda está sujeito ao direito internacional consuetudinário e a tratados, incluindo a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (Unclos), da qual é signatário (Wold, 2020). O mesmo princípio se aplica à Islândia, que anunciou, em 31 de agosto de 2023, que a caça comercial às baleias será novamente permitida em suas águas costeiras, embora sob condições mais rigorosas.

Apesar de ter salvado a maioria das populações de baleias da extinção, a CIB sempre enfrentou fortes discordâncias entre os países membros. Segundo Hurd (2011), o regime de caça às baleias se tornou, assim, um microcosmo de problemas do direito internacional e da diplomacia, no qual um compromisso compartilhado com o Estado de direito coexiste com profundas discordâncias sobre o significado de conformidade. Disputas sobre interpretação de tratados e o que constitui “pesquisa científica” têm substituído o debate sobre a própria prática de caçar baleias. Isso reflete os desafios do direito internacional e da diplomacia, que assumem um compromisso com o Estado de direito, mas divergências profundas sobre o cumprimento das regras (Hurd, 2011).

7.4 A ATUAÇÃO DIPLOMÁTICA DO BRASIL NA PROTEÇÃO DAS BALEIAS E O SANTUÁRIO DE BALEIAS DO ATLÂNTICO SUL

Para compreender a real dimensão da mudança de postura da diplomacia nacional com relação ao tema da caça das baleias no final do século XX, é importante passar em revista a história da atividade no país desde suas origens no Brasil colônia até o fechamento da última estação baleeira do Brasil, na Paraíba.

A bibliografia historiográfica sobre a caça da baleia no Brasil conta com duas obras de referência: *A baleia no Brasil colonial* (Ellis, 1969); e *A história da caça de baleias no Brasil: de peixe real a iguaria japonesa* (Edmundson; Hart, 2014). Já a história da atuação do Brasil na CIB desde sua fundação, em 1946, conta com uma tese apresentada pelo embaixador Hadil Rocha Vianna, em 2003, no Curso de Altos Estudos, do Ministério das Relações Exteriores. Sob o título “O confronto entre conservacionistas e caçadores na regulamentação internacional da caça da baleia: considerações para a atuação do Brasil na Comissão Internacional da Baleia” (Vianna, 2003), o estudo passa em revista marcos importantes da política externa nacional com relação à regulamentação multilateral da caça à baleia.

Em 1587, o senhor de engenho Gabriel Soares de Almeida foi o primeiro a mencionar a possibilidade de explorar os recursos das baleias no Brasil, sugerindo à corte a vinda de baleeiros de Biscaia para o Recôncavo Baiano (Ellis, 1969). Esse relato é consistente com as crônicas de Frei Vicente do Salvador, que descrevem a abundância desses animais nas baías e enseadas da costa brasileira (Ellis, 1969). Segundo Edmundson e Hart (2014), o marco fundamental para o início da exploração em larga escala das baleias foi o alvará de 1602 conferido por Felipe III da Espanha aos baleeiros ibéricos Pêro de Urecha e Julián Miguel.

Em 1613, Antônio Machado de Vasconcelos estabeleceu a primeira armação baleeira em Itaparica, na Bahia, e, nos nove anos seguintes, foram estabelecidas várias armações na região. Em 1614, foi estabelecido o monopólio da caça à baleia, com

base no conceito de que, sendo consideradas “peixes reais”, as baleias passavam a ser propriedade da Coroa. Durante os séculos XVII e XVIII, a caça às baleias era arrendada a particulares por contratos regulando os direitos e obrigações entre a Coroa e os interessados. Durante esse período, foram construídas feitorias baleeiras no litoral, desde a Bahia até Santa Catarina, semelhantes a engenhos de cana-de-açúcar.

Após o término do Ciclo do Ouro no Centro-Sul do Brasil, uma crise generalizada impactou as atividades de caça às baleias. Os investidores privados perderam o interesse em adquirir as armações que estavam à venda, mesmo após a Coroa ter declarado a caça livre, em 1801. A caça à baleia no Brasil se manteve artesanal até a instalação da Companhia de Pesca Norte do Brasil (Copebras), em 1912, subsidiária de uma empresa japonesa, localizada no estado da Paraíba. Em 1964, passou a ser controlada pela empresa japonesa Nippon Reizo (Vianna, 2003).

Signatário original da Cirb em sua fundação, em 1946, o Brasil manteve atuação discreta e burocrática nos primeiros anos de funcionamento do organismo (Vianna, 2003). O Brasil ratificou a Convenção em 2 de dezembro de 1946 e internalizou-a por meio do Decreto nº 28.524, de 18 de agosto de 1950. Em 1966, tendo em vista a baixa participação do país na Convenção, o Itamaraty optou por denunciar o acordo. O Brasil voltaria em 1973, ano em que o movimento ambiental global já adquirira maior influência no esteio de Estocolmo-72. Os formuladores de política do país teriam se dado conta de que seria mais vantajoso ao Brasil estar na mesa de debate, especialmente com a crescente atividade baleeira no Atlântico Sul afetando diretamente seus interesses nacionais (Edmundson; Hart, 2014). A Cirb entrou em vigor para o Brasil em 20 de dezembro de 1973, promulgada pelo Decreto nº 73.497, de 17 de janeiro de 1974.

Durante a década de 1970, o Brasil adotou posições diplomáticas firmes que criticavam a proteção ambiental, associando-a, na época, à restrição do desenvolvimento nacional em países de industrialização recente (Marcondes, 2020). Países com regimes autoritários e altas taxas de crescimento econômico, como o Brasil, viam com preocupação o surgimento dos movimentos ambientais por dois temores principais: o questionamento de políticas que davam sustentação ao crescimento econômico e a possibilidade de criação de um novo fator de desestabilização (Lago, 2013).

No âmbito da CIB, as décadas de 1970 e 1980 representaram momentos políticos de muita intensidade nos debates diplomáticos. A crescente mobilização do movimento ambiental internacional pelo fim da caça das baleias, a constatação da diminuição drástica dos estoques mundiais de cetáceos e a diminuição da importância econômica da indústria baleeira em países-chave influenciaram os trabalhos da CIB e levaram à adoção da moratória mundial em 1986. País caçador de baleias, o Brasil votou contra a proposta de moratória em 1982, atendendo a interesses da única empresa

nacional no ramo, a Copebras. No entanto, pressões de grupos ambientalistas e os danos à imagem nacional levaram o país a aceitar a moratória, aplicada após a fase de descontinuidade prevista pela CIB.

A transição de país caçador de baleias para um dos maiores defensores da conservação de cetáceos no cenário internacional é exemplo rico de inflexão na política externa ambiental brasileira. A mudança de postura não ocorreu sem pressão dos grupos de interesse pela manutenção da caça e respondeu, principalmente, a demandas nacionais e internacionais pela conservação de baleias durante a década de 1980.

Ao analisar-se a política ambiental do Brasil na década de 1980, o país passou a atuar não mais na condição de agressor do meio ambiente, mas como país interessado na preservação e na compatibilização da proteção ambiental com desenvolvimento.

O final da década de 1980 e o início da década de 1990 foram momentos de inflexão na diplomacia ambiental brasileira. Se na década de 1980 o país esteve marcado pela divulgação externa de imagens do desmatamento na Amazônia e pela repercussão mundial de assassinatos de líderes ambientais, como Chico Mendes, no final desse período e início dos anos 1990, a diplomacia brasileira atuou para inverter a imagem internacional de vilão ambiental (Lago, 2013; Vianna, 2003).

As formulações de política externa respondem a necessidades internas e externas da sociedade brasileira. Detentor da maior biodiversidade do planeta, de grande extensão territorial de área preservada e de extensa área marinha, o Brasil não pôde se furtar de atuar com vigor na área ambiental internacional quando cresciam as pressões externas para soluções aos crescentes problemas ambientais que se somavam, como aumento do aquecimento global, diminuição da biodiversidade e aumento da poluição atmosférica. Como afirma o embaixador André Corrêa do Lago (2013, p. 18), em “Conferências do Desenvolvimento Sustentável”, a partir de Estocolmo-72,

consolidou-se a percepção internacional de que o Brasil não parecia capaz de preservar esse extraordinário patrimônio. Isto se fortaleceu ainda mais nos anos subsequentes, agravando-se na segunda metade dos anos oitenta em razão da repercussão da intensificação das queimadas na Amazônia.

A necessidade crescente de reestruturação da imagem ambiental nacional nos anos 1980 envolveu ações internas, como é exemplo a criação do Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente, pelo Decreto nº 91.145, de 15 de março de 1985, e da atuação externa nos mais diversos foros internacionais relacionados aos temas ambientais. Segundo Cortês, em *A política externa do governo Sarney*, a temática ambiental pode ser apontada como um dos temas de política externa que

sofreu uma “inflexão profunda durante a Nova República em relação ao passado imediato” (2010, p. 255).

Para os autores Amado Cervo e Clodoaldo Bueno (2002), em *História da política exterior do Brasil*, a atuação foi exitosa ao mudar a imagem nacional, estratégia instrumentalizada pela organização da Cúpula da Terra (Rio-92), pela consolidação do conceito de desenvolvimento sustentável na arena multilateral e pela substituição do confronto pela cooperação nas relações norte-sul com relação ao meio ambiente.

Entre os foros multilaterais de temas ambientais em que a mudança de postura da diplomacia nacional pode ser verificada, destaca-se a Cirb. A partir da década de 1980, foi notável a mudança de postura do Brasil de país caçador para defensor da conservação de grandes cetáceos.

A proibição da caça às baleias no Brasil, por meio da lei nº 7643, de 21 de dezembro de 1987, atendendo a moratória imposta pela CIB no ano anterior, pôs fim a mais de três séculos de atividades comerciais destinadas ao abate e aproveitamento de baleias na costa brasileira. O projeto de lei do deputado Gastone Righi contou com amplo apoio popular, incluindo campanhas na mídia nacional e jornais de grande circulação, como *O Estado de S. Paulo* e *Folha de S. Paulo*. A campanha nacional já vinha de longa data.

Desde a aplicação da moratória internacional da caça às baleias, em 1986, pela CIB, o Brasil tem investido em conservação e no uso não letal do recurso baleeiro, incluindo pelo turismo de observação de baleias. Segundo o mais recente censo aéreo do Instituto Baleia Jubarte, realizado em mais de 6 mil km da costa brasileira, em agosto de 2022, a população de baleias daquela espécie na costa brasileira conta com 25 mil indivíduos, número muito superior à estimativa de quinhentos indivíduos quando do início do projeto.¹

O crescimento da população de baleias por projetos de conservação de berçários em território nacional tem impactos significativos em benefícios ambientais que extrapolam o território nacional e nas decisões da Cirb. O Brasil criou três parques nacionais marinhos e quatro reservas biológicas marinhas. Os parques nacionais marinhos incluem o Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha (PE), o Parque Nacional Marinho de Abrolhos (BA) e o Parque Nacional Marinho das Ilhas dos Currais (PR). A lista de Reservas Biológicas (Rebio) Marinhas atualmente inclui a Rebio Atol das Rocas, Rebio de Comboios, Rebio de Santa Isabel e Rebio Marinha do Arvoredo.

1 Disponível em: <https://www.uol.com.br/ecoa/reportagens-especiais/populacao-de-baleias-jubarte-esta-recuperada-no-brasil/#page13>. Acesso em: 13 set. 2023.

Após a aplicação da moratória de caça às baleias pela CIB, a evolução da atuação brasileira no organismo internacional se tornou reconhecida mundialmente pelo esforço de conservação dos cetáceos, que culminou na apresentação da proposta de criação do Santuário de Baleias do Atlântico Sul em 1998, durante a 50ª reunião da CIB, em Omã. Há mais de 20 anos na agenda da CIB, embora a proposta brasileira não tenha sido aprovada até hoje, rendeu à diplomacia do país prestígio internacional na área ambiental. Vale ressaltar a narrativa das ONG internacionais que, no passado recente, mudaram a narrativa acerca da caça das baleias, alterando, assim, a opinião pública em geral, contando com amplo apoio popular para sua conservação ao redor do mundo.

A meta principal do Santuário proposto pelo Brasil é promover a biodiversidade, a conservação e a utilização não letal dos recursos de baleias no Oceano Atlântico Sul (Palazzo Junior, 2006). À área do santuário proposta pelo Brasil, se somaria à do Santuário da Antártica, perfazendo uma área contínua de grandes dimensões no Hemisfério Sul.

A proposta brasileira de criação do Santuário não é, no entanto, unanimidade entre a comunidade acadêmica. Estudo publicado por Zacharias *et al.* (2006) aponta que a proposta deveria desenvolver de forma mais efetiva seus objetivos; a mensuração da consecução dos objetivos propostos; a criação de um quadro de gerenciamento e o de revisão dos objetivos ecológicos.

7.5 EXTERNALIDADES POSSÍVEIS PARA DIPLOMACIA AMBIENTAL

7.5.1 Sinergias entre iniciativas de conservação de baleias no Brasil e acordos internacionais de proteção ambiental

Se no âmbito da CIB o esforço brasileiro de conservação de baleias esbarra na atuação dos países caçadores junto a representantes de países com direito a voto para obstruir o Santuário de Baleia do Atlântico Sul, o cenário multilateral de organismos de meio ambiente oferece significativas possibilidades de sinergias com o tema e de atuação mais ativa da diplomacia nacional.

Como aponta Palazzo Junior (2006, p.10), “várias convenções têm incluído novas normas e conceitos para a gestão do oceano” e é “condição *sine qua non* para o manejo de baleias que essas regras sejam levadas em consideração”.

No âmbito da UNFCCC, desde a publicação do “Relatório Especial sobre o Oceano e a Criosfera em um Clima em Mudança”, do IPCC, em 2019, a Convenção tem dado maior atenção ao tema dos oceanos e sua relação com a mudança do clima. Durante a 25ª Conferência das Partes (COP-24), realizada em Madri, sob presidência chilena, decidiu-se pelo estabelecimento do Diálogo sobre oceanos e mudança do

clima, para aprofundar o debate entre as partes da UNFCCC sobre o tema. Segundo o referido relatório especial do IPCC: “a restauração de habitats terrestres e marinhos e ferramentas de gestão de ecossistema, como a realocação assistida de espécies e aquacultura de corais, podem ser efetivas localmente para o aprimoramento da adaptação baseada em ecossistema” (IPCC, 2019). O relatório também chama a atenção para a importância de se reforçarem abordagens preventivas, como a “reconstrução da pesca super explorada ou esgotada para reduzir o impacto negativo da mudança do clima na pesca”.

Até o presente momento, foram realizadas três sessões do Diálogo sobre oceanos e mudança do clima no âmbito da UNFCCC: 2020 (virtual); 2022 (Bonn, Alemanha); e 2023 (Bonn, Alemanha). Na COP-27, realizada no Egito, os países decidiram tornar o diálogo mais estruturado, com a indicação de dois co-facilitadores, com a incumbência de apoiar os países na decisão da agenda das reuniões. A relevância adquirida pelas COP do Clima no debate internacional sobre meio ambiente pode tornar a UNFCCC foro interessante para que o Brasil defenda os interesses de conservação das baleias, considerando as evidências científicas acerca do papel crítico das baleias no estoque de carbono oceânico.

Em submissão enviada à UNFCCC, em 2022, para o referido diálogo sobre oceanos e mudança do clima, Brasil, Argentina e Uruguai defenderam que as discussões poderiam apoiar o aprofundamento do conhecimento do papel dos oceanos como sumidouros de carbono “incluindo a conservação, proteção e uso sustentável de peixes e recursos marinhos, inclusive as baleias”.² Ao comporem grupo único nas negociações na UNFCCC, Brasil, Argentina e Uruguai têm a possibilidade de ampliar a audiência sobre as externalidades positivas dos seus bem-sucedidos projetos de proteção à baleia.

Com relação à Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), o organismo adotou, em dezembro de 2022, o novo Quadro Global de Biodiversidade Kunming-Montreal, que estabelece 23 metas para combater a perda de diversidade biológica na escala global até 2030. A CDB tem ganhado nova relevância no cenário internacional com o aumento do debate sobre serviços ecossistêmicos e com a necessidade urgente de reverter a crise da perda de biodiversidade. Segundo o Relatório de Avaliação Global da Plataforma Intergovernamental sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (IPBES), publicado também em 2019, a conservação e restauração de ecossistemas

2 ABU, UNFCCC. *Possible topics for the Ocean and Climate Change dialogue, to be held in conjunction with SBSTA 56*. Disponível em: <https://www4.unfccc.int/sites/SubmissionsStaging/Documents/202205051557---ABU%20-%20Oceanos.5.5.pdf>. Acesso em: 13 set. 2023.

marinhos estão entre as principais ações para a promoção de uma gestão sustentável dos oceanos (IPBES, 2019).

Estudos recentes têm demonstrado a importância das baleias para o ecossistema na fertilização dos mares, na captura de carbono e no turismo de observação (Pearson *et al.*, 2023; Sheehy *et al.*, 2022). Segundo Chiami *et al.* (2019), uma baleia de grande porte sequestraria 33 toneladas de CO₂ da atmosfera durante sua vida e proteger as baleias poderia agregar significativamente à captura de carbono uma vez que a população atual é apenas uma fração do que já foi. No Brasil, os serviços ecológicos proporcionados pelas baleias na costa brasileira foram calculados em, aproximadamente, US\$ 85 bilhões ao longo de suas vidas.³

Desde a aplicação da moratória de caça às baleias, as estimativas apontam expressivo crescimento da população de cetáceos na costa brasileira. Como exemplo, dados do Instituto Jubarte, um dos principais entes de conservação de baleias no Brasil, a população de jubartes teria passado de apenas 400 para cerca de 25 mil e apresentaria um crescimento de cerca de 7% ao ano. Já para a população de baleias-franca-austral, estimativas do Projeto Franca Austral (Profranca) apontam crescimento de 4,8% ao ano.

Ambas as espécies referidas acima se revestem de interesse para esta pesquisa, pois utilizam a costa brasileira como berçários e locais de cria durante o inverno antártico. Espécies migratórias, ambas encontram no litoral do País um porto seguro que lhes permite a reprodução. O banco dos Abrolhos, onde se encontra o Parque Nacional Marinho de Abrolhos, criado em 1983, é segundo Hetzel e Lodi (1993) a principal área de concentração de baleias-jubarte no Atlântico Sul nos meses de inverno e primavera. Já com relação à baleia-franca-austral, sua área de vida no Brasil se estende do Rio Grande do Sul até aproximadamente o Espírito Santo. Em 2000, foi criada a Área de Proteção Ambiental (APA) da Baleia Franca, em 130 km da costa de Santa Catarina. Tanto o Parque Nacional Marinho de Abrolhos quanto a APA da Baleia Franca atendem às mais recentes indicações do IPCC e do IPBES sobre a importância para o clima e para a biodiversidade de se fomentar a recuperação de ecossistemas marinhos, extrapolando, assim, o território nacional ao restabelecer também a biodiversidade antártica.

O êxito dos programas nacionais de proteção às baleias tem amplo potencial para a diplomacia ambiental brasileira, que extrapola a atuação na comissão da baleia. Em coordenação com os países da América do Sul, notadamente Argentina e Uruguai, o Brasil tem a oportunidade de divulgar em diferentes foros ambientais o potencial

3 Cf. em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/animais/2020/06/dia-dos-oceanos-valor-das-baleias-no-brasil>. Acesso em: 13 set. 2023.

dos programas de baleeiros sul-americanos como restauradores de importantes estoques de carbono biológico. Maior inserção do caso de sucesso em diferentes discursos nacionais poderá ser explorado neste contexto em que medidas efetivas devem ser tomadas para se evitar o aquecimento global acima de 1,5 °C, conforme dita o Acordo de Paris. Além disso, o Brasil pode buscar interações com países africanos nesse contexto.

7.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A conservação das baleias tem sido uma preocupação internacional, e o Brasil tem desempenhado nas últimas décadas um papel importante nesse contexto. Ao longo dos anos, o país passou por uma mudança significativa na sua postura, de país caçador de baleias para defensor da conservação desses animais. Essa transformação foi impulsionada por pressões nacionais e internacionais, bem como pela conscientização sobre a importância ecológica e econômica das baleias.

A atuação diplomática brasileira na CIB e em outros fóruns internacionais de proteção ambiental tem sido fundamental para promover a conservação das baleias. Um dos exemplos dessa atuação é a proposta brasileira de criação do Santuário de Baleias do Atlântico Sul, apresentada à CIB em 1998. Essa proposta, embora ainda não tenha sido aprovada, tem sido um marco na atuação diplomática do Brasil na defesa da conservação das baleias.

Embora enfrente desafios e oposição de países caçadores, o Brasil pode buscar sinergias com acordos e convenções internacionais, como a UNFCCC e a CDB. Essas iniciativas proporcionam oportunidades para fortalecer a proteção das baleias e destacar a importância desses animais na mitigação das mudanças climáticas e na preservação da biodiversidade marinha.

Os esforços de conservação no Brasil têm apresentado resultados positivos, com o aumento das populações de baleias e a criação de áreas protegidas, como parques nacionais marinhos e reservas biológicas marinhas. Essas ações não apenas contribuem para a recuperação dos estoques de baleias, mas também promovem benefícios ambientais mais amplos, como a captura de carbono e o restabelecimento de ecossistemas marinhos.

O Brasil tem a oportunidade de utilizar seu sucesso na conservação das baleias como uma ferramenta de diplomacia ambiental, promovendo sua imagem como defensor da importância da preservação dos cetáceos em diferentes fóruns ambientais. Ao trabalhar em conjunto com países sul-americanos, como Argentina e Uruguai, o Brasil pode destacar os programas de proteção às baleias como exemplos de restauração de estoques de carbono biológico, contribuindo para os esforços globais de combate às mudanças climáticas.

Em conclusão, a atuação diplomática do Brasil na proteção das baleias demonstra um compromisso crescente com a conservação e a sustentabilidade. A sinergia entre as iniciativas de conservação de baleias no país e os acordos internacionais de proteção ambiental oferecem oportunidades valiosas para se promoverem os frutos da diplomacia ambiental nacional. A proteção do meio ambiente se tornou uma questão de competitividade internacional, e o Brasil é um dos países que mais têm a ganhar com o reforço dos padrões mundiais de exigências quanto à sustentabilidade (Barbosa, 2019),⁴ podendo continuar a desempenhar um papel de liderança nesse campo e contribuindo para um futuro mais sustentável e resiliente para as baleias e para o meio ambiente como um todo.

REFERÊNCIAS

- CERVO, A. L.; BUENO, C. *História da política exterior do Brasil*. Brasília, DF: Editora UnB, 2002.
- CHAMI, R. *et al.* Nature's solution to climate change. A strategy to protected whales can limit greenhouse gases and global warming. *International Monetary Fund: Finance and Development*, v. 56, n. 4, p. 34-8, 2019.
- CHAMI, R. *et al.* On valuing nature-based solutions to climate change: a framework with application to elephants and whales. *Economic Research Initiatives at Duke (ERID)*, Working Paper n. 297, 2020a.
- CHAMI, R. *et al.* The secret work of elephants. *Finance & Development*, v. 57, n. 4, 2020b.
- CORTÊS, O. H. D. G. *A política externa do governo Sarney: o início da reformulação de diretrizes para a inserção internacional do Brasil sob o signo da democracia*. Brasília, DF: Fundação Alexandre de Gusmão, 2010.
- COOK, D. *et al.* Reflections on the ecosystem services of whales and valuing their contribution to human well-being. *Ocean & Coastal Management*, v. 186, 2020.
- DÍAZ, S. M. *et al.* (Ed.). *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. Bonn: IPBES, 2019.
- DORSEY, K. *Whales and Nations: Environmental Diplomacy on the High Seas*. Washington: University of Washington Press, 2014.
- DURFORT, A. *et al.* Recovery of carbon benefits by overharvested baleen whale populations is threatened by climate change. *Proceedings of the Royal Society B*, v. 289, n. 1986, p. 20220375, 2022.

4 Disponível em: <https://www.estadao.com.br/opiniao/espaco-aberto/diplomacia-ambiental/>. Acesso em: 17 mar. 2024.

- EDMUNDSON, E.; HART, I. B. *A história da caça de baleias no Brasil: de peixe real a iguaria japonesa*. Barueri: Disal, 2014.
- ELLIS, M. *A baleia no Brasil colonial*. São Paulo: Melhoramentos; Edusp, 1969.
- FAFLIK, D. Independência do Brasil, ou o ano da baleia. (SYN) *THESIS*, v. 15, n. 2, p. 43-58, 2022.
- GILLESPIE, A. *Whaling Diplomacy: Defining Issues in International Environmental Law*. Northampton: Edward Elgar, 2005.
- HELLER, P. *The Whale Warriors: The Battle at the Bottom of the World to Save the Planet's Largest Mammals*. Nova Iorque: Free Press, 2007.
- HETZEL, B.; LODI, L. *Baleias, botos e golfinhos*. Guia de identificação para o Brasil. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1993.
- HUNTER, R. *Warriors of the Rainbow: a Chronicle of the Greenpeace Movement from 1971-1979*. Fremantle: Greenpeace in association with Fremantle Press, 2011.
- HURD, I. Almost saving whales: the ambiguity of success at the International Whaling Commission. *Ethics & International Affairs*, v. 26, n. 1, p. 103-12, 2012.
- INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Summary for Policymakers. In: PÖRTNER, H.-O. et al. (Ed.). *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*. Cambridge: Cambridge University Press, 2019.
- INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Summary for Policymakers. In: CORE WRITING TEAM; LEE, H.; ROMERO, José (Ed.). *Climate Change 2023: Synthesis Report*. A Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Contribution of working groups I, II and III to the sixth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Genebra: IPCC. (no prelo).
- ISHII, A.; OKUBO, A. An alternative explanation of Japan's whaling diplomacy in the post-moratorium era. *Journal of International Wildlife Law and Policy*, v. 10, n. 1, p. 55-87, 2007.
- LAGO, A. A. C. *Conferências de desenvolvimento sustentável*. Brasília, DF: Fundação Alexandre de Gusmão, 2013.
- LAVERY, T. et al. Iron defecation by sperm whales stimulates carbon export in the Southern Ocean. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 277, n. 1699, p. 3527-31, 2010.
- LEE, S.-M.; ROBINEAU, D. Les cétacés des gravures rupestres néolithiques de Bangu-dae (Corée du Sud) et les débuts de la chasse à la baleine dans le Pacifique nord-ouest. *L'anthropologie*, v. 108, n. 1, p. 137-51, 2004.
- MANNINO, M. A. et al. Marine resources in the Mesolithic and Neolithic at the Grotta dell'Uzzo (Sicily): evidence from isotope analyses of marine shells. *Archaeometry*, v. 49, n. 1, p. 117-33, 2007.

- MARCONDES, D. Conservationist geopolitics: Brazilian foreign policy and the South Atlantic Whale Sanctuary. *Marine Policy*, v. 120, p. 104054, 2020.
- NISHIKAWA, M. The origin of the US–Japan dispute over the Whaling Moratorium. *Diplomatic History*, v. 44, n. 2, p. 315-36, 2020.
- O’CONNOR S. *et al.* Whale Watching Worldwide: tourism numbers, expenditures and expanding economic benefits. A special report from the International Fund for Animal Welfare. *Economists at Large*, v. 21, p. 38-46, 2009.
- PALAZZO JUNIOR, J. T. *Atlântico Sul: um santuário de baleias*. Documento apresentado pelos Governos da Argentina, Brasil e África do Sul à 57ª Reunião Anual da Comissão Internacional da Baleia, em Ulsan, Coreia do Sul, em junho de 2005. Recife: Fundação Mamíferos Aquáticos, 2006.
- PEARSON, H. *et al.* Whales in the carbon cycle: can recovery remove carbon dioxide? *Trends in Ecology & Evolution*, v. 38, n. 3, p. 238-49, 2023.
- ROMAN, J. *et al.* Whales as marine ecosystem engineers. *Frontiers in Ecology and the Environment*, v. 12, n. 7, p. 377-85, 2014.
- SCOTT, S. V.; ORIANA, L. M. The history of Australian legal opposition to Japanese Antarctic whaling. *Australian Journal of International Affairs*, v. 73, n. 5, p. 466-84, 2019.
- SHEEHY, J. M. *et al.* Review of evaluation and valuation methods for cetacean regulation and maintenance ecosystem services with the joint cetacean protocol data. *Frontiers in Marine Science*, v. 9, p. 872679, 2022.
- STRAUSZ, M. Japan’s whaling diplomacy: Science, morality, and international norms 1. In: MCCARTHY, M. (Ed.) *Routledge Handbook of Japanese Foreign Policy*. Londres: Routledge, 2018. p. 381-390.
- STOETT, P. Irreconcilable differences: the international whaling commission and cetacean futures. *Review of Policy Research*, v. 28, n. 6, p. 631-634, 2011.
- SUMIDA, P. *et al.* Deep-sea whale fall fauna from the Atlantic resembles that of the Pacific Ocean. *Scientific reports*, v. 6, n. 1, p. 22139, 2016.
- EGUCHI, T.; LANG, A. R.; WELLER, D. W. Abundance of eastern North Pacific gray whales 2022/2023. *NOAA Technical Memorandum NMFS*, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.25923/n10e-bm23>.
- URBINA, I. *Oceano sem lei: jornadas pela última fronteira selvagem*. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2021.
- VIANNA, H. F. R. *O confronto entre conservacionistas e caçadores na regulamentação internacional da caça à baleia: considerações para a atuação do Brasil na Comissão Internacional da Baleia*. Brasília, DF: Instituto Rio Branco, 2003.
- WHITEHEAD, H.; SHIN, M. Current global population size, post-whaling trend and historical trajectory of sperm whales. *Scientific Reports*, v. 12, n. 1, p. 19468, 2022.

- WORLD, C. Japan's resumption of commercial whaling and its duty to cooperate with the International Whaling Commission. *J. Envtl. L. & Litig.*, v. 35, p. 87, 2020.
- ZACHARIAS, M. A.; GERBER, L.; HYRENBACH, D. K. Review of the Southern Ocean Sanctuary: marine protected areas in the context of the International Whaling Commission Sanctuary Programme. *J. Cetacean Res. Manage.*, v. 8, n. 1, p. 1-12, 2006.

Eixo 3:
Ciência e tecnologia ambiental

CAPÍTULO 8

Avaliação socioambiental a partir do modelo multirregional de insumo-produto: o caso da demanda têxtil brasileira

*Alessandra Maria Giacomini
Jhonathan Fernandes Torres de Souza
Sergio Almeida Pacca¹*

RESUMO

O objetivo do estudo deste capítulo foi avaliar o impacto socioambiental da cadeia têxtil brasileira, mensurando e analisando as emissões de gases de efeito estufa (GEE) e a geração de empregos decorrentes da demanda por produtos têxteis no Brasil. O método se baseou no modelo multirregional de insumo-produto (MRIP), com o uso da interface Pymrio e da base de dados Exiobase 3 para o ano de 2015. Os resultados apontam que a abordagem da demanda baseada no MRIP conduz a uma maior representação do setor de resíduos nas emissões totais da cadeia têxtil, em comparação com as tradicionais Avaliações do Ciclo de Vida (ACV). Em termos absolutos, entretanto, as emissões diretas pelo descarte têxtil de 2015 são maiores pelo

¹ O presente trabalho foi realizado com apoio da Capes – Código de Financiamento 001.

método tradicional de inventário do que pelo MRIP. A simples redução da demanda têxtil como estratégia de mitigação das emissões de GEE se mostrou pouco atrativa socialmente devido à perda de empregos, sobretudo nacionais (130 empregos/Gg-CO₂e), em comparação com aço e cimento, outros setores importantes com relação às contribuições para a mudança climática. Para se minimizar o impacto sobre o setor de resíduos, estratégias de ambos os lados, oferta e demanda têxtil devem ser adotadas. Para o lado da demanda, é fundamental a mudança do modelo *fast fashion* para o *slow fashion*, que prioriza os princípios da sustentabilidade (consumo consciente, durabilidade, eficiência material). Análises holísticas, como o MRIP, são essenciais na compreensão das inter-relações entre elementos naturais, econômicos e sociais, visando a promover a preservação ambiental e a sustentabilidade.

Palavras-chave: aspectos socioambientais; cadeia têxtil; setor de resíduos; modelo de insumo-produto.

SOCIO-ENVIRONMENTAL ASSESSMENT BASED ON THE MULTIREGIONAL INPUT-OUTPUT MODEL: THE CASE OF BRAZILIAN TEXTILE DEMAND

ABSTRACT

The objective of this study was assessing the socio-environmental impact of the Brazilian textile supply chain. To this end, we have accounted for and analyzed the greenhouse gas (GHG) emissions and employment resulting from the demand for textile products in Brazil. The methods were based on the Multiregional input-output (MRIP) model, using the Pymrio interface and Exiobase 3 for the base year 2015. The findings indicate that waste sector emissions have a larger share in the textile chain total emissions under the MRIP approach than under traditional Life Cycle Assessment (LCA) approach. However, in terms of absolute emission, direct emission due to textile disposal in 2015 is higher than the one estimated by MRIP. Reducing textile demand as a simple strategy to avoid GHG emissions is not socially attractive due to job losses, especially in Brazil (130 employment/GgCO₂e), in comparison to steel and cement, another important industries on the climate change. The article suggests that both supply-side and demand-side strategies must be adopted to mitigate waste generation and GHG emissions. For the demand-side, it is critical the change from a “fast fashion” model to a “slow fashion” model, which prioritizes the principles of sustainability (conscious consumption, durability, material efficiency). Holistic analyses, such as MRIP, are essential to understand the interrelations between natural, economic, and social elements, and to promote environmental preservation and the sustainability.

Keywords: socio-environmental aspects; textile chain; waste sector; multiregional input-output analyses.

8.1 INTRODUÇÃO

A mensuração dos impactos socioambientais é fundamental para se avaliar a sustentabilidade das atividades econômicas. A avaliação da sustentabilidade é um método holístico e complexo que transcende uma avaliação puramente técnica ou científica (Sala; Ciuffo; Nijkamp, 2015). Isso porque ela deve conduzir a uma tomada de decisão que, visando a solucionar determinado aspecto socioambiental, não gere prejuízos aos demais aspectos.

A complexidade permeia tanto os sistemas ambientais como os sistemas econômicos. Estes últimos têm se tornado cada vez mais interdependentes, por meio de redes transacionais de crédito, investimentos e cadeias de suprimentos (Schweitzer *et al.*, 2009). Por conta disso, as chamadas “pegadas” de produtos e serviços, como a pegada de carbono, contabilizadas por meio do método tradicional da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), muitas vezes acabam por subestimar os impactos socioambientais deles.

No caso da indústria têxtil, essa questão se torna especialmente significativa devido à sua alta complexidade e ao envolvimento com diferentes setores produtivos e de serviços (Mellick; Payne; Buys, 2021). Reconhecida por ter um percentual significativo nas emissões globais de dióxido de carbono (CO₂), contribuindo com aproximadamente 8 a 10% do total, a cadeia têxtil, apresenta um papel crucial no quesito social e econômico, gerando empregos em diversos países ao redor do mundo, principalmente no Sul Global (Niinimäki *et al.*, 2020).

Na questão ambiental, estudos têm mostrado que a fase de disposição de resíduos têxteis tem uma participação expressivamente baixa no total das emissões de gases de efeito estufa (GEE) dos têxteis, como 3% (Sandin *et al.*, 2019), 0,9% (Quantis, 2018) e 0,1% (Sohn *et al.*, 2021). No entanto, tais estudos são baseados em métodos de ACV, que, embora abranjam todas as etapas do ciclo de vida (escopo *cradle-to-grave*), raramente levam em consideração os impactos indiretos gerados pelas atividades econômicas nacionais ou globais, especialmente nos setores não relacionados diretamente ao fluxo principal de um produto ou serviço.

Por outro lado, as análises multirregionais de insumo-produto (MRIP) permitem uma visão mais abrangente dos fluxos de materiais, energia e emissões associados à produção de bens e serviços, levando em consideração as cadeias de suprimento globais (Wiedmann; Lenzen, 2018). O MRIP é uma abordagem que analisa todos os elos da cadeia de produção de um setor produtivo (Tukker; Wood; Giljum, 2018). Essa análise ampla e integrada permite uma compreensão mais precisa dos impactos ambientais relacionados a um setor específico ou a um sistema econômico como um todo (Wood *et al.*, 2018).

O MRIP é uma evolução do modelo insumo-produto, desenvolvido por Leontief em 1936. Em relação ao modelo insumo-produto tradicional, que envolve uma matriz

de n setores nacionais, o MRIP apresenta uma abrangência territorial global, formando categorias de Setor x País. Cada setor é passível de demandar e ser demandado por todos os demais setores da economia global, inclusive a si mesmo. Uma vez que uma demanda final, em unidade monetária, seja gerada em determinado setor (neste estudo, no setor têxtil brasileiro), é possível, com o cenário econômico de um ano base e por meio da álgebra linear, determinar o quanto de produção econômica seria necessária, em cada setor do modelo e, posteriormente, transpor o valor monetário de cada setor demandado da economia global para impactos sociais ou ambientais. O modelo é ilustrado na Figura 8.1, que contrapõe a ótica da ACV baseada na demanda com a ótica da ACV convencional, baseada no produto.

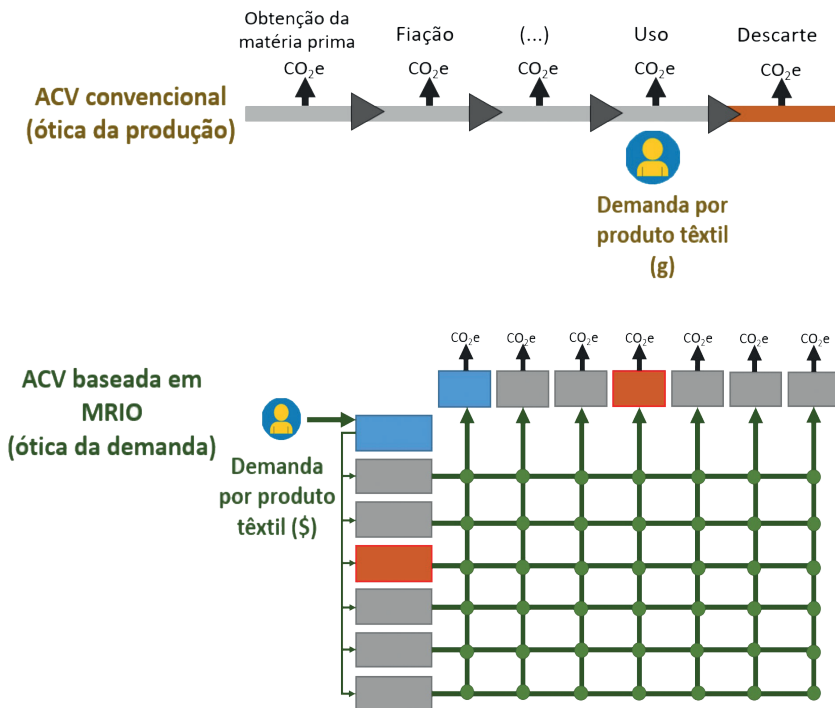


Figura 8.1 Comparação dos quadros metodológicos de ACV convencional e da ACV MRIP. As caixas em azul no MRIP representam o setor têxtil, e as caixas em laranja representam o setor de resíduos, correspondendo ao segmento em laranja na abordagem ACV convencional.

No contexto da atual pesquisa, ressalta-se a notável escassez de estudos que se dediquem à análise MRIP com foco exclusivo em uma única cadeia de produção. A maior parte das investigações existentes nesse campo se encontra fundamentada em análises macroeconômicas, a exemplo de Tukker *et al.* (2016), que avaliaram a pegada ambiental da União Europeia e sua relação com o comércio internacional, e

o estudo de Wood *et al.* (2018), que analisou os padrões de eficiência de recursos e os impactos ambientais associados ao comércio internacional entre países desenvolvidos e em desenvolvimento.

Para a cadeia têxtil, no entanto, somente dois estudos foram recuperados em revisão da literatura. O primeiro (Peters; Li; Lenzen, 2021) utilizou a análise MRIP em conjunto com a base de dados EORA, com o objetivo de avaliar de maneira abrangente os impactos decorrentes da cadeia global de valor de vestuário e calçados, e concluiu que o setor gerou um incremento de 1,0 para 1,3 bilhão de tonelada de CO₂, e ao longo de um período de 15 anos. O segundo estudo (Giacomin; Pacca, 2021), específico para o Brasil, apresentou os principais setores que impactam nas emissões de GEE, consumo de energia e geração de empregos, impulsionados pelo consumo de produtos têxteis. Apesar de comparar a grandeza dos impactos indiretos sobre os diretos, o estudo citado, além de estar referenciado em um ano mais antigo (2011) que no caso do presente estudo (2015), não apresenta uma análise discriminada setorial e territorialmente, além de não correlacionar a variável socioeconômica (empregos) com a ambiental (emissões de GEE).

É importante notar que a cadeia têxtil também desempenha um papel significativo na geração de empregos, especialmente em países em desenvolvimento, contribuindo para a melhoria econômica e social (Mellick; Payne; Buys, 2021). De fato, embora sejam fundamentais para a mitigação dos impactos ambientais, como a geração de resíduos e as emissões de GEE, é importante considerar que estratégias buscando a redução do consumo, sob a ótica da demanda, podem ter potenciais efeitos negativos sobre a geração de empregos. Portanto, devem ser minuciosamente examinadas, a fim de se avaliarem suas vantagens e desvantagens e quais setores da economia seriam mais afetados positiva ou negativamente. É certo que esses efeitos sistêmicos, por conta da redução da demanda final, vão ser distintos dependendo do setor analisado, seja a indústria têxtil, sejam, por exemplo, as indústrias de aço e cimento.

Aço e cimento são classificados pela literatura como setores de difícil descarbonização, para os quais a redução da demanda (como está sendo sugerida para têxtil) tem ganhado espaço como caminho de mitigação em estudos recentes (ETC – Energy Transition Commission, 2018). Especialmente para cimento, alguns autores nacionais enfatizaram a importância da industrialização do concreto e da argamassa, o que reduz os desperdícios de cimento, sua demanda e, por consequência, as emissões associadas à sua produção (Punhagui *et al.*, 2018; Reis *et al.*, 2021). Embora a indústria têxtil possua processos produtivos e mercado bastante distintos em relação à de aço e cimento sob uma ótica da oferta, esses mesmos setores tornam-se comparáveis sob uma análise holística de desmaterialização da demanda. Cabe ressaltar que a Comissão Europeia planeja ampliar a EU Ecodesign Directive, que visa a estabelecer padrões

de eficiência material para produtos têxteis e para produtos intermediários, como aço e cimento, em uma nova legislação sobre produtos sustentáveis (Bashmakov *et al.*, 2022).

Dado esse contexto, o objetivo do presente estudo foi conduzir uma avaliação socioambiental sob a ótica da demanda por meio do MRIP, tomando o setor têxtil brasileiro como estudo de caso. Dentro desse objetivo geral, foi intuito da pesquisa: (i) analisar as emissões geradas pela cadeia de produtos têxteis no Brasil sobre o setor de resíduos nacional e internacional; (ii) estimar as emissões geradas diretamente por resíduos têxteis (abordagem do produto) e comparar os resultados com as emissões relacionadas ao objetivo (abordagem da demanda); e (iii) avaliar o impacto socioambiental da redução da demanda têxtil e compará-lo com os dos setores de aço e cimento, industriais igualmente relevantes no Brasil do ponto de vista de emissões de GEE.

8.2 METODOLOGIA

A análise MRIP foi conduzida neste estudo por meio do Pymrio, uma interface de código aberto baseada em linguagem Python que permite a utilização de bases de dados MRIP para análises de impactos ambientais, tornando o processo mais eficiente e acessível (Stadler, 2021).

A base de dados utilizada foi a Exiobase 3, referente ao ano de 2015 (por ser o último ano com dados disponíveis), que inclui 163 setores por 200 produtos, para 44 países e 5 regiões do mundo, nas quais o restante dos países está agregado (Stadler *et al.*, 2018). A base de dados Exiobase 3 é uma das mais completas para a análise de impactos ambientais multirregionais. Ela permite a análise de fluxos de materiais, energia e emissões entre países e regiões do mundo, considerando a produção, o consumo e o comércio de bens e serviços (Tukker; Wood; Giljum, 2018).

No Pymrio, os têxteis são representados pelo setor *manufacture of textiles*. O setor de resíduos é representado por *landfill of waste*, discriminado em seis subsetores: *food, paper, plastic, inert/metal/hazardous, textiles* e *wood*. A análise foi conduzida na esfera setorial e na esfera territorial. Na esfera setorial, foram somados os resultados de todos os países/regiões para cada categoria de resíduos. Na esfera territorial, realizou-se o inverso, somando-se todas as categorias de resíduos para cada país/região.

Para avaliar as emissões de GEE, foi selecionada a categoria de impacto *GHG emissions (GWP100)/ Problem oriented approach: baseline (CML, 1999) | GWP100 (IPCC, 2007)*, cuja unidade está em kgCO_2e . Para a categoria de empregos, foi selecionada a categoria *employment*, cuja unidade é 10^3 empregos. As saídas dos impactos ambientais no MRIP estão na base de um milhão de euros.

8.2.1 Emissões diretas por disposição de resíduos têxteis

O objetivo desta análise específica foi comparar as emissões diretas de resíduos têxteis referentes ao descarte dos têxteis em 2015 com as emissões resultantes da abordagem MRIP, que contabilizam as emissões ao longo da cadeia até o consumo dos produtos têxteis.

Para estimar as emissões diretas do descarte dos resíduos têxteis, foi utilizada a ferramenta para cálculo das emissões de metano pelo método de Tier 1 (fatores *default*), disponibilizada pelo IPCC (2006). O dado de entrada na ferramenta foi a multiplicação da população brasileira em 2015 (204.482 mil habitantes), pelo consumo têxtil per capita em 2015 (12 kg/habitante), conforme apresentado no Relatório Setorial da Indústria Têxtil Brasileira (ABIT, 2019), e considerando-se um intervalo de descarte imediato (mesmo ano) de resíduos têxteis. Ou seja, assumimos que o estoque de produtos têxteis estaria em equilíbrio, sendo a massa descartada igual a massa consumida em 2015. Segundo a Design4circle (2019), esse valor de descarte é cerca de 87%: 10% durante a fase de produção, 2% em perdas pré-vendas, 2% em perdas durante a coleta e triagem produtos descartados, e a maior parcela, 73%, corresponde a roupas descartadas pelos usuários após o uso. Weber, Lynes e Young (2017) chegaram a um valor total de 85%, próximo ao da Design4circle (2019). Portanto, na presente análise, assumiu-se um intervalo de sensibilidade para o descarte imediato de 65% a 95%, o que resulta em uma faixa de 1.594,96 – 2.331,09 Gg de resíduos têxteis gerados em 2015.

Diferentemente das emissões pela queima de combustíveis fósseis, as emissões de uma massa de resíduos ocorrem ao longo de vários anos após o ano de depósito dos mesmos, conforme uma função de decaimento de primeira ordem. Assim, atribuiu-se aos resíduos têxteis descartados em 2015 o somatório das emissões dos 50 anos decorrentes do descarte.

A fim de comparar os resultados da ferramenta do IPCC com os do Pymrio, foram necessários dois passos adicionais. O primeiro foi a conversão da emissão de metano em $GgCH_4$, conforme saída da ferramenta, para $GgCO_2e$. Isso foi realizado com base no GWP-100 (AR5) de 28 (GHG Protocol, 2023). O segundo foi a conversão do resultado do Pymrio, da base monetária para base absoluta, multiplicando-o pela demanda final monetária (soma de todas as categorias) do setor têxtil presente na matriz Y do Pymrio, equivalente a 7 134,053 EUR.

8.2.2 Índice de impacto socioambiental de redução da demanda (Isard)

Os impactos sobre empregos e emissões de GEE referentes à demanda têxtil foram comparados com os das demandas de aço e de cimento, outros dois setores fundamentais para a economia brasileira.

Os impactos do aço são a soma de dois setores presentes no Pymrio: *manufacture of basic iron and steel and of ferro-alloys and first products thereof*, que representa a produção de aço primário, ou seja, a partir de minério de ferro; e *re-processing of secondary steel into new steel*, que representa a produção de aço a partir de sucata. Já os impactos do setor de cimento são referentes ao *manufacture of cement, lime and plaster*, setor que agrega cimento, cal e gesso; porém, cabe ressaltar que cimento, junto com aço, representa, em média 76% das emissões de todo o setor industrial (Brasil, 2022).

Para comparar o setor têxtil com aço e cimento, foi desenvolvido um índice nomeado Isard (impacto socioambiental de redução da demanda), que é a divisão da categoria empregos (emprego/\$) pela categoria GEE ($\text{CO}_2\text{e}/\$$). O Isard, apresentado em emprego/Gg CO_2e , representa o quanto a redução da demanda visando à mitigação das emissões de CO_2 pode acarretar prejuízos para a geração de emprego. Quanto maior o valor do Isard para determinado setor, menos atrativa, socialmente, é uma estratégia de mitigação de GEE baseada na ótica da demanda. O Isard foi calculado para a economia brasileira, para a economia estrangeira, como também para a média global.

8.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, são apresentadas as saídas do modelo Pymrio, acompanhadas de análises e considerações pertinentes acerca desses resultados.

8.3.1 Análise dos impactos dos têxteis sobre o setor de resíduos (sub2)

A Figura 8.2 sintetiza todas as análises referentes à demanda têxtil sobre o setor de resíduos.

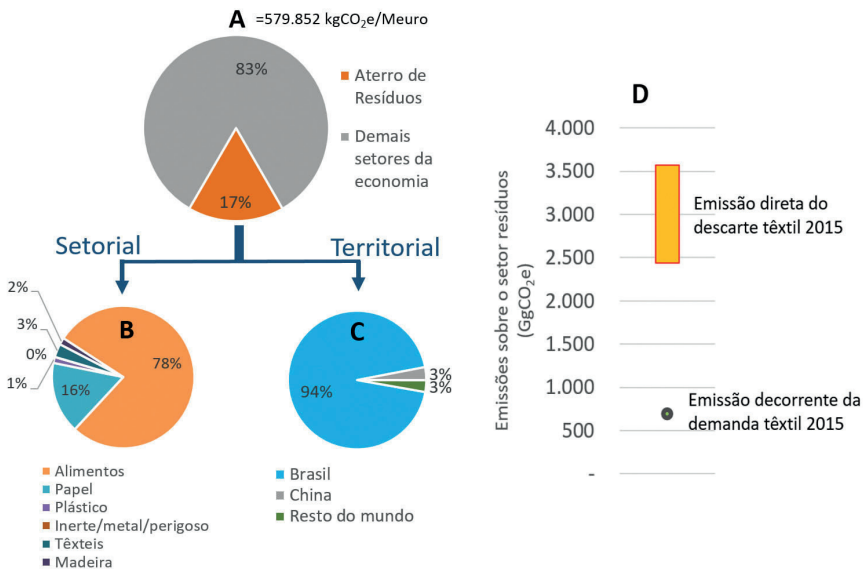


Figura 8.2 Análise das emissões no setor de resíduos decorrentes da demanda têxtil brasileira – (a) (b) (c) (d). O Gráfico A apresenta a emissão global. A parcela sobre o setor de resíduos é discriminada no Gráfico B, por tipo de resíduo, e no Gráfico C, por país. O Gráfico D apresenta a comparação da abordagem da ACV MRIP com a emissão direta da geração de resíduos têxteis em 2015.

De acordo com o Pymrio, existe uma emissão global de 579,8 tCO₂ por milhão de euros demandados em produtos têxteis. Esse valor é superior ao total (102 tCO₂/Meuro) encontrado em estudo anterior baseado na matriz de 2011 (Giacomin; Pacca, 2021), demonstrando um aumento médio das emissões de 43% a.a. em um período de quatro anos. Em contraponto, Peters, Li e Lenzen (2021) afirmam que o setor teve uma melhora considerável globalmente, por conta do maior aumento da produção têxtil em relação ao menor aumento das emissões até 2015. Esse cenário se caracteriza como um *relative decoupling*, pois, embora haja uma dissociação entre a produção e o impacto ambiental, esse último continua a aumentar em termos absolutos (Behrens *et al.*, 2007).

Os setores relacionados ao aterro de resíduos se destacam entre os quase oito mil que contribuem para esse valor global: resíduos alimentares no Brasil (2º lugar, 12%) e resíduos de papel no Brasil (7º lugar, 3%). Ao todo, o setor de aterro de resíduos representa 96,9 tCO₂/Meuro, ou seja, 17% das emissões globais da demanda por produto têxtil brasileiro (Figura 8.2a). Esse valor é consideravelmente maior que os dos estudos sob a ótica da produção anteriormente citados (Quantis, 2018; Sandin *et al.*, 2019; Sohn *et al.*, 2021), que ficam em torno de 1% a 3%.

A análise setorial (Figura 8.2b), mostrou um resultado contraintuitivo: somente 3% das emissões no setor de resíduos se referem aos próprios resíduos têxteis. Os

maiores representantes da emissão de resíduos resultantes da demanda têxtil são a disposição de resíduos alimentares (78%) e, em segundo lugar, a disposição de papel (16%). Esclarecemos que, em nossa abordagem, as emissões atribuídas aos resíduos alimentares são a soma da influência global de todos os setores da economia global, representados pelo MRIP, movimentados pela demanda têxtil brasileira, e não dos resíduos alimentares gerados diretamente pelos processos da indústria têxtil. Globalmente, alimentos representam 44% da composição dos resíduos, chegando a 57% considerando-se os países de baixa renda (World Bank, 2023). Em adição, resíduos alimentares, junto com o lodo de esgoto, possui o maior fator específico (k) de geração de metano (IPCC, 2006). Esses dois pontos ajudariam a explicar os resultados apresentados na Figura 8.2b.

Um ponto a ser relevado na análise é que a subdivisão por tipo de resíduos é uma estimativa feita pelos desenvolvedores do Exiobase 3 com base na contribuição de cada tipo nas emissões totais do setor de resíduos (tendo em vista os métodos de estimativa sugeridos pelo IPCC), não com base nos fluxos econômicos, como é para os demais setores presentes no modelo. Em termos de matriz econômica, existe somente um setor geral de resíduos. De todo o modo, essa subdivisão permite uma melhor compreensão dos impactos individuais da demanda têxtil, sendo importante para os achados do presente estudo.

O MRIP permite mensurar as emissões entre os setores, bem como entre países; porém, a análise territorial (Figura 8.2c) revelou que as emissões ocorrem basicamente no próprio Brasil (94%). Dos 6% restantes, que ocorrem fora das fronteiras brasileiras, mais da metade (3,1%) está concentrada na China. Em outras palavras, no caso do setor de resíduos, o problema das emissões de GEE pela demanda têxtil brasileira se circunscreve ao próprio território nacional. A cadeia têxtil no Brasil é verticalizada, sendo que o abastecimento interno é provido pela própria produção (Iemi – Inteligência de mercado, 2016).

Com o uso da ferramenta de inventário de emissões do IPCC, sob a abordagem da produção de resíduos têxteis, foi encontrado um valor entre 2.442 e 3.570 GgCO₂e emitidos por conta do descarte de têxteis no Brasil em 2015 (Figura 8.2d). No caso da análise MRIP, o valor emitido em aterros devido à demanda por produtos têxteis em 2015 é de 691 GgCO₂e. Esse valor é somente 28% comparado ao valor inferior obtido pela abordagem da produção. Dessa forma, conclui-se que, em longo prazo, as emissões associadas ao descarte de resíduos têxteis são maiores que as geradas no setor de resíduos decorrente da atividade econômica para atender à demanda por têxteis.

A ACV baseada em MRIP e a ACV tradicional possuem claras diferenças metodológicas. Por um lado, o MRIP é mais abrangente territorial e setorialmente, tendo em vista todas as possíveis interações econômicas a nível global; por outro lado, seus

resultados são restritos ao ano de referência da matriz de insumo-produto. A ACV por produto, além de considerar, no caso de resíduos, as emissões dos anos que se seguem ao ano de descarte, é construída sobre um escopo *cradle to grave*, enquanto no MRIP, o escopo é *cradle to gate*. O objetivo deste capítulo é justamente comparar essas distintas abordagens e seus resultados, sendo que a abordagem mais adequada dependerá do aspecto a ser estudado, da fase do ciclo de vida de interesse e do objetivo do estudo.

8.3.2 O preço social pela redução da demanda têxtil

Os achados mostram que a cada um milhão de euros demandados em produtos têxteis, são gerados 65,5 empregos, dos quais 57,1 (87%) são gerados no próprio Brasil. No caso da demanda por cimento, a proporção de empregos gerados nacionalmente é maior (92%) que no caso da demanda têxtil, apesar de o número absoluto de empregos ser menor (33,7). Já no caso da demanda por aço, tanto em empregos absolutos nacionais como em sua representação no total os resultados são menores (32,9; 77%).

O setor em que mais são gerados empregos pela demanda têxtil é o próprio setor têxtil, com 44%, seguido pelo setor de comércio varejista, com 16%, e do setor de comércio atacadista, com 15%. Todos esses setores no Brasil. No caso de aço, o setor no qual mais são gerados empregos é o próprio setor de aço primário (15%), seguido pelo setor de aço reciclado (14%). No caso de cimento, curiosamente, a geração de empregos no próprio setor de cimento fica em segundo lugar (25%), com o primeiro colocado sendo o setor de comércio atacadista (34%).

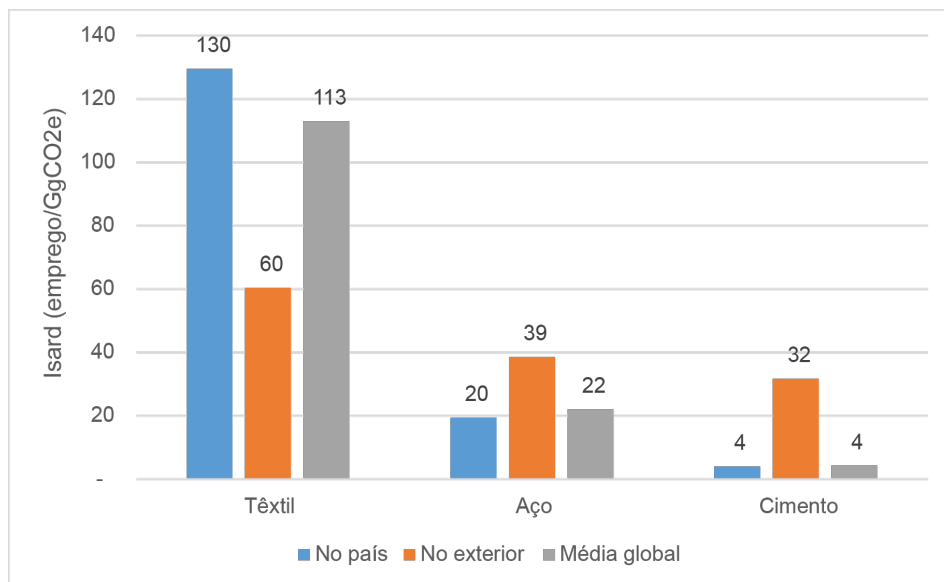


Figura 8.3 Índice Isard para os setores têxtil, de aço e de cimento, discriminados no impacto nacional, estrangeiro e global.

A Figura 8.3 apresenta o índice Isard para os setores analisados. Observa-se que o Isard global para o setor têxtil é 5 vezes maior do que para o setor de aço e 26 vezes maior do que para cimento. Em outras palavras, o prejuízo social da redução da demanda visando ao abatimento das emissões de GEE, em detrimento da geração de empregos, é visivelmente maior no caso têxtil comparado ao aço e cimento.

Outro ponto de destaque é a discriminação territorial. Diferentemente de aço e cimento, o Isard para têxtil é maior para os setores nacionais do que para os internacionais. Isso significa que estariam sendo perdidos mais empregos no Brasil por uma estratégia de redução da demanda têxtil. Esse é um achado importante, visto que o compromisso nacional para mitigação das mudanças climáticas, expressas na Contribuição Nacionalmente Determinada (*National Determined Contribution – NDC*) brasileira, são baseadas em emissões territoriais. 24% das emissões de GEE pela demanda têxtil são geradas fora do país; já para aço e cimento, esses valores são apenas 13% e 1%. Portanto, mesmo que as emissões de GEE tenham um efeito global, independentemente de onde sejam geradas, em termos de NDC brasileira e políticas climáticas, estratégias baseadas na redução da demanda têxtil são pouco eficazes comparadas às de outros setores, como aço e cimento.

Os autores ponderam que o Isard é um simples indicador para uma base comparativa geral entre duas das grandes categorias de impacto. Existem muitos detalhes que merecem análises específicas, como a composição de empregos, salários, informalidade, entre outros. Aliás, em termos globais, os impactos climáticos e sobre

o uso de água pelo setor têxtil têm sido maiores que os benefícios gerados pelos empregos e salários (Peters; Li; Lenzen, 2021).

8.3.3 Limitações da análise e recomendações

Esta seção aponta para as principais limitações da análise. Uma delas é que o MRIP envolve uma modelagem linear. Isso significa que se assume que os impactos aumentam ou diminuem proporcionalmente às demandas finais, enquanto no mundo real essas relações geralmente não são lineares.

Uma segunda limitação é que o MRIP é o retrato de um ano-base, e as relações intersetoriais tendem a modificar-se ao longo dos anos. Apesar de a dimensão temporal não fazer parte do presente estudo, estudos têm trabalhado com modelos de insumo-produto variando no tempo, a exemplo Dietzenbacher e Hoen (2006), que estudaram a estabilidade e previsibilidade dos coeficientes de Leontief.

Uma terceira limitação é o nível de resolução das matrizes de insumo-produto e as alocações realizadas em cada setor. A exemplo, foi visto que o aço se divide em dois setores no Exiobase 3, enquanto o cimento está agregado com outros dois produtos. Embora não seja exatamente uma barreira, a depender do setor analisado, esse fato pode dificultar a análise das saídas do modelo, ou será necessário algum tipo de estimativa de alocação, como feito para o setor de resíduos, por tipo de resíduo.

Por fim, no que tange ao Isard, é importante considerar que estratégias de redução de demanda, em especial tecnologias ou medidas de eficiência material ou desmaterialização, afetam a demanda final de vários setores simultaneamente, podendo alterar o balanço de empregos e, provavelmente, gerar novas categorias de emprego.

8.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresentou uma avaliação socioambiental baseada no modelo MRIP para avaliar as contribuições da demanda têxtil brasileira sobre as emissões de GEE, com foco no setor de resíduos e na geração de empregos.

A redução da demanda têxtil como estratégia para abater emissões de GEE é menos socialmente atrativa se o foco for a perda de empregos por emissão evitada, quando comparada ao caso de outros setores importantes, como aço e cimento. Todavia, é importante o entendimento sobre qual a natureza de redução de demanda que vem sendo proposta. No caso de aço e de cimento, a redução está pautada em tecnologias e arranjos que diminuam suas demandas para um uso final necessário, sobretudo no âmbito de novas habitações e de infraestrutura para o Brasil. No caso têxtil, existe uma margem adicional no que concerne a um uso final desnecessário, no atual modelo de negócios conhecido como *fast fashion*. Esse paradigma, embora tenha promovido um estímulo à produção e ao consumo de maneira intensa, frequentemente resulta

na configuração de cadeias de produção altamente descentralizadas, na preferência por materiais sintéticos, na elaboração de peças caracterizadas por curta durabilidade e baixo custo, e em um ciclo de obsolescência acelerado.

Dado esse cenário e o fato de que as emissões dos resíduos têxteis são maiores que as geradas ao longo da cadeia econômica têxtil (como visto na Figura 8.2d), a solução se encontra na adoção do modelo de negócios denominado *slow fashion*, que envolve a preferência por materiais naturais de maior durabilidade e incentiva uma conexão mais estreita entre os consumidores e os produtos têxteis. Além disso, o conceito de *slow fashion* estimula a compra consciente, valorizando peças com propósito em vez de modismos momentâneos. Isso resulta em uma produção em menor escala, contribuindo para a redução do desperdício e dos impactos ambientais relacionados à indústria têxtil (Niinimäki *et al.*, 2020).

Foi visto que a participação do setor de resíduos nas emissões totais do têxtil são mais relevantes do que se estima por ACV tradicionais, em especial as relacionadas aos resíduos alimentares (embora a estimativa por tipo de resíduo seja exógena ao MRIP). Assim, concomitantemente a estratégias voltadas à demanda têxtil, são sugeridas algumas estratégias pela via da produção, como: padrões de controle de processo, treinamentos com foco em educação ambiental e contratos restritos com fornecedores certificados. Também é fundamental para a indústria têxtil a ciência sobre o tipo de resíduo que emite mais GEE na cadeia de produção e, desse modo, estabelecer contato com fornecedores por meio da rastreabilidade da cadeia, visando a minimizar os impactos gerados. Isso pode ser instrumentalizado por declarações ambientais como as *Environmental Product Declarations* (EPD International, 2023).

O meio ambiente é um sistema complexo; dessa forma, a preservação do ambiente e a sustentabilidade devem ser apoiadas em análises complexas que busquem compreender as inúmeras inter-relações entre os elementos naturais, econômicos e sociais. O presente artigo, por meio do MRIP, promoveu esse tipo de análise.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL (ABIT). *Relatório setorial da indústria têxtil brasileira 2019*. São Paulo: Abit, 2019.
- BASHMAKOV, I. *et al.* *Climate change 2022: mitigation of climate change*. Contribution of working group III to the sixth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2022.
- BEHRENS, A. *et al.* The material basis of the global economy. Worldwide patterns of natural resource extraction and their implications for sustainable resource use policies. *Ecol Econ*, v. 64, n. 2, p. 444-53, dez. 2007. Disponível em: <https://econpapers.repec.org/arti->

- cle/eeecolec/v_3a64_3ay_3a2007_3ai_3a2_3ap_3a444-453.htm. Acesso em: 16 fev. 2024.
- BRASIL. *Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil*. Brasília, DF: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2022.
- DESIGN4CIRCLE. Circular economy in the textile and footwear industry: skills and competences for a sector renewal. União Europeia, 2019. 67 p. Disponível em: https://design4circle.eu/wp-content/uploads/2021/04/CIRCULAR%20ECONOMY_IN_THE_TEXTILE_AND_FOOTWEAR_INDUSTRY_SKILLS_COMPETENCIES_FOR_SECTORAL_RENEWAL.pdf. Acesso em: 8 fev. 2024.
- DIETZENBACHER, E.; HOEN, A. Coefficient stability and predictability in input-output models: a comparative analysis for the Netherlands. *Const. Manag. and Econ.*, v. 24, n. 7, p. 671-80, jul. 2006. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01446190600567985>. Acesso em: 19 jun. 2023.
- ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION (EPD). *The international EPD system*. Estocolmo, 2023. Disponível em: <https://www.environdec.com/all-about-epds/the-epd>. Acesso em: 31 ago. 2023.
- ENERGY TRANSITION COMMISSION (ETC). *Mission possible – reaching net-zero carbon emissions from harder-to-abate sectors by mid-century*. Londres, 2018. Disponível em: <https://www.energy-transitions.org/publications/mission-possible/>. Acesso em 16 fev. 2024.
- GREENHOUSE GAS PROTOCOL (GHG PROTOCOL). *Global warming potential values*. Washington, 2023. Disponível em: https://ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/Global-Warming-Potential-Values%20%28Feb%2016%202016%29_1.pdf. Acesso em: 16 fev. 2024.
- GIACOMIN, A. M.; PACCA, S. A. Environmental and socioeconomic assessment of textile products consumption in Brazil – relationships with international trade. *Revista Kawsaypacha: sociedad y medio ambiente*, n. 7, p. 29-43, 16 mar. 2021. Disponível em: <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/Kawsaypacha/article/view/23472>. Acesso em: 22 nov. 2023.
- INTELIGÊNCIA DE MERCADO (IEMI). *Relatório setorial da indústria têxtil brasileira*. São Paulo, 2016.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL OF CLIMATE CHANGE (IPCC). *IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories*. v. 5: waste. 2006. Disponível em: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol5.html>. Acesso em: 21 ago. 2023.
- MELLICK, Z.; PAYNE, Al.; BUYS, L. From fibre to fashion: understanding the value of sustainability in global cotton textile and apparel value chains. *Sustain*, v. 13, n. 22, nov. 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/22/12681>. Acesso em: 1º ago. 2023.

- NIINIMÄKI, K. *et al.* The environmental price of fast fashion. *Nat. Rev. Earth & Environment*, v. 1, n. 4, p. 189-200, abr. 2020. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s43017-020-0039-9>. Acesso em: 6 ago. 2023.
- PETERS, G.; LI, M.; LENZEN, M. The need to decelerate fast fashion in a hot climate – A global sustainability perspective on the garment industry. *Journ Clean Produc*, v. 295, fev. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652621006107?via%3Dihub>. Acesso em: 9 ago. 2023.
- PUNHAGUI, K. R. G. *et al.* *Estudo de baixo carbono para a indústria de cimento no Estado de São Paulo de 2014 a 2030*. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo; Secretaria do Meio Ambiente; Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb); Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), 2018.
- QUANTIS. Measuring fashion: Insights from the environmental impact of the global apparel and footwear industries study. *Quantis*, p. 1-65, 2018. Disponível em: <https://quantis-intl.com/measuring-fashion-report-2018/>. Acesso em: 15 ago. 2023.
- REIS, D. C. *et al.* Potential CO₂ reduction and uptake due to industrialization and efficient cement use in Brazil by 2050. *Jour Ind Ecol*, v. 25, n. 2, p. 344-58, abr. 2021. Disponível em: <https://ideas.repec.org/a/bla/in ecol/v25y2021i2p344-358.html>. Acesso em: 15 ago. 2023.
- SALA, S.; CIUFFO, B.; NIJKAMP, P. A systemic framework for sustainability assessment. *Ecol Econ*, v. 119, p. 314-25, nov. 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800915003821>. Acesso em: 12 ago. 2023.
- SANDIN, G. *et al.* *Environmental assessment of Swedish clothing consumption – six garments, sustainable futures*. A Mistra future fashion report. Berna, 2019. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/270109142.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2023.
- SCHWEITZER, F. *et al.* Economic networks: the new challenges. *Science*, v. 325, n. 5939, p. 422-5, jul. 2009. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1173644>. Acesso em: 23 ago. 2023.
- SOHN, J. *et al.* The environmental impacts of clothing: evidence from United States and three European countries. *Sustain Pros and Cons*, v. 27, p. 2153-64, jul. 2021. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2352550921001603>. Acesso em: 6 ago. 2023.
- STADLER, K. PyMRIO – A python based multi-regional input-output analysis toolbox. *Jour of Open Res Softw*, v. 9, n. 1, p. 1-11, 2021. Disponível em: <https://openresearchsoftware.metajnl.com/articles/10.5334/jors.251>. Acesso em: 12 ago. 2023.
- STADLER, K. *et al.* EXIOBASE 3: developing a time series of detailed environmentally extended multi-regional input-output tables. *Jour of Ind Ecol*, v. 22, n. 3, p. 502-15, 2018. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jiec.12715>. Acesso em: 23 ago. 2023.

- TUKKER, A. *et al.* Environmental and resource footprints in a global context: Europe's structural deficit in resource endowments. *Glob Envir Chang*, v. 40, p. 171-81, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378016301091?via%3Dihub>. Acesso em: 3 ago. 2023.
- TUKKER, A.; WOOD, R.; GILJUM, S. Relevance of global multi-regional input-output databases for global environmental policy: experiences with EXIOBASE 3. *Jour of Ind Ecol*, v. 22, n. 3, p. 482-4, maio 2018. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jiec.12767>. Acesso em: 5 ago. 2023.
- WEBER, S.; LYNES, J.; YOUNG, S. Fashion interest as a driver for consumer textile waste management: reuse, recycle or disposal. *Inter Jour of Cons Stud*, v. 41, n. 2, p. 207-15, mar. 2017. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ijcs.12328>. Acesso em: 14 ago. 2023.
- WIEDMANN, T.; LENZEN, M. Environmental and social footprints of international trade. *Nat Geosc*, v. 11, n. 5, p. 314-21, abr. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1038/s41561-018-0113-9>. Acesso em: 25 ago. 2023.
- WOOD, R. *et al.* Growth in environmental footprints and environmental impacts embodied in trade: resource efficiency indicators from EXIOBASE3. *Jour of Ind Ecol*, v. 22, n. 3, p. 553-64, fev. 2018. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jiec.12735>. Acesso em: 24 ago. 2023.
- THE WORLD BANK. *What a waste 2.0*. A global snapshot of solid waste management to 2050. Trends in solid waste management. Washington, 2023. Disponível em: https://datatopics.worldbank.org/what-a-waste/trends_in_solid_waste_management.html. Acesso em: 25 ago. 2023.

CAPÍTULO 9

Poluição por microplásticos e sua relação com as roupas que lavamos

*Maria Carolina Garcia Peixoto Sacchi
Wânia Duleba¹*

RESUMO

Este capítulo aborda a poluição por microplásticos (MP), com foco nas microfibras liberadas ao se lavarem roupas sintéticas, como poliéster, acrílico e poliamida. O objetivo é analisar a relação entre a liberação de microfibras plásticas durante a lavagem doméstica de roupas e os fatores envolvidos. As microfibras plásticas são liberadas ao se lavarem roupas, poluindo os ecossistemas aquáticos, tornando-se uma crescente preocupação ambiental devido aos impactos potenciais na vida marinha e na saúde humana. A pesquisa usa abordagem bibliométrica, buscando dados em bases como Scopus e Web of Science. Foram analisados 171 artigos sobre microplásticos, microfibras e lavagem doméstica de roupas. Apesar da dificuldade em se compararem os trabalhos entre si, devido à falta de padronização nos métodos utilizados nos artigos, resultados mostram que parâmetros de lavagem, como tipo de detergente, temperatura da água e duração do ciclo, influenciam a liberação de

1 Os autores agradecem à Milena Maltese Zuffo pelo auxílio na parte jurídica. O presente trabalho foi realizado com apoio da Capes – Código de Financiamento 001.

microfibras. Características dos artigos têxteis, como tipo de fibra e construção do tecido, também afetam a quantidade liberada. Compreender os fatores que contribuem para a liberação de microfibras é fundamental para se desenvolverem estratégias de mitigação e controle dessa poluição. A revisão ressalta a necessidade de mais pesquisas que padronizem métodos de análise das microfibras, bem como a normalização dos métodos de lavagem dos têxteis. Além disso, o estudo destaca a atenção por parte de formuladores de políticas ambientais e legisladores no sentido de aprovarem normas que exijam a implementação de filtros para se reterem MP nas máquinas de lavar roupas, como já é exigido pela lei aprovada na França. Em conclusão, este estudo contribui para uma visão abrangente da poluição por MP resultante da lavagem de roupas, destacando a importância de práticas sustentáveis na escolha de produtos têxteis e no manejo adequado do descarte de resíduos plásticos.

Palavras-chave: poluição por microplásticos; microfibras; máquina de lavar; lavanderia doméstica; impacto ambiental.

ABSTRACT

This chapter addresses microplastic (MP) pollution, with a focus on microfibers released when washing synthetic garments, such as polyester, acrylic, and polyamide. The aim is to analyze the relationship between the release of plastic microfibers during domestic laundry and the factors involved. Plastic microfibers are released during clothing washing, polluting aquatic ecosystems, becoming a growing environmental concern due to potential impacts on marine life and human health. The research employs a bibliometric approach, seeking data from databases such as Scopus and Web of Science. We analyzed 171 articles on microplastics, microfibers, and domestic laundry. Despite the difficulty in comparing the studies due to the lack of standardization in the methods used in the articles, the results indicate that washing parameters, such as detergent type, water temperature, and cycle duration, influence the release of microfibers. Characteristics of textile articles, such as fiber type and fabric construction, also affect the quantity released. Understanding the factors contributing to microfiber release is crucial for developing mitigation and control strategies for this pollution. The review emphasizes the need for more research that standardizes methods for analyzing microfibers, as well as the normalization of textile washing methods. Additionally, the study highlights the attention of environmental policy makers and legislators in enacting regulations that require the implementation of filters to capture MP in washing machines, as is already mandated by the law passed in France. In conclusion, this study contributes to a comprehensive understanding

of MP pollution resulting from clothing washing, emphasizing the importance of sustainable practices in textile product selection and proper management of plastic waste disposal.

Keywords: microplastics; microfibers; washing machine; household laundry; environmental impact.

9.1 INTRODUÇÃO

A poluição por microplásticos (MP) se tornou uma preocupação ambiental crescente, com impactos potencialmente significativos para a vida marinha e de outros ambientes aquáticos, e, por extensão, para a saúde humana (De Falco *et al.*, 2019). Uma fonte relevante e até então subestimada de MP é a lavagem de roupas produzidas com fibras sintéticas, como poliéster, poliamida e acrílico. Durante o processo de lavagem, pequenas partículas de plástico, conhecidas como microfibras, são liberadas do tecido e podem acabar poluindo os ecossistemas aquáticos (Conley *et al.*, 2019). Isso ocorre porque as estações de tratamento de esgoto (ETE) não são capazes de filtrar os MP das águas residuais.

Este capítulo de revisão bibliográfica tem como objetivo realizar uma análise de estudos existentes sobre a poluição por MP resultante da lavagem doméstica de roupas. Especificamente, buscou-se investigar a relação entre a liberação de microfibras plásticas durante o processo de lavagem e os principais fatores envolvidos nesse fenômeno. Não são analisados aqui trabalhos referentes a lavagens industriais e comerciais.

Dentre os fatores a serem abordados nesta revisão estão o tipo de detergente utilizado, a temperatura da água, a duração do ciclo de lavagem e as características dos artigos têxteis, como o tipo de fibra sintética e a estrutura do tecido. A análise desses fatores permitirá uma compreensão mais completa dos mecanismos que contribuem para a liberação de MP no ambiente durante o ciclo de lavagem das roupas, realizadas no dia a dia nas nossas casas.

As perguntas norteadoras deste trabalho emergem como: quais são os principais fatores que influenciam a liberação de microfibras plásticas durante a lavagem de roupas domésticas? e Qual é o estado atual do conhecimento científico sobre o assunto? Com base na revisão da literatura científica disponível, buscamos fornecer uma visão abrangente dos avanços e lacunas no entendimento dessa problemática, destacando áreas que requerem maior investigação e atenção por parte da comunidade científica.

Compreender os fatores que contribuem para a liberação dessas microfibras plásticas durante o processo de lavagem de roupas é um passo fundamental para se desenvolverem estratégias eficazes de mitigação e controle dessa forma de poluição.

9.2 MÉTODOS

Para o referencial teórico sobre as características gerais dos MP, foram consultados trabalhos de referências e revisões (Hale *et al.*, 2020; Peng *et al.*, 2020; Andrady, 2017; Frias; Nash, 2019; Cesa *et al.*, 2017, entre outros). Para o tema relacionado à poluição por MP e lavagem doméstica, foi realizada uma revisão bibliográfica não sistemática e não exaustiva de artigos da área de Ciências Ambientais nas bases de dados Scopus

e Web of Science. O recorte temporal considerou apenas os artigos publicados até julho de 2023, momento em que foi realizada a última triagem. Dado que o tema em questão é recente, não foi necessário estabelecer um intervalo de tempo específico. Durante a pesquisa, foram utilizadas palavras-chave combinadas por operadores booleanos, a saber: ((“microplastics” OR “microplastic pollution”) AND (“microfiber”) AND (“washing machine” OR “household laundry”)). Depois de se selecionarem os artigos nos dois bancos de dados, as duplicatas foram removidas.

Posteriormente, foi utilizado o programa VOSviewer versão 1.6.17 para gerar redes de publicações científicas, países (Figura 9.1), termos de coocorrência (Figura 9.2), cocitação de referências (Figura 9.3) etc. Nos gráficos gerados, a distância entre dois nós indica o grau de relacionamento entre eles (Van Eck; Waltman, 2010) e o tamanho dos nós é proporcional ao número de vezes que a palavra-chave aparece.

9.3 FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA

9.3.1 Definição e características gerais dos microplásticos

A descoberta das micropartículas de plástico no ambiente aquático remonta a 1972, quando grandes quantidades de pequenas partículas foram avistadas flutuando na superfície do Mar dos Sargaços (Crawford; Quinn, 2017; Laglbauer *et al.*, 2014). Inicialmente chamadas “partículas de plástico”, foi apenas com a publicação de Thompson (2004) que o termo moderno “microplástico” foi introduzido. Desde então, a falta de uma definição padronizada para os MP tem sido um desafio para a pesquisa nessa área.

Dentre as divergências, destaca-se a questão do tamanho dos MP, com diferentes estudos adotando limites superiores e inferiores distintos. Enquanto a definição proposta por Arthur *et al.* (2009) é amplamente utilizada, considerando partículas menores que 5 mm, alguns estudos mencionam tamanhos entre 1 e 20 μm , e outros ainda consideram tamanhos acima de 1 μm (Hale *et al.* 2020; Frias; Nash, 2019; Andrady, 2017).

Diante dessa falta de padronização, Frias e Nash (2019) propuseram uma definição abrangente para MP como “quaisquer partículas sólidas sintéticas ou matrizes poliméricas, com forma regular ou irregular e com tamanho variando de 1 μm a 5 mm, de origem primária ou secundária, que são insolúveis em água”. Essa definição, que abarca diversos critérios, como tamanho, forma, densidade, composição química e origem, tem sido utilizada por vários autores (NOAA, 2021; Peng *et al.*, 2020; Rochman *et al.*, 2019).

Quanto à origem, os MP podem ser classificados como primários ou secundários. Fontes primárias incluem *pellets* de plástico usados como matéria-prima na indústria

ou presentes em produtos de higiene e cuidados pessoais, como esfoliantes e cremes (Barboza; Gimenez, 2015; Peng, 2017; Piehl *et al.*, 2019). Já os MP secundários são resultantes da fragmentação de plásticos maiores (como garrafas e sacolas), que se degradam gradualmente em partículas menores devido a processos físicos, biológicos e químicos no ambiente (Da Costa *et al.*, 2016). Outra importante fonte de MP secundários é a abrasão de pneus e a liberação de fibras plásticas durante a lavagem de roupas feitas de materiais sintéticos, como poliéster, acrílico e poliamida (Napper; Thompson 2020).

Os MP são compostos por diversos polímeros e podem conter uma variedade de aditivos. Utilizados em uma infinidade de produtos, esses MP são descritos em pelo menos sete morfologias diferentes e podem ser encontrados em diversas cores. Uma vez no ambiente, têm a capacidade de absorver contaminantes químicos, incluindo metais pesados e poluentes orgânicos persistentes (Rochman *et al.*, 2019).

A ocorrência dos MP é global, abrangendo mares (Suaria *et al.*, 2020), lagos de água doce (Earn *et al.*, 2021), rios (Blair *et al.*, 2019), praias (Piehl *et al.*, 2019), regiões polares (Adams *et al.*, 2021; Lusher *et al.*, 2015), ambientes terrestres internos e externos (Dris *et al.*, 2017). Relatos de contaminação por MP têm sido registrados até mesmo em áreas remotas, como montanhas de alta altitude (Napper *et al.*, 2020) e mar profundo (Reineccius *et al.*, 2020). A contaminação não se limita ao ar que respiramos, alcançando diversos alimentos consumidos pelo ser humano.

A poluição por MP afeta, portanto, a água limpa e o saneamento (ODS 6), o ambiente marinho (ODS 14) e a vida na Terra (ODS 15), tornando-se uma ameaça à saúde ambiental, devido à disseminação de MP transportados pelo ar.

9.3.2 Microfibras plásticas

As microfibras são principalmente liberadas a partir dos artigos têxteis (Adams, 2021) e da fragmentação de tecidos maiores que ocorre durante a produção e o uso de têxteis, bem como de artigos têxteis descartados (Vethaak; Martínez-Gómez, 2020). O Programa da Administração Oceânica e Atmosférica Nacional – NOAA (2021) também classificou o MP na categoria de microfibras, que são oriundas de fibras sintéticas, como poliéster, poliamida ou acrílico, usadas para fazer roupas, móveis e até mesmo redes e linhas de pesca. Com o uso geral, a lavagem e a secagem, as fibras podem se separar de itens maiores, criando MP secundários.

Têxteis e roupas sintéticos são uma grande fonte de poluição por MP (SAPEA, 2019). Segundo Gago *et al.* (2018), as microfibras estão entre os tipos mais prevalentes de resíduos de MP observados no meio ambiente. Nem todas as fibras são sintéticas; elas incluem uma variedade de fibras naturais usadas para roupas e outros têxteis, como algodão, linho, lã e seda, bem como compostos sintéticos, como acrílicos, po-

liéster, poliamida, polipropileno etc. No entanto, a composição dessas fibras é difícil de identificar, e muitos estudos simplesmente assumem que todas as microfibras são MP (Ryan *et al.*, 2020). As microfibras artificiais de celulose, como viscose, modal e *lyocel*, são relativamente persistentes e se acumulam no meio ambiente (Adams *et al.*, 2021).

A fabricação de têxteis, o desgaste e o aumento do consumo têm levado ao acúmulo dessas fibras no ambiente natural (Suaria *et al.*, 2020). A produção global de fibras quase dobrou nos últimos 20 anos, passando de 58 milhões de toneladas em 2000 para 113 milhões de toneladas em 2021, com previsão de crescimento para 149 milhões em 2030 (Textile Exchange, 2022). As fibras sintéticas dominaram o mercado de fibras desde meados da década de 1990, quando ultrapassaram os volumes de algodão. Somente em 2021, a fibra de poliéster representou 54% do total da produção global de fibras, com cerca de 68 milhões de toneladas produzidas. A produção global de fibras por pessoa aumentou de 8,4 quilos por pessoa em 1975 para 14,3 quilos por pessoa em 2021 (Textile Exchange, 2022).

O baixo custo de produção e a facilidade com que as fibras de poliéster podem ser fabricadas solidificam ainda mais suas vantagens sobre as fibras naturais (Carr, 2017). A previsão de crescimento do mercado de fibra sintética é de 7,4% anualmente entre 2023 e 2030 (GVR, 2023). Como o uso de têxteis sintéticos continua a aumentar e a produção mundial de fibras sintéticas ultrapassa a demanda de fibras naturais, o problema das microfibras liberadas no ambiente pode ser ainda mais grave no futuro (Acharya *et al.*, 2021).

Essas microfibras são liberadas durante o processo de lavagem e podem seguir trajetórias complexas, entrando nos sistemas de tratamento de águas residuais, alcançando os oceanos por meio de efluentes tratados e outras fontes não pontuais. Essa contaminação por microfibras plásticas representa um desafio significativo para a conservação do ambiente aquático, a qualidade da água e a saúde humana.

9.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

9.4.1 Análise bibliométrica

Foram encontrados 187 artigos relacionados a MP, microfibras e lavagem doméstica de roupas na pesquisa realizada nas bases de dados Web of Science (171) e Scopus (16). Os 16 artigos do Scopus foram eliminados para se evitarem redundâncias.

Dentre os 171 artigos selecionados, 153 são originais, 17 são provenientes de conferências, 9 são revisões e 4 estão em acesso antecipado.

As publicações são provenientes de diversos países, com destaque para Estados Unidos (35 publicações), Austrália (21 publicações), Índia e China (13 publicações

cada) e Países Baixos (12 publicações). Secundariamente, seguem Inglaterra (11 publicações), Canadá (9 publicações), Suécia e Japão (8 publicações cada), Itália (7 publicações), Brasil (4 publicações) e outros países europeus e africanos, como Bélgica, Egito, Burkina Faso, Nigéria e Malawi (Figura 9.1).

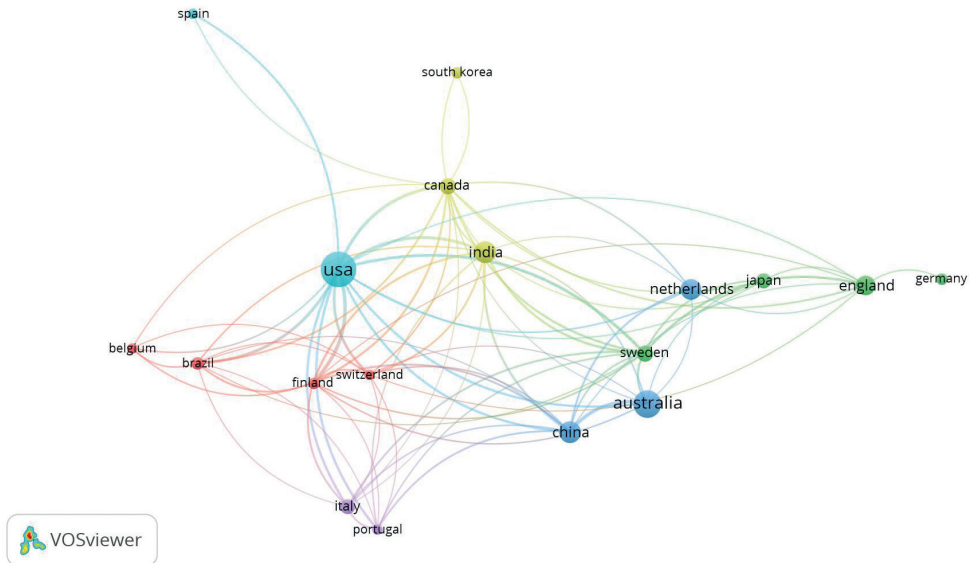
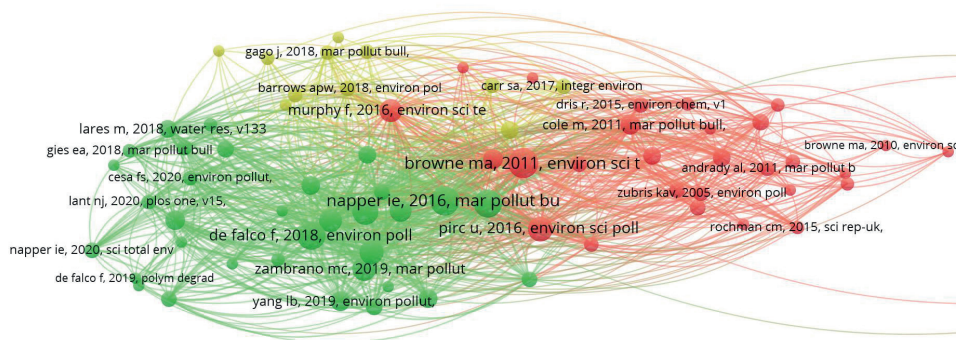


Figura 9.1 Mapa dos países com maior quantidade de artigos sobre microplásticos e lavagem doméstica de roupas sintéticas.

No tocante às palavras-chave encontradas nos artigos selecionados, os termos mais frequentes foram *microplastics*, *microfibers*, *household laundry*, *greywater* e *wastewater*, que apresentaram 23, 22, 22, 17 e 14 ocorrências, respectivamente (Figura 9.2). A Figura 9.2 mostra uma rede, em que o tamanho do nó é proporcional ao número de publicações e a espessura das linhas e as cores indicam a qual *cluster* o item pertence. As informações de *cluster* são particularmente úteis para fornecer uma visão geral da atribuição de itens aos *clusters* e da forma como quais esses grupos de itens estão relacionados entre si.

Tabela 9.1 Cocitação de referências das referências citadas com no mínimo de dez citações

Referências	Citações	força total do link	Título
Hartline nl, 2016, environ sci technol, v50, p11532, doi 10.1021/acs.est.6b03045	26	484	Microfiber masses recovered from conventional machine washing of new or aged garments
Almroth bmc, 2018, environ sci pollut r, v25, p1191, doi 10.1007/s11356-017-0528-7	23	411	Quantifying shedding of synthetic fibers from textiles; a source of microplastics released into the environment

**Figura 9.3** Rede bibliométrica da cocitação de referências.

A partir de 2013, houve um aumento progressivo nas publicações, atingindo-se o pico em 2020, com 25 artigos (Figura 9.4). Esse crescimento reflete o aumento da atenção dada à poluição por microplásticos resultante das atividades de lavagem de roupas.

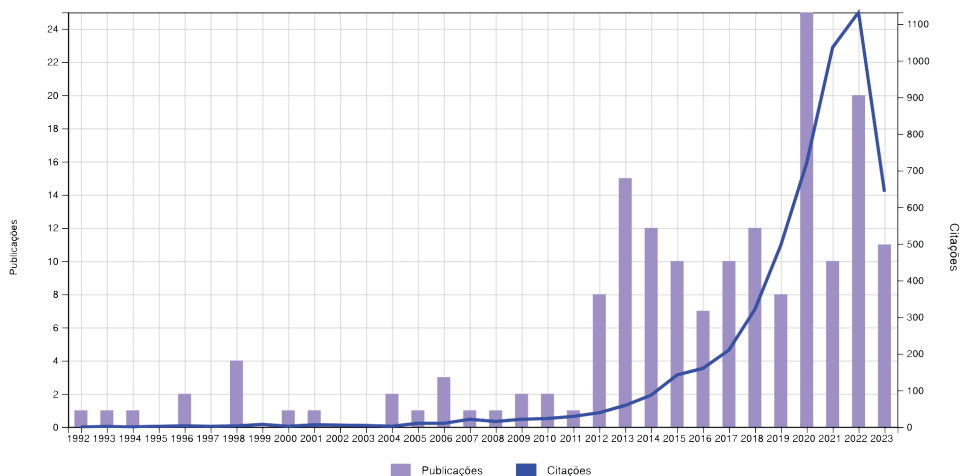


Figura 9.4 Número total de publicações sobre microplásticos liberados durante a lavagem de roupas no Web of Science.

Os cinco artigos mais citados nos últimos cinco anos, que abordam a lavagem de roupa como fonte de poluição por microplásticos, em ordem decrescente, são: Cesa *et al.* (2017), Hernandez *et al.* (2017), Siegfried *et al.* (2017), Almroth *et al.* (2018) e Hartline *et al.* (2016) (Tabela 9.2).

Tabela 9.2 Artigos mais citados sobre microplásticos MP liberados na lavagem doméstica de roupas nos últimos cinco anos

Autores	Título	Journal	Ano	Citações
Cesa <i>et al.</i>	Synthetic fibers as microplastics in the marine environment: A review from textile perspective with a focus on domestic washings	Science of the Total Environment	2017	388
Hernandez <i>et al.</i>	Polyester textiles as a source of microplastics from households: a mechanistic study to understand microfiber release during washing	Environmental Science & Technology	2017	357
Siegfried <i>et al.</i>	Export of microplastics from land to sea. A modelling approach	Water Research	2017	288
Almroth <i>et al.</i>	Quantifying shedding of synthetic fibers from textiles; a source of microplastics released into the environment	Environmental Science and Pollution Research	2018	253
Hartline <i>et al.</i>	Microfiber masses recovered from conventional machine washing of new or aged garments	Environmental Science & Technology	2016	232

9.4.2 Roupas como fonte de microfibras

Em 2011, o estudo de Browne *et al.* correlacionou pela primeira vez a presença de microfibras sintéticas no meio ambiente com a lavagem de roupas, sugerindo que grande parte desses tipos de MP encontrada nos oceanos poderia ser proveniente do efluente doméstico resultante das lavagens (Browne *et al.*, 2011). Desde então,

diversos estudos têm se concentrado em compreender a quantidade de microfibras liberadas por tecidos sintéticos durante a lavagem doméstica.

Por exemplo, De Falco *et al.* (2019) estimaram que a quantidade de microfibras liberadas durante a lavagem de roupas sintéticas variou de 124 a 308 mg por kg de tecido lavado, correspondendo a um número de microfibras que variou de 640 mil a 1,5 milhão.

Napper e Thompson (2016) examinaram a liberação de MP provenientes de roupas lavadas em diferentes condições de lavagem. Eles estimaram que mais de 700 mil fibras poderiam ser liberadas de uma carga média de lavagem de 6 kg de tecido acrílico. As fibras de materiais têxteis são uma subcategoria dos MP e podem ser originadas de lavagens domésticas, pois os sistemas de tratamento de águas residuais não são projetados para retê-las. Um estudo conduzido por Hartline *et al.* (2016) avaliou a liberação de microfibras de tecidos sintéticos durante a lavagem em máquinas convencionais. O experimento indicou que máquinas de carregamento frontal liberam aproximadamente sete vezes mais microfibras em relação às de carregamento superior. Além disso, roupas usadas submetidas a lavagens contínuas por 24 horas liberaram uma quantidade maior de microfibras em comparação a roupas novas. Outro estudo, realizado por Sillanpää e Sainio (2017), quantificou o número e a massa de microfibras de poliéster e algodão liberadas durante a lavagem em máquinas domésticas. Os resultados estimaram a emissão anual de microfibras de poliéster e algodão de máquinas de lavar de residências finlandesas em 154 mil kg e 411 mil kg, respectivamente.

Almroth *et al.* (2018) mediram a quantidade de microfibras liberadas de tecidos sintéticos, como acrílico, poliamida e poliéster, em diferentes tipos de tecido. Os tecidos de poliéster apresentaram a maior liberação de microfibras, com uma média de 7.360 fibras/m²/L-1 em uma única lavagem, em comparação com os tecidos de poliéster que liberaram 87 fibras/m²/L-1.

As ETE também têm sido foco de estudo quanto à retenção de MP. Conley *et al.* (2019) quantificaram a carga de MP e as eficiências de remoção em ETE com diferentes características e verificaram que a quantidade total de MP era significativa, ou seja, as ETE não eram capazes de removê-los completamente das águas residuais.

Ziajahromi *et al.* (2017) desenvolveram uma abordagem de modelagem para analisar a composição e a quantidade de fluxos de MP de fontes pontuais nos rios europeus para o mar. Eles chegaram à conclusão de que as principais fontes de MP são polímeros sintéticos provenientes do desgaste de pneus e estradas e têxteis à base de plástico. McIlwraith *et al.* (2019) testaram tecnologias comerciais para reduzir a liberação de microfibras durante a lavagem.

Além das métricas obtidas, todos os estudos aqui citados indicam que as fibras sintéticas de tecidos são uma das principais fontes de MP que são liberados nos rios e oceanos por meio de efluentes de águas residuais e diversas fontes não pontuais (Jessieleena *et al.*, 2023; Weis, 2019; Cesa *et al.*, 2017).

9.4.3 Parâmetros de lavagem e o efeito na liberação de microfibras

As microfibras estão entre os tipos mais prevalentes de resíduos MP observados no ambiente aquático. As fibras sintéticas dominam o mercado de fibras desde meados da década de 1990, quando ultrapassaram os volumes de algodão, sendo responsáveis atualmente por 64% da produção global de fibras. A lavagem doméstica é apontada como o principal meio de desprendimento de microfibras plásticas. No futuro, a crescente demanda por roupas de fibras sintéticas aumentará esse problema. As pesquisas demonstram que os parâmetros de lavagem, como tipo de detergente, temperatura e duração do ciclo de lavagem, influenciam na liberação das microfibras durante as lavagens, bem como o tipo de artigo têxtil, incluindo o tipo de fibra e tipo de construção têxtil. Porém, nas publicações já realizadas, não há consenso sobre quais são os principais fatores.

Zambrano *et al.* (2019) mostraram que o uso do detergente aumenta a geração de microfibras, ao comparar quatro tecidos de malha *interlock* com fios fiados (fibras descontínuas) contendo 100% algodão, 100% viscose, 100% poliéster e 50/50% poliéster/algodão. Segundo os autores, o surfactante promove o processo de mobilização das fibras do tecido para a solução de lavagem. Yang *et al.* (2019) também encontraram maior liberação de microfibras ao se lavarem tecidos com detergente em vez de apenas água, comparando tecidos 100% poliéster, 100% poliamida e 100% acetato. De Falco *et al.* (2019) constataram que o uso de detergentes, tanto na forma líquida quanto em pó, induz a um aumento na liberação de microfibras. Em particular, o produto em pó favorece o desprendimento de microfibras mais do que o líquido. Uma tendência semelhante foi obtida em todas as fibras analisadas (tecido liso 100% poliéster, tecido 100% poliéster e tecido liso 100% polipropileno). Napper e Thompson (2016) também constataram que a ausência de detergente em um ciclo de lavagem ocasionalmente resultava na liberação de menos fibras. Eles estudaram três tipos diferentes de fibras (65/35% poliéster/algodão, 100% acrílico e 100% poliéster) em tecidos de malha; porém, concluíram que os efeitos do detergente e do amaciante foram menos consistentes e em certo ponto divergentes.

Em contraste, Cesa *et al.* (2020) investigaram os efeitos dos parâmetros de lavagem na emissão de fibras em têxteis com diferentes características de construção (sendo todos em malharia circular) e fibras (100% algodão, 100% acrílico, 100% poliéster e 100% poliamida). Os resultados mostraram que o uso do detergente, sendo o de-

tergente líquido, reduziu significativamente a massa de microfibras emitidas pelas roupas sintéticas, mas não pelo algodão, que, em termos relativos, foi responsável pelas maiores emissões em comparação ao uso apenas de água.

Hernandez *et al.* (2017) mostraram que o uso de detergente parece afetar mais a massa total de fibras liberadas, porém, a composição do detergente (líquido ou em pó) ou a sobredosagem de detergente não influenciaram significativamente a liberação de microfibras. O estudo analisou dois tipos de tecidos com fio fiado de poliéster (malha *interlock* 100% poliéster e meia-malha 98/2% poliéster/elastano). Lant *et al.* (2020) avaliaram roupas de lã 100% poliéster, e os resultados mostraram que o uso de detergente ou amaciante não tem impacto significativo na liberação de microfibras, consistente com resultados publicados por Pirc *et al.* (2016), que realizaram um estudo com mantas de lã, no qual os autores não encontraram efeito do detergente e amaciante na liberação das microfibras e concluíram que o estresse mecânico é o principal fator que rege a liberação da fibra.

9.4.4 Parâmetros têxteis e o efeito na liberação de microfibras

Zambrano *et al.* (2019) estudaram quatro diferentes malhas *interlock* sem acabamento construídas com fios fiados de 100% algodão, 100% viscose, 100% poliéster e 50/50% poliéster/algodão. Eles concluíram que todos os tipos de fibras liberaram quantidades significativas de microfibras durante a lavagem. No entanto, os tecidos à base de celulose liberaram mais microfibras do que o poliéster com as mesmas estruturas de tecido.

De acordo com Hernandez *et al.* (2017), a quantidade de microfibras que o tecido desprenderá depende de uma série de variáveis, incluindo o tipo de tecido (tecido, malha ou não tecido), a textura (mais aberto ou mais denso), o tipo de fio (fio fiado, fio de filamento contínuo, liso ou texturizado) e a natureza e número dos diferentes tipos de fibra envolvidos. Tecidos com uma estrutura compacta, como tecido plano, usando-se fios altamente torcidos feitos de filamentos contínuos, podem ser preferíveis para reduzir a liberação de microfibras em comparação com uma estrutura mais solta, incluindo malha, com fios feitos de fibras curtas e baixa torção (De Falco *et al.* 2020). Segundo Cesa *et al.* (2020), características têxteis, como disponibilidade de massa e coesão da fibra, influenciaram os resultados, em que fibras irregulares mais curtas e tenacidades mais baixas resultaram em liberações maiores de microfibras.

Yang *et al.* (2019) mostraram que a liberação de microfibras foi dependente de vários fatores e pode estar relacionada à gramatura dos tecidos, que depende de diâmetro do fio, espessura do tecido e densidade linear. Ou seja, o número de microfibras aumentará com o aumento do título do fio devido à maior quantidade de fibras por seção transversal. Em contraste, um maior número de fios por unidade de comprimento

resultará em uma estrutura mais compacta com menor probabilidade de liberação de microfibras. Portanto, segundo o autor, as estruturas compactas liberaram menos fibras do que as mais volumosas.

Apesar de o estudo não ter o objetivo de avaliar o desprendimento de fibra de acordo com o tipo de fio, Cesa *et al.* (2020) avaliaram quatro composições têxteis distintas em fibra e tipo de fio, todas com estruturas de tecido de malha circular. A poliamida era a única fibra com fio de filamento contínuo, e essa fibra possui uma diferença estatística na liberação de fibras fragmentadas com todas as outras fibras de algodão e acrílico (fio fiado aanel), com exceção do poliéster. Comparativamente, na lavagem com detergente durante 20 minutos, em todos os dez ciclos de lavagem, a maior emissão é do algodão, seguida do acrílico, da poliamida e do poliéster, sendo os dois últimos sem significância estatística.

Özkan e Gündoğdu (2020) estudaram a liberação de fibras dos tecidos de malha produzidos a partir de fios de filamento e fio fiado de poliéster reciclado e poliéster virgem. Em geral, verificaram que os tecidos com fios fiados liberam mais fibras durante os dois primeiros ciclos de lavagem. No terceiro ciclo de lavagem, a quantidade de fibra estava próxima uma da outra para as amostras de fio de fibra e filamentos. Os autores também verificaram que existe uma correlação positiva entre o número de fibras liberadas e pilosidade maior que 4mm. Embora tenha havido uma tendência fraca, o comprimento da fibra liberada diminuiu com o aumento da pilosidade. Os autores afirmam que esse resultado pode ser explicado com maior quantidade de fibras curtas do que longas na pilosidade total.

9.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A poluição por MP representa um sério problema ambiental, e as microfibras representam uma das formas mais abundantes de MP encontrados no meio ambiente. A sua presença é principalmente atribuída ao seu desprendimento durante as lavagens de roupas. Com o aumento das demandas e do consumo per capita de têxteis sintéticos, é esperado um aumento na liberação de microfibras no meio ambiente.

As pesquisas revisadas neste capítulo indicam que os parâmetros de lavagem e as características dos artigos têxteis influenciam na liberação de microfibras durante a lavagem de roupas. Contudo, o desprendimento das microfibras plásticas durante a lavagem de roupas é um problema complexo influenciado por uma variedade de fatores, incluindo o tipo de tecido, a estrutura do tecido, o uso de detergentes, a temperatura da água, o tipo de máquina de lavar etc. Essas considerações são importantes para se entender e mitigar a liberação de fragmentos de fibras no meio ambiente. No entanto, ainda há uma divergência, ou falta de consenso, entre os estudos sobre quais são os principais parâmetros responsáveis por uma maior liberação de fibras

fragmentadas ou quais características têxteis mais influenciam no desprendimento. Além disso, apesar de a utilização de detergentes ser um fator relevante na liberação de microfibras, alguns estudos optaram por não utilizar nenhum tipo de detergente para avaliar o desprendimento.

Portanto, existem algumas lacunas importantes relacionadas à influência dos principais parâmetros relacionados com o desprendimento dos MP durante a lavagem doméstica de roupas: os parâmetros operacionais dos ciclos de lavagem (temperatura, centrifugação, tipo de máquina, tempo do ciclo, uso de produtos de lavagem etc.) e as propriedades físicas relacionadas com a fabricação das peças de vestuário (tipo de tecido, torção etc.).

Um desafio enfrentado na análise de amostras têxteis para a liberação de microfibras é a variabilidade inerente entre as amostras de tecido, relacionada aos tipos de fibra, de fio, de construção têxtil e de acabamentos. Essa variabilidade torna a comparação entre diferentes estudos difícil e inconclusiva. Nesse sentido, para uma melhor compreensão da liberação de fibras fragmentadas durante a lavagem de roupas, pesquisas futuras nessa área devem considerar o seguinte ponto: (i) fornecer características têxteis detalhadas que permitam comparar estudos com artigos têxteis semelhantes, incluindo a descrição de características como (1) tipo do fio, como fio fiado (método de fiação, nível de torção, comprimento da fibra) ou fio de filamento (liso ou texturizado, número de filamentos); (2) tipo do tecido (malha circular, malha de urdume, tecido plano, ligamento, densidade de fios, gramatura, espessura); e (3) se é um artigo final (modelo da roupa, se possui costuras e qual extensão).

Além disso, ainda é necessário aprofundar a compreensão dos impactos e desenvolver medidas mitigatórias eficazes sobre a liberação de microfibras durante as lavagens. Para enfrentar esse desafio, é essencial agir em várias frentes. Uma das abordagens é promover o consumo consciente e incentivar a compra de roupas provenientes de fontes sustentáveis. Outra abordagem bem eficiente é exigir a implementação de filtros para reter MP nas máquinas de lavar roupa, como já é exigido pela lei aprovada na França, que prevê filtros obrigatórios em todas as novas máquinas de lavar até 2025 (LOI n° 2020-105 du 10 février 2020). Na Austrália, o Plano Nacional de Plásticos 2021 anunciou que o governo australiano trabalhará com a indústria para implementar filtros de microfibras em todas as novas máquinas de lavar residenciais e comerciais até 2030 (Dawe, 2021). No Reino Unido, há um projeto em votação no Parlamento que prevê exigir que os fabricantes instalem filtros de retenção de microplásticos em novas máquinas de lavar domésticas e comerciais (UK Parliament, 2021).

Com a compreensão mais aprofundada de como as características dos têxteis e os parâmetros de lavagem influenciam no desprendimento de microfibras plásticas além de regulamentação global para abordar o problema da poluição por microplásticos

originados de lavagem de roupas, estratégias de mitigação poderão ser desenvolvidas para reduzir o impacto das microfibras no meio ambiente, visando à preservação dos ecossistemas aquáticos.

REFERÊNCIAS

- ACHARYA, S. *et al.* Microfibers from synthetic textiles as a major source of microplastics in the environment: a review. *Textile Research Journal*, v. 91, n. 17-18, p. 2136-56, 2021.
- ADAMS, J. *et al.* Anthropogenic particles (including microfibers and microplastics) in marine sediments of the Canadian Arctic. *Science of The Total Environment*, v. 784, p. 147155, 2021.
- ANDRADY, A. L. The plastic in microplastics: a review. *Marine Pollution Bulletin*, v. 119, n. 1, p. 12-22, 2017.
- BARBOZA, L. G. A.; GIMENEZ, B. C. G. Microplastics in the marine environment: current trends and future perspectives. *Marine Pollution Bulletin*, v. 97, n. 1-2, p. 5-12, 2015.
- BERGMANN, M. *et al.* White and wonderful? Microplastics prevail in snow from the Alps to the Arctic. *Science Advances*, [s. l.], v. 5, n. 8, p. eaax1157, 2019.
- BLAIR, R. M. *et al.* Microscopy and elemental analysis characterisation of microplastics in sediment of a freshwater urban river in Scotland, UK. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 26, n. 12, p. 12491–12504, 2019.
- BROWNE, M. A. *et al.* Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks. *Environmental Science & Technology*, v. 45, n. 21, p. 9175-9, 2011.
- CARNEY ALMROTH, B. M. *et al.* Quantifying shedding of synthetic fibers from textiles; a source of microplastics released into the environment. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 25, n. 2, p. 1191-9, 2018.
- CESA, F. S. *et al.* Synthetic fibers as microplastics in the marine environment: a review from textile perspective with a focus on domestic washings. *Science of The Total Environment*, v. 598, p. 1116–1129, 2017.
- CESA, F. S.; TURRA, A.; BARUQUE-RAMOS, J. Laundering and textile parameters influence fibers release in household washings. *Environmental Pollution*, v. 257, p. 113553, 2020.
- CONLEY, K. *et al.* Wastewater treatment plants as a source of microplastics to an urban estuary: removal efficiencies and loading per capita over one year. *Water Research X*, v. 3, p. 100030, 2019.
- CRAWFORD, C. B.; QUINN, B. Plastic production, waste and legislation. In: CRAWFORD, C. B.; QUINN, B. *Microplastic Pollutants*. [S. l.]. Elsevier, 2017a. p. 39-56. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128094068000037>. Acesso em: 19 fev. 2024.

- CRAWFORD, C. B.; QUINN, B. The emergence of plastics. In: CRAWFORD, C. B.; QUINN, B. *Microplastic Pollutants*. [S. l.]. Elsevier, 2017b. p. 1-17. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128094068000013>. Acesso em: 19 fev. 2024.
- DA COSTA, J. P.; DUARTE, A. C.; ROCHA-SANTOS, T. A. P. Microplastics – occurrence, fate and behaviour in the environment. In: ROCHA-SANTOS, T. A.P; DUARTE, A. C. (Ed.) *Comprehensive Analytical Chemistry*. [S. l.]. Elsevier, 2017. v. 75, p. 1-24. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0166526X16301532>. Acesso em: 19 fev. 2024.
- DAWE. National Plastics Plan 2021, Department of Agriculture, Water and the Environment. Canberra, dec. CC BY 4.0. 2021.
- DE FALCO, F. *et al.* Microfiber release to water, via laundering, and to air, via everyday use: a comparison between polyester clothing with differing textile parameters. *Environmental Science & Technology*, v. 54, n. 6, p. 3288-96, 2020.
- DE FALCO, F. *et al.* The contribution of washing processes of synthetic clothes to microplastic pollution. *Scientific Reports*, v. 9, n. 1, p. 6633, 2019.
- EARN, A.; BUCCI, K.; ROCHMAN, C. M. A systematic review of the literature on plastic pollution in the Laurentian Great Lakes and its effects on freshwater biota. *Journal of Great Lakes Research*, v. 47, n. 1, p. 120-33, 2021.
- GAGO, J. *et al.* Synthetic microfibers in the marine environment: a review on their occurrence in seawater and sediments. *Marine Pollution Bulletin*, v. 127, p. 365-76, 2018.
- GRAND VIEW RESEARCH (GVR). Synthetic Fibers Market Size. *Share & Trends Analysis Report*, 2023. Disponível em: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/synthetic-fibers-market>.
- HALE, R. C. *et al.* A Global Perspective on Microplastics. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, v. 125, n. 1, p. e2018JC014719, 2020.
- HERNANDEZ, E.; NOWACK, B.; MITRANO, D. M. Polyester textiles as a source of microplastics from households: a mechanistic study to understand microfiber release during washing. *Environmental Science & Technology*, v. 51, n. 12, p. 7036-46, 2017.
- JESSIELEENA, A. *et al.* Residential houses – a major point source of microplastic pollution: insights on the various sources, their transport, transformation, and toxicity behaviour. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 30, n. 26, p. 67919-40, 2023.
- LAGLBAUER, B. J. L. *et al.* Macrodebris and microplastics from beaches in Slovenia. *Marine Pollution Bulletin*, v. 89, n. 1-2, p. 356-66, 2014.
- LANT, N. J. *et al.* Microfiber release from real soiled consumer laundry and the impact of fabric care products and washing conditions. *PLOS ONE*, v. 15, n. 6, p. e0233332, 2020.
- LUSHER, A. L. *et al.* Microplastics in Arctic polar waters: the first reported values of particles in surface and sub-surface samples. *Scientific Reports*, v. 5, n. 1, p. 14947, 2015.

- NAPPER, I. E. *et al.* Reaching new heights in plastic pollution – preliminary Findings of microplastics on Mount Everest. *One Earth*, v. 3, n. 5, p. 621-30, 2020.
- NAPPER, I. E.; THOMPSON, R. C. Plastic debris in the marine environment: history and future challenges. *Global Challenges*, v. 4, n. 6, p. 1900081, 2020.
- NAPPER, I. E.; THOMPSON, R. C. Release of synthetic microplastic plastic fibres from domestic washing machines: effects of fabric type and washing conditions. *Marine Pollution Bulletin*, v. 112, n. 1-2, p. 39-45, 2016.
- NOAA. *Microplastic Marine Debris*. Disponível em: <https://marinedebris.noaa.gov/fact-sheets/microplastic-marine-debris-fact-sheet>.
- NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL (ONU BR). *A Agenda 2030*. 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>.
- ÖZKAN, İ.; GÜNDOĞDU, S. Investigation on the microfiber release under controlled washings from the knitted fabrics produced by recycled and virgin polyester yarns. *The Journal of the Textile Institute*, v. 112, n. 2, p. 264-72, 2021.
- PENG, L. *et al.* Micro- and nano-plastics in marine environment: source, distribution and threats – A review. *Science of the Total Environment*, v. 698, p. 134254, 2020.
- PENG, J.; WANG, J.; CAI, L. Current understanding of microplastics in the environment: occurrence, fate, risks, and what we should do. *Integrated Environmental Assessment and Management*, v. 13, n. 3, p. 476-82, 2017.
- PIEHL, S. *et al.* Abundance and distribution of large microplastics (1-5 mm) within beach sediments at the Po River Delta, northeast Italy. *Marine Pollution Bulletin*, v. 149, p. 110515, 2019.
- PIRC, U. *et al.* Emissions of microplastic fibers from microfiber fleece during domestic washing. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 23, n. 21, p. 22206-11, 2016.
- REINECCIUS, J. *et al.* Abundance and characteristics of microfibers detected in sediment trap material from the deep subtropical North Atlantic Ocean. *Science of The Total Environment*, v. 738, p. 140354, 2020.
- ROCHMAN, C. M. *et al.* Rethinking microplastics as a diverse contaminant suite. *Environmental Toxicology and Chemistry*, v. 38, n. 4, p. 703–711, 2019.
- RYAN, P. G. *et al.* Sampling microfibrils at the sea surface: The effects of mesh size, sample volume and water depth. *Environmental Pollution*, v. 258, p. 113413, 2020.
- SCIENCE ADVICE FOR POLICY BY EUROPEAN ACADEMIES (SAPEA). *A Scientific Perspective on Microplastics in Nature and Society*. Berlim: Sapea, 2019.
- SIEGFRIED, M. *et al.* Export of microplastics from land to sea. A modelling approach. *Water Research*, v. 127, p. 249-57, 2017.
- SILLANPÄÄ, M.; SAINIO, P. Release of polyester and cotton fibers from textiles in machine washings. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 24, n. 23, p. 19313-21, 2017.

- SUARIA, G. *et al.* Microfibers in oceanic surface waters: a global characterization. *Science Advances*, v. 6, n. 23, p. eaay8493, 2020.
- TEXTILE EXCHANGE. *Preferred Fiber and Materials Market Report 2021*. 2022. Disponível em: https://textileexchange.org/app/uploads/2022/10/Textile-Exchange_PFMR_2022.pdf. Acesso em: 23 mar. 2024.
- THOMPSON, R. C. *et al.* Lost at sea: where is all the plastic? *Science*, v. 304, n. 5672, p. 838, 2004.
- THOMPSON, R. C. *et al.* Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 364, n. 1526, p. 2153-66, 2009.
- UK PARLIAMENT. *Bill 205 2021-22: Microplastic Filters (Washing Machines) Bill*. 2021.
- VAN ECK, N. J. *et al.* A comparison of two techniques for bibliometric mapping: multidimensional scaling and VOS. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, v. 61, n. 12, p. 2405-16, 2010.
- WAGTERVELD, R. M. *et al.* (Ed.). *Synthetic Nano- and Microfibers*, [S. l.]. Glasstree, 2020. Disponível em: <https://glasstree.com/shop/catalog/gt-hlTV5b1kTt2tmIHt40mjQw>. Acesso em: 19 fev. 2024.
- WEIS, J. S. Improving microplastic research. *AIMS Environmental Science*, v. 6, n. 5, p. 326-40, 2019.
- YANG, L. *et al.* Microfiber release from different fabrics during washing. *Environmental Pollution*, v. 249, p. 136-43, 2019.
- ZAMBRANO, M. C. *et al.* Microfibers generated from the laundering of cotton, rayon and polyester based fabrics and their aquatic biodegradation. *Marine Pollution Bulletin*, v. 142, p. 394-407, 2019.
- ZIAJAHROMI, S. *et al.* Wastewater treatment plants as a pathway for microplastics: development of a new approach to sample wastewater-based microplastics. *Water Research*, v. 112, p. 93-99, 2017.

CAPÍTULO 10

Microplásticos e aprendizado de máquina: uma revisão sistemática

*Tuanny Lemos Balestrin
Wânia Duleba*

RESUMO

Microplásticos (MP) são poluentes emergentes e ubíquos, com efeitos na saúde planetária ainda pouco conhecidos. A crescente preocupação com esse tema tem levado pesquisadores e tomadores de decisão a buscarem maneiras de entender e mitigar os MP. O aprendizado de máquina (AM) pode ser uma ferramenta valiosa para essa tarefa, pois possibilita a consolidação de dados e a caracterização precisa de MP. Por isso, este trabalho realizou uma revisão sistemática da literatura para identificar as possibilidades de aplicação do AM em estudos sobre poluição por MP no meio ambiente. A revisão identificou que a maioria dos estudos sobre AM para MP foi publicada em 2022, e é de autoria de pesquisadores chineses, estadunidenses e, secundariamente, brasileiros e europeus. Essas pesquisas utilizam uma variedade de abordagens para detecção, classificação e quantificação de MP, incluindo o uso de dados imagéticos e técnicas de química analítica, associados ao aprendizado de máquina. Os estudos sugerem que as técnicas de AM trazem contribuições importantes para a compreensão da poluição por MP; mas sua aplicação em larga escala ainda enfrenta desafios, como a padronização de metodologias, a adoção generalizada

da tecnologia e a combinação de algoritmos complementares. A pesquisa contínua nessa área é fundamental para criar modelos preditivos precisos e eficazes, a fim de se compreenderem padrões de poluição e facilitar decisões estratégicas na gestão ambiental.

Palavras-chave: microplástico; aprendizado de máquina; poluição ambiental.

MICROPLASTICS AND MACHINE LEARNING: A SYSTEMATIC REVIEW

ABSTRACT

Microplastics (MP) are emerging and ubiquitous pollutants, with effects on planetary health that are still poorly understood. Growing concern about this issue has led researchers and decision-makers to look for ways to understand and mitigate MP. Machine learning (ML) can be a valuable tool for this task, as it makes it possible to consolidate data and accurately characterize PMs. For this reason, this paper carried out a systematic literature review to identify the possibilities for applying ML in studies on PM pollution in the environment. The review identified that the majority of studies on ML for MP were published recently, in 2022, and are authored by Chinese, American and, secondarily, Brazilian and European researchers. These studies use a variety of approaches to detect, classify and quantify MPs, including the use of imaging data and analytical chemistry techniques, combined with machine learning. The studies suggest that ML techniques make important contributions to the understanding of PM pollution, but their large-scale application still faces challenges, such as the standardization of methodologies, the widespread adoption of the technology and the combination of complementary algorithms. Continued research in this area is essential to create accurate and effective predictive models in order to understand pollution patterns and facilitate strategic decisions in environmental management.

Keywords: microplastic; machine learning; environment pollution.

10.1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o avanço tecnológico impulsionou amplamente o uso do plástico, um material sintético versátil fabricado a partir de derivados de petróleo (Maltchik Zamora *et al.*, 2020). Devido a versatilidade, durabilidade, leveza, baixo custo de produção, propriedades de isolamento e de segurança alimentar, o plástico se tornou um produto indispensável e ubíquo na sociedade moderna.

Existem diversos tipos de plástico, com propriedades distintas, como rigidez ou flexibilidade, transparência ou opacidade, maciez ou dureza, entre outras características que tornam o seu uso amplamente explorado. É possível selecionar as propriedades ideais de acordo com o produto final desejado. Para padronizar a identificação dos plásticos, a Comissão Europeia definiu sete códigos, que também foram adotados pela norma NBR 13.230 da ABNT.

Apesar dos inúmeros benefícios que o plástico trouxe para a sociedade, sua produção maciça, seu uso e descarte inadequados têm levado a uma grave poluição ambiental. A produção global acumulada de plástico entre 1950 e 2017 foi de 9,2 bilhões de toneladas métricas, com previsão de atingir 34 bilhões de toneladas métricas até 2050 (Unep, 2021). Estima-se que mais de 10 milhões de toneladas de plástico sejam descartadas no oceano anualmente, representando a maior e a mais prejudicial fração dos resíduos marinhos (Unep, 2021).

Essa situação tem levado a esforços para se combater o problema da poluição plástica e encontrar-lhe soluções (Lau *et al.*, 2020; The Pew Charitable Trusts; Systemiq, 2020), incluindo a adoção de medidas pelas Nações Unidas. Em uma decisão histórica na quinta Assembleia Ambiental das Nações Unidas, em 2022, todos os 193 estados-membros da ONU decidiram combater a poluição por plásticos e microplásticos (Unep, 2023).

Os microplásticos (MP) são partículas plásticas com tamanho entre 0,1 e 5 mm e têm se tornado uma preocupação ambiental significativa (Maltchik Zamora *et al.*, 2020). Eles podem ser classificados como primários ou secundários. Os primários são projetados para uso comercial, como cosméticos e microfibras liberadas por roupas e outros têxteis, como redes de pesca. Os secundários são originados da fragmentação de plásticos maiores, devido à exposição a fatores ambientais (como radiação solar, variação térmica, abrasão mecânica etc.).

Os MP são amplamente dispersos em ambientes terrestres, aquáticos e atmosféricos. Isso significa que eles são ubíquos, representando desafios significativos para a saúde ambiental e humana (Unep, 2021). Estudos recentes têm relatado a presença de MP em diversas partes do corpo humano, como pulmões, cérebro, corrente sanguínea e placenta, e até em recém-nascidos (Amato-Lourenço *et al.*, 2021; Ragusa *et al.*, 2021).

No entanto, a compreensão da distribuição, do transporte e dos efeitos dos MP nos ecossistemas e nos organismos vivos está ainda em estágio de desenvolvimento. Por exemplo, são necessários aprimoramentos nos métodos analíticos de detecção e quantificação de MP, bem como no processamento de dados para se obterem mapeamentos precisos desses materiais no meio ambiente.

O monitoramento e a identificação dos MP desempenham um papel fundamental na delimitação de seus efeitos, na predição dos locais de ocorrência e na orientação das ações de mitigação de danos. A consolidação de bases de dados sobre MP e uma caracterização bem documentada são importantes para avanços significativos nessa área de pesquisa (Rani-Borges; Queiroz; Pompêo, 2022; Shi *et al.*, 2021).

Nesse sentido, o uso de ferramentas como aprendizado de máquina tem potencial para impulsionar avanços nessa área de pesquisa. Isso ocorre pois o aprendizado de máquina é capaz de analisar e prever situações desconhecidas rapidamente, mesmo em ambientes complexos, estabelecendo correlações importantes a partir de dados heterogêneos e de alta dimensão. (Yu; Hu, 2022).

Apesar da importância do tema, há poucos trabalhos na literatura sobre a interseção entre MP e aprendizado de máquina, focados na área caracterização e monitoramento ambiental. Por esse motivo, o objetivo deste capítulo é realizar uma revisão sistemática para identificar as possibilidades de aplicação do aprendizado de máquina, nos estudos sobre poluição por MP no meio ambiente.

A pergunta norteadora da pesquisa é: “Em quais tipos de estudos de caracterização e monitoramento da poluição por MP as técnicas de aprendizado de máquina têm sido aplicados?”

10.2 MÉTODOS

Como nota de esclarecimento, não serão abordadas a redução da produção de plásticos nem as alternativas de materiais, uma vez que o foco será a avaliação e identificação dos MP já existentes no ambiente.

10.2.1 Estratégia de busca

Os artigos científicos foram coletados em três bases de dados: Scopus, Science Direct e Web of Science. O recorte temporal foi apenas da última data de publicação no momento da última triagem, outubro de 2022, pois, por ser um tema recente, não se fez necessário definir um intervalo de início, deixando a cargo das próprias publicações tal período. Durante a pesquisa, foram utilizadas palavras-chave unidas por operadores booleanos: ((“microplastic”) AND (“machine learning” OR “learning machine” OR “artificial intelligence” OR “AI”)).

10.2.2 Revisão sistemática e extração de dados relevantes

A estrutura da revisão sistemática foi elaborada segundo as recomendações do relatório Prisma (Page *et al.*, 2021). A pergunta de pesquisa foi estruturada com a estratégia PICO (P: população; I: intervenção; C: comparador; O: desfecho), equivalentes à população os estudos de poluição por microplástico; à intervenção, a utilização de AM; ao comparador, a não utilização; e ao desfecho, o monitoramento e a identificação de microplástico. Com o objetivo de direcionar a busca, foi aplicado o filtro para se restringir a área de pesquisa em “Ciências Ambientais” nas três bases de dados. Após a seleção dos artigos, foi utilizada a ferramenta Rayyan para remover as duplicatas.

10.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos 221 resultados obtidos nas bases de dados, foram removidos 114 resultados, pois 67 foram assinalados como não elegíveis por não serem da área de Ciências Ambientais, e 47, por não abordarem monitoramento da poluição (Figura 10.1). Posteriormente, foram removidas as duplicatas, restando 80 artigos para triagem. Após a leitura desses artigos, foram considerados não elegíveis: 18 artigos que não envolviam diretamente aprendizado de máquina; 13, que abordavam somente efeitos na biota; 6, que eram sobre a redução na produção ou a gestão de resíduos; 6, sobre estratégias para retirar MP dos ambientes; 6, sobre deterioração de pneus e o seu controle na produção; 2 artigos-revisão; 6, que estudavam fenômenos muito específicos de interação com o ambiente; e 2, que abordavam o impacto marinho de diversos poluentes (Figura 10.1). Restaram, então, 21 artigos relacionados com monitoramento e classificação de microplástico já depositados no ambiente. Após a leitura completa, uma publicação foi excluída, pois a presença do microplástico era apenas uma variável.

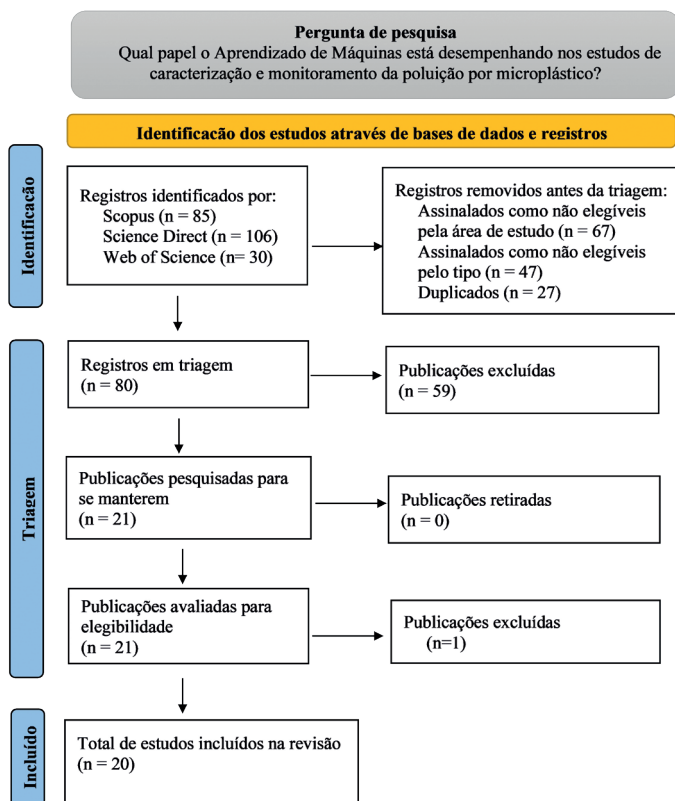


Figura 10.1 Fluxograma do protocolo Prisma.

Fonte: elaborada com base em Page *et al.*, 2021.

O estudo da poluição por MP pode, de maneira simplificada, ser focado nos polímeros com potencial de deposição e nos polímeros já depositados no ambiente. No primeiro caso, temos artigos sobre gestão de resíduos, pesquisas sobre desenvolvimento de novos materiais poliméricos que sejam menos nocivos ao meio ambiente e que não se fragmentam tão facilmente (como aprendizado de máquina, auxiliando em pesquisas para reduzir o desprendimento de MP de pneus em rodovia [Järskog *et al.*, 2022]). No entanto, esses estudos não foram selecionados, pois o nosso estudo teve o enfoque em analisar pesquisas que abordassem os MP já depositados no meio ambiente ou sobre ferramentas que pudessem subsidiar monitoramento ambiental. Portanto, os 20 artigos que foram selecionados tratam de pesquisas que se propõem a detectar, quantificar, classificar ou até mesmo prever o impacto da presença do MP em ambientes aquáticos, terrestres ou laboratoriais.

Nos últimos dois anos, houve um significativo avanço na quantidade de pesquisas sobre o aprendizado de máquina e o MP (Figura 10.2).

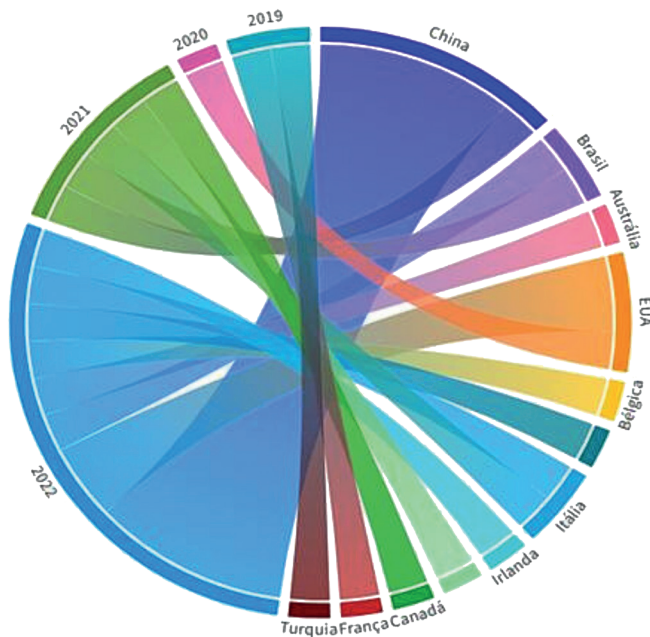


Figura 10.2 Diagrama de cordão correlacionando ano de publicação com país de origem.

Cerca de 65% das publicações foram feitas em 2022, indicando que é um tema relativamente atual. Ao se analisar a nacionalidade das pesquisas, observa-se que 30% delas são chinesas, 20% são estadunidenses, e 10%, brasileiras. A maioria das pesquisas realizadas na Ásia e na América do Sul se concentra na China e no Brasil. Por outro lado, no continente europeu, embora exista uma maior diversidade de países envolvidos, eles respondem por apenas 35% das produções totais (Figura 10.2).

Após analisar os 20 artigos selecionados, foi possível elaborar um esquema-síntese que descreve as etapas comumente realizadas na maioria desses estudos, iniciando pela obtenção dos dados de entrada (incluído uma série de técnicas analíticas), os tipos de algoritmos utilizados e os tipos de saída (detecção, classificação e quantificação, bem como adsorção) (Figura 10.3). Nesse contexto, as próximas seções abordarão essas etapas em detalhes.

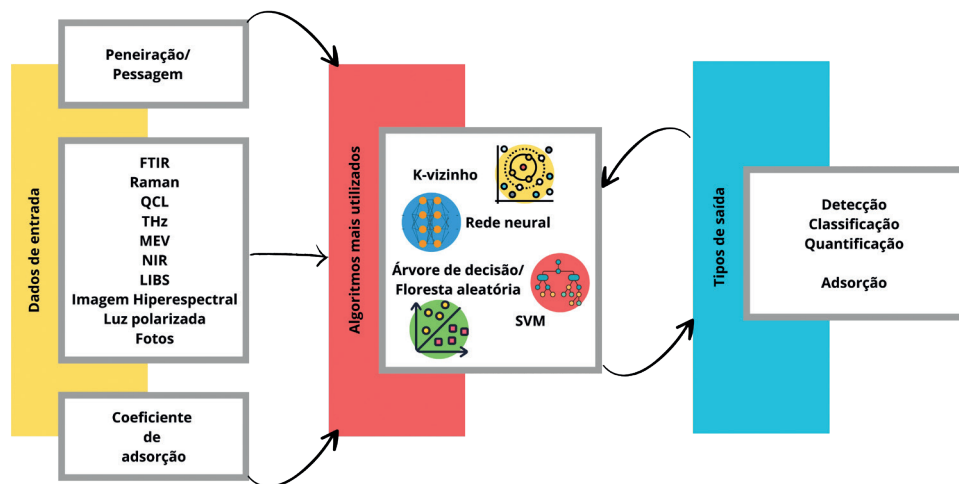


Figura 10.3 Esquema-síntese dos processos que ocorrem nos artigos selecionados sobre *machine learning* e microplásticos (autoria própria). Legenda: FTIR – espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier; QCL – laser de cavidade de quartzo (em inglês, *quantum cascade laser*); THz – espectroscopia de Tera-hertz; MEV – microscopia eletrônica de varredura; NIR – infravermelho próximo (*near infrared*); LIBS – espectroscopia de emissão óptica por plasma induzido por laser (*laser induced breakdown spectroscopy*).

10.3.1 Dados de entrada: peneiramento/pesagem de amostras ou coleta de dados por meio de técnicas imagéticas e técnicas analíticas

Até o momento, não existe um método de extração e separação uniforme e bem estabelecido para MP presentes em água, sedimentos ou ar, o que dificulta a comparação entre estudos, uma vez que diferentes métodos resultam em resultados distintos (Li *et al.*, 2021). Essa falta de padronização também pode impactar o controle da pesquisa ao utilizar aprendizado de máquina e a obtenção de dados externos.

No entanto, o método descrito em Li *et al.* (2021) tem sido amplamente utilizado e pode servir como um guia. Ele envolve a separação dos MP nas amostras, utilizando técnicas de filtração e peneiramento de amostras de água ou sedimento, ou técnicas de flotação e elutrição para lidar com materiais de diferentes densidades. A etapa seguinte é a remoção da matéria orgânica por digestão ácida, alcalina ou enzimática das amostras; e o último passo envolve a identificação, caracterização química e quantificação dos MP (Prata *et al.*, 2019). Uma vez terminada a etapa da separação dos MP de outros materiais que não interessam ao estudo (como conchas, matéria orgânica, grãos de quartzo ou outros tipos de minerais presentes no solo ou sedimentos), dá-se o prosseguimento da triagem dos MP.

Em muitos estudos, essa última etapa é realizada por inspeção visual e contagem manual, o que pode ser demorado e sujeito a erros (Tan; Taylor; Passeport, 2022). Portanto, a proposta de combinar o uso de aprendizado de máquina com a pesagem de MP retidos em série de peneiras visa a facilitar essa etapa da rotina laboratorial

e demonstrou ser mais eficaz, sem comprometer a precisão dos resultados obtidos (Tan; Taylor; Passport, 2022).

Posteriormente, dá-se prosseguimento aa etapa de detecção, quantificação e classificação dos MP, sendo que vários estudos utilizaram técnicas imagéticas.¹ Dentro desse universo de dados imagéticos, foram identificadas onze técnicas analíticas para obtenção dos dados de entrada:

1. Espectroscopia de infravermelhos por transformada de Fourier (FTIR): baseia-se na absorção da radiação infravermelha pelas moléculas presentes na amostra, permitindo a identificação dos tipos de plásticos com base nas características espectrais dos polímeros. (Michel *et al.*, 2020).
2. Laser de cascata quântica (QCL): emite luz na região do infravermelho médio e mede a quantidade de luz absorvida em diferentes comprimentos de onda, permitindo a comparação com bibliotecas de espectros conhecidos para identificar as moléculas presentes (Hufnagl *et al.*, 2022).
3. Imagem hiperespectral: utiliza centenas ou milhares de bandas espectrais para identificar e caracterizar materiais e substâncias presentes nas amostras (Ai *et al.*, 2022).
4. Espectroscopia *terahertz* (THz): utiliza ondas eletromagnéticas na faixa de *terahertz* para detectar diferenças nas propriedades ópticas e dielétricas dos materiais, incluindo polímeros (Li *et al.*, 2021).
5. Microscopia eletrônica de varredura (MEV, em inglês SEM): produz imagens de alta resolução da superfície dos microplásticos, fornecendo informações detalhadas sobre sua forma, tamanho e textura (Shi *et al.*, 2021).
6. Espelhamento de luz polarizada: detecta as mudanças na direção da polarização da luz refletida pelos microplásticos, permitindo sua identificação (Liu *et al.*, 2019).
7. Fotos – visão computacional/coradas com vermelho do Nilo: utiliza o corante fluorescente vermelho do Nilo para tornar os microplásticos visíveis sob luz ultravioleta, sendo processados por algoritmos de visão computacional para identificação e contagem (Meyers *et al.*, 2022).
8. Espectroscopia de reflectância de infravermelho próximo (NIR): identifica os tipos de polímeros presentes nos microplásticos com base em suas proprie-

1 Dados imagéticos se referem a informações contidas em imagens. No contexto do estudo sobre microplásticos (MP), dados imagéticos são aquelas informações obtidas a partir de imagens capturadas de amostras ou ambientes que contenham MP. Essas imagens podem ser geradas por técnicas como microscopia óptica, microscopia eletrônica de varredura (MEV) ou outras técnicas de imagem.

- dades de absorção de energia na região do infravermelho próximo (Vidal; Pasquini, 2021).
9. Espectroscopia de quebra induzida por laser (Libs): vaporiza e ioniza pequenas quantidades de material utilizando um laser de alta potência, analisando o plasma resultante para determinar a composição química dos microplásticos (Michel *et al.*, 2020).
 10. Fluorescência de raio-X: utiliza raios-X para excitar os elétrons dos átomos presentes nos microplásticos, analisando a fluorescência emitida para determinar sua composição química (Michel *et al.*, 2020).
 11. Espectroscopia Raman: utiliza um laser para excitar as moléculas, analisando a radiação espalhada para determinar a composição química dos materiais, mapeando a distribuição espacial dos diferentes componentes químicos nos microplásticos (Fang *et al.*, 2022).

Dentre os trabalhos analisados, a técnica FTIR é a mais comumente utilizada (Figura 10.4). Isso se deve ao fato de que essa técnica analítica possibilita a detecção, a determinação do tipo de polímero e a avaliação do grau de degradação; esta última é uma variável importante para o estudo da interação dos MP com o meio ambiente. No entanto, é importante ressaltar que, dependendo do nível de deterioração dos MP, os espectros obtidos pela técnica podem diferir significativamente dos polímeros virgens, requerendo, assim, uma análise mais aprofundada para se obterem resultados precisos. Além disso, essa técnica enfrenta dificuldades na identificação de partículas muito pequenas e opacas (Back *et al.*, 2022; Lin; Liu; Zhang, 2022).

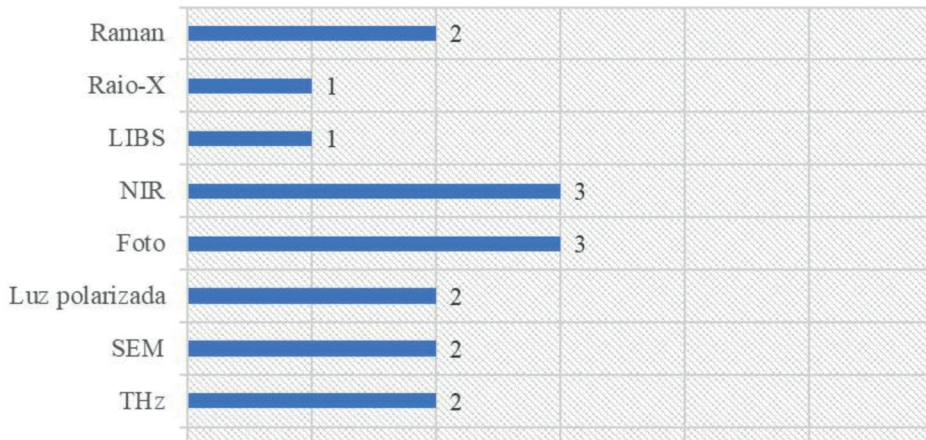


Figura 10.4 Número de artigos que utilizam cada metodologia imagética.

A escolha da análise hiperespectral em detrimento das técnicas tradicionais, como Raman, Infravermelho e FTIR, foi justificada pela sua rapidez, não destrutividade e eficiência na análise de solos (Ai *et al.*, 2022). A técnica NIR apresenta a vantagem de não exigir uma preparação intensa das amostras e permitir uma detecção rápida tanto qualitativa quanto quantitativa. No entanto, essa técnica encontra dificuldades na análise de partículas escuras e conjuntos de dados extensos (Lin; Liu; Zhang, 2022).

Portanto, é evidente que a escolha da técnica de análise imagética/técnicas analíticas depende das características morfológicas e físico-químicas de amostra. Conforme ilustrado na Figura 10.5, é comum se utilizarem técnicas semelhantes em ambientes diferentes, levando-se em conta as características específicas de cada método.

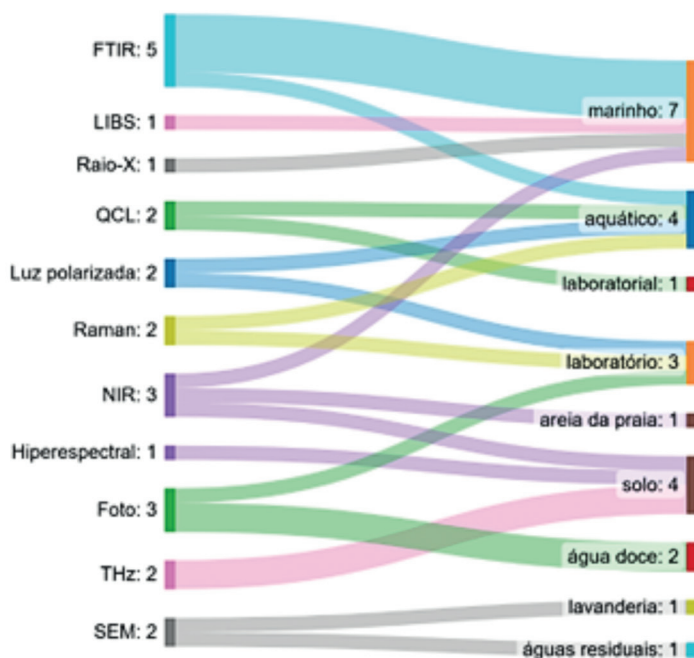


Figura 10.5 Diagrama de Sankey com as metodologias imagéticas relacionadas aos tipos de ambientes.

No que diz respeito ao tamanho dos MP, a espectroscopia Raman é adequada para analisar plásticos menores, inclusive nanoplásticos, porém, gera grande volume de dados que requer interpretação e decodificação (Fang *et al.*, 2022). Outra técnica que também pode ser utilizada em nanoplásticos é a microscopia eletrônica de varredura (SEM, ou MEV em português), que possui a vantagem de produzir imagens com alta resolução, permitindo maior discriminação e identificação da composição molecular independentemente da estrutura física (Shi *et al.*, 2021). Os métodos que utilizam fotos de câmeras mais acessíveis são, sem dúvida, práticos e, dependendo da aplicação, podem ser realizados *in situ*, facilitando a pesquisa. No entanto, esses métodos podem não oferecer escalabilidade em curto prazo (Lorenzo-Navarro *et al.*, 2021).

10.3.2 Algoritmos utilizados

Aprendizado de máquinas ocorre quando, para realizar uma classe de tarefas, um programa de computador usa a experiência a respeito delas e mede seu desempenho, podendo, assim, melhorar a própria experiência. O processamento de informações ocorre por meio de algoritmos (Mitchell, 1997). A seleção de um algoritmo de aprendizado de máquina depende de vários fatores, não havendo um perfeito, que atenda a todas as necessidades dos projetos mencionados. Além disso, existem diversas opções de algoritmos disponíveis, pois eles têm origem em diferentes abordagens

estatísticas e podem se adaptar de diversas maneiras aos problemas em questão (Hastie *et al.*, 2009).

Dentre os trabalhos analisados, observou-se a utilização de diversos algoritmos, porém, conforme representado na Figura 10.6, cinco deles se destacam na abordagem de MP. São eles: Árvore de Decisão (DT, do inglês *Decision Tree*) e Floresta Aleatória (RF, do inglês *Random Forest*), Máquina de Vetor de Suporte (SVM, do inglês *Support Vector Machine*), k-vizinhos mais próximos (KNN, do inglês *k-Nearest Neighbors*) e Rede Neural Convolucional (CNN, do inglês *Convolutional Neural Network*).



Figura 10.6 Diagrama dos cordões relacionando método de obtenção de dados imagéticos e algoritmo de aprendizado de máquina utilizado. (Esp. = Espectroscopia; FTIR = Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier).

A escolha de um deles para um trabalho depende do problema de pesquisa, do conjunto de entradas, seja pelos tipos de dados que o comporão, se são imagens, números ou textos, ou pelo tamanho desse conjunto, por exemplo. A complexidade também deve ser avaliada: questões complexas podem envolver algoritmos mais sofisticados, como os de aprendizado profundo, que demandam um poder computacional maior.

Muitas variáveis estão envolvidas no resultado da aplicação de um algoritmo; o contexto, a velocidade de aprendizado ou a arquitetura utilizada podem ter forte impacto. Por essa razão, a comparação direta entre os algoritmos não foi desenvolvida. Todos os artigos selecionados empregam mais de um algoritmo, seja para comparar a acurácia, realizar testes ou reforçar os resultados. A Análise de Componentes Principais

(PCA), por exemplo, esteve presente em todos os estudos, seja em uma abordagem de aprendizagem auto-organizada ou estatística; ela foi utilizada para reduzir a dimensionalidade dos dados de entrada com base em correlações (Haykin, 2009). Ou seja, ela desempenhou um papel de pré-processamento, reduzindo a dimensionalidade e facilitando a aplicação dos algoritmos para detecção, classificação, quantificação e adsorção. No entanto, as diferentes abordagens e aplicações tornam a comparação, até dessa mesma técnica-padrão, não funcional. Apesar de dificultar a análise conjunta, a combinação de técnicas-padrão, algoritmos de aprendizado supervisionado e não supervisionado aumenta a robustez e a capacidade de aprendizado, sendo altamente recomendada. É importante ressaltar que, à medida que mais pesquisas forem desenvolvidas nessa área, haverá um aumento no volume de informações, no aprendizado e no impulso que o aprendizado de máquina proporciona a esses estudos.

10.3.3 Saída: a detecção, a classificação e a quantificação

O uso do aprendizado de máquina no contexto da poluição por microplásticos começou com a capacidade de detectar esses materiais no ambiente. No entanto, devido à presença generalizada do plástico em ambientes naturais, a mera detecção se tornou insuficiente para uma descrição completa do cenário. Por essa razão, os trabalhos aqui selecionados, em sua grande maioria, propõem-se a não apenas detectar, mas também a classificar e/ou contar os MP existentes (Figura 10.7). Esses estudos foram realizados em ambientes marinho, água doce e aquático, solos agrícolas, areias de praia e em ambientes mais específicos, como de águas residuais ou de descarte de lavanderias. Além disso, há artigos desenvolvidos de maneira laboratorial, sem coleta externa de material (Figura 10.7).

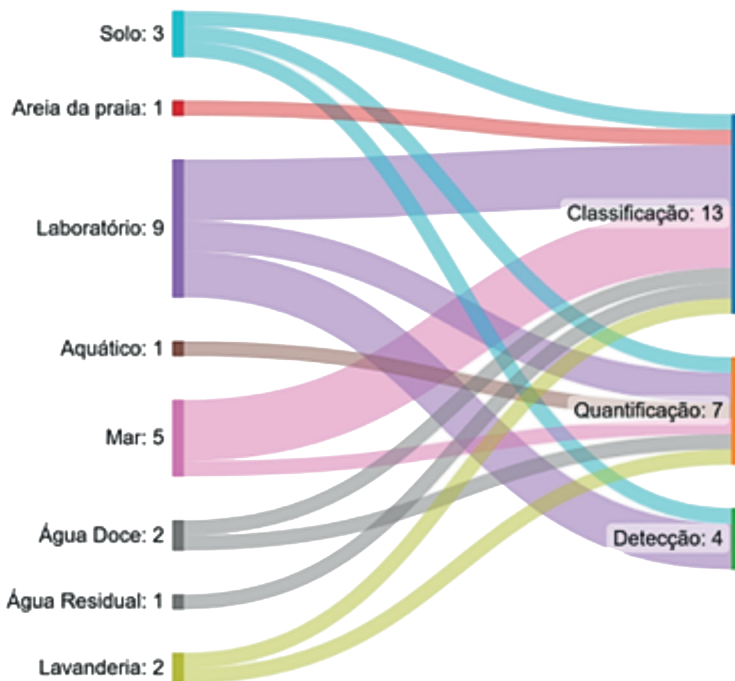


Figura 10.7 Diagrama Sankey com a organização pretendida e do local de estudo.

A classificação dos MP de acordo com a forma e o tipo de resina é importante para as pesquisas sobre caracterização e monitoramento ambiental. No entanto, diferentes estudos adotam abordagens variadas, o que dificulta a comparação e o estabelecimento de relações entre eles. Alguns trabalhos classificam e quantificam os MP apenas de acordo com a morfologia (Lorenzo-Navarro *et al.*, 2021; Massarelli; Campanale; Uricchio, 2021; Shi *et al.*, 2021; Tan; Taylor; Passeport, 2022) ou conforme o produto de origem (Yurtsever; Yurtsever, 2019); e os pelo tipo de resina (Ai *et al.*, 2022; Back *et al.*, 2022; Fang *et al.*, 2022; Hufnagl *et al.*, 2022; Kedzierski *et al.*, 2019; Li *et al.*, 2021; Liu *et al.*, 2019; Meyers *et al.*, 2022; Michel *et al.*, 2020; Tian; Beén; Bäuerlein, 2022; Valentino *et al.*, 2022; Vidal; Pasquini, 2021; Yan *et al.*, 2022; Zhao *et al.*, 2022; Zhu *et al.*, 2022). Outros trabalhos focam nos polímeros mais comuns, como policloreto de vinila (PVC), polipropileno (PP), polietileno (PE) e poliestireno (PS) (Liu *et al.*, 2019). Outros trabalhos ampliam as análises para incluírem até 17 ou 26 tipos de polímeros distintos (Hufnagl *et al.*, 2022). Essa diversidade de abordagens pode impactar a compreensão global dos MP, uma vez que a métrica dos estudos não é a mesma (Yu; Hu, 2022), e isso pode comprometer a elaboração de bancos de

dados consistentes, como os criados pelos Centros Nacionais de Monitoramento e Informações Ambientais.

A classificação dos MP depende da interação com o meio e dos objetivos do estudo, não sendo baseada em estruturas fixas. O formato, a cor e o tipo de polímero são relevantes para o cenário em questão. Além disso, a contagem de MP desempenha um papel importante no mapeamento da poluição e pode ser aplicada em diversos contextos de estudo, como na estimativa da proximidade da fonte de poluição, na avaliação de sistemas de tratamento de água e no estudo dos efeitos na biota. A quantidade de MP é um fator impulsionador nessas interações (Tan; Taylor; Passport, 2022).

10.3.4 A adsorção

A presença de plásticos causa danos físicos e químicos ao meio ambiente. No caso dos danos químicos, ocorre a atração e aderência de partículas existentes no ambiente aos polímeros, que, combinados com aditivos e contaminantes, tornam-se quimicamente aptos para interagir. Esse fenômeno, conhecido como *adsorção*, aumenta a problemática quando os MP são introduzidos em ecossistemas e organismos (Maltchik Zamora *et al.*, 2020).

Um artigo selecionado (Zhu *et al.*, 2022) utilizou dados experimentais de adsorção, combinados com descritores moleculares e informações sobre o ambiente aquático, para alimentar um modelo computacional. Esse modelo foi capaz de prever com precisão a capacidade de adsorção de microplásticos (MP) em diferentes ambientes aquáticos. Os resultados destacaram que o modelo proposto apresentou uma boa capacidade de predição, identificando com precisão os fatores que afetam a adsorção de MP em diferentes ambientes. Além disso, o modelo foi testado em cenários diversos, demonstrando sua eficácia na predição da capacidade de adsorção de MP em ambientes complexos e variados (Zhu *et al.*, 2022).

Ao manipularem informações essenciais, Zhu *et al.* (2022) utilizaram oito algoritmos de aprendizado de máquina para preverem o coeficiente de sorção em diferentes temperaturas, além de três algoritmos de otimização. Essa abordagem aprimorou o sistema, aumentando sua robustez e precisão. A capacidade de prever os efeitos da presença de MP e obter informações que podem orientar decisões e gestão local são essenciais para avaliar constantemente os riscos ambientais desses poluentes em escala global (Zhu *et al.*, 2022).

10.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os trabalhos mais recentes sugerem que a aplicação de aprendizado de máquina é capaz de impulsionar os estudos sobre MP em diversas esferas. Os processos que muitas vezes são feitos de forma manual (como triagem feita em separando os MP

in situ ou em laboratório) se beneficiam dessa IA, que reduz e otimiza o trabalho e reduz o erro. A tecnologia atingiu o trabalho de campo, permitindo que dados fossem lançados e obtidos *in situ*, e tornou possível mapear o cenário de MP, sendo não só uma opção para detecção, classificação e quantificação, mas também para predição dessas variáveis.

Contudo, estudos atuais estão longe de ser suficientes para esgotar o assunto, seja pela falta de padronização das metodologias e das classificações ou pela própria concepção de aprendizagem. Há ainda uma necessidade de explorar mais a aplicação do aprendizado de máquina nos estudos sobre MP, incluindo a incorporação de estratégias que permitam resultados mais robustos. A qualidade dos resultados dos modelos de aprendizado de máquina depende de muitos fatores, sendo os principais a qualidade e, em certa medida, o volume dos dados disponíveis.

Além disso, conclui-se que mais estudos sobre o tema devem ser realizados, visto que o uso de algoritmos de aprendizado de máquina aplicados ao monitoramento de poluentes ambientais permitirá a criação de modelos preditivos precisos e eficientes para identificar e prever a ocorrência de poluentes, contribuindo para uma melhor compreensão dos padrões de contaminação e facilitando a tomada de decisões estratégicas na gestão ambiental.

REFERÊNCIAS

- AI, W. *et al.* Application of hyperspectral imaging technology in the rapid identification of microplastics in farmland soil. *Science of The Total Environment*, v. 807, p. 151030, fev. 2022.
- AMATO-LOURENÇO, L. F. *et al.* Presence of airborne microplastics in human lung tissue. *Journal of Hazardous Materials*, v. 416, 15 ago. 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 13230: Embalagens e acondicionamento plásticos recicláveis – Identificação e simbologia*. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.
- BACK, H. M. *et al.* Training and evaluating machine learning algorithms for ocean microplastics classification through vibrational spectroscopy. *Chemosphere*, v. 287, 1 jan. 2022.
- FANG, C. *et al.* Identification and visualisation of microplastics via PCA to decode Raman spectrum matrix towards imaging. *Chemosphere*, v. 286, 1 jan. 2022.
- HASTIE, T.; TIBSHIRANI, R.; FRIEDMAN, J. *The elements of statistical learning*. Nova Iorque: Springer New York, 2009.
- HAYKIN, S. *Neural networks and learning machines*. Nova Jersey: Pearson Education, 2009.
- HUFNAGL, B. *et al.* Computer-assisted analysis of microplastics in environmental samples based on μ FTIR imaging in combination with machine learning. *Environmental Science and Technology Letters*, v. 9, n. 1, p. 90-5, 11 jan. 2022.

- JÄRLSKOG, I. *et al.* Differentiating and quantifying carbonaceous (tire, bitumen, and road marking wear) and non-carbonaceous (metals, minerals, and glass beads) non-exhaust particles in road dust samples from a traffic environment. *Water Air Soil Pollut*, v. 233, n. 375, 2022.
- KEDZIERSKI, M. *et al.* A machine learning algorithm for high throughput identification of FTIR spectra: application on microplastics collected in the Mediterranean Sea. *Chemosphere*, v. 234, p. 242-251, 1 nov. 2019.
- LAU, W. W. Y. *et al.* Evaluating scenarios toward zero plastic pollution. *Science*, v. 369, p. 1455-61, 2020.
- LI, Y. *et al.* Recent advances in the application of machine learning methods to improve identification of the microplastics in environment. *Chemosphere*, v. 307, 1º nov. 2022.
- LIU, K. *et al.* Source and potential risk assessment of suspended atmospheric microplastics in Shanghai. *Science of the Total Environment*, v. 675, p. 462-71, 20 jul. 2019.
- LORENZO-NAVARRO, J. *et al.* Deep learning approach for automatic microplastics counting and classification. *Science of the Total Environment*, v. 765, 15 abr. 2021.
- MALTCHIK ZAMORA, A. *et al.* *Atlas do plástico: fatos e números sobre o mundo dos polímeros sintéticos*. Rio de Janeiro: Fundação Heinrich Böll, 2020.
- MASSARELLI, C.; CAMPANALE, C.; URICCHIO, V. F. A handy open-source application based on computer vision and machine learning algorithms to count and classify microplastics. *Water*, v. 13, n. 15, 1 ago. 2021 .
- MEYERS, N. *et al.* Microplastic detection and identification by Nile red staining: Towards a semi-automated, cost- and time-effective technique. *Science of the Total Environment*, v. 823, 1 jun. 2022.
- MICHEL, A. P. *et al.* Rapid identification of marine plastic debris via spectroscopic techniques and machine learning classifiers. *Environmental Science and Technology*, v. 54, n. 17, p. 10630-17, 1º set. 2020.
- MITCHELL, T. M. *Machine learning*. v. 1. Nova Iorque: McGraw-Hill Education, 1997.
- PAGE, M. J. *et al.* Prisma 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. *BMJ*, v. 372, n. 160, 29 mar. 2021.
- PRATA, J. C. *et al.* Methods for sampling and detection of microplastics in water and sediment: a critical review. *TrAC – Trends in Analytical Chemistry*, v. 110, p. 150-9, jan. 2019.
- RAGUSA, A. *et al.* Raman microspectroscopy detection and characterisation of microplastics in human breastmilk. *Polymers*, v. 14, n. 13, jul. 2022.
- POMPÊO, M.; RANI-BORGES, B.; PAIVA, T. C. B. (Org.) *Microplásticos nos ecossistemas: impactos e soluções*. São Paulo: Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, 2022.
- SHI, W. *et al.* A proposed nomenclature for microplastic contaminants. *Marine Pollution Bulletin*, v. 172, nov. 2021.

- TAN, S.; TAYLOR, J. A.; PASSEPORT, E. Efficient prediction of microplastic counts from mass measurements. *ACS Environmental Science and Technology Water*, v. 2, n. 2, p. 299-308, 11 fev. 2022.
- THE PEW CHARITABLE TRUSTS; SYSTEMIQ. *Breaking the plastic wave: A comprehensive assessment of pathways towards stopping plastic pollution*. 2020. <https://www.systemiq.earth/breakingtheplasticwave/>.
- TIAN, X.; BEÉN, F.; BÄUERLEIN, P. S. Quantum cascade laser imaging (LDIR) and machine learning for the identification of environmentally exposed microplastics and polymers. *Environmental Research*, v. 212, set. 2022.
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). *From pollution to solution: a global assessment of marine litter and plastic pollution*. Nairobi, 2021.
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). *Turning off the tap: how the world can end plastic pollution and create a circular economy*. Nairobi, 2023.
- VALENTINO, M. Intelligent polarization-sensitive holographic flow-cytometer: towards specificity in classifying natural and microplastic fibers. *Science of the Total Environment*, v. 815, abr. 2022.
- VIDAL, C.; PASQUINI, C. A comprehensive and fast microplastics identification based on near-infrared hyperspectral imaging (HSI-NIR) and chemometrics. *Environmental Pollution*, v. 285, 15 set. 2021.
- YAN, X. *et al.* An ensemble machine learning method for microplastics identification with FTIR spectrum. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, v. 10, n. 4, ago. 2022.
- YU, F.; HU, X. Machine learning may accelerate the recognition and control of microplastic pollution: Future prospects. *Journal of Hazardous Materials*, v. 432, 15 jun. 2022.
- YURTSEVER, M.; YURTSEVER, U. Use of a convolutional neural network for the classification of microbeads in urban wastewater. *Chemosphere*, v. 216, p. 271-80, fev. 2019.
- ZHAO, S. *et al.* Towards a fast and generalized microplastic quantification method in soil using terahertz spectroscopy. *Science of the Total Environment*, v. 841, out. 2022.
- ZHU, T. *et al.* Versatile in silico modelling of microplastics adsorption capacity in aqueous environment based on molecular descriptor and machine learning. *Science of the Total Environment*, v. 846, 10 nov. 2022.

CAPÍTULO 11

Explorando o sabor da Amazônia: uma análise do mel de *Duckeola ghiliani* (Spinola, 1853) (caçadora-de-limão) e sua contribuição para o desenvolvimento regional sustentável

Mayara Faleiros-Quevedo
Tiago Maurício Franco¹

RESUMO

Duckeola ghiliani (ordem: *Hymenoptera*; superfamília: *Apoidea*) é uma espécie de abelha sem ferrão encontrada na Amazônia brasileira e conhecida popularmente como abelha-policia ou caçadora-de-limão, em referência à defesa dos meliponários aos ataques constantes de abelhas do gênero *Lestrimelitta* (abelhas-limão). Essa espécie também produz mel, que é muito apreciado pelas comunidades locais, tornando-a um potencial alvo promissor para projetos de popularização da criação de abelhas sem ferrão. Com o intuito de contribuir para o desenvolvimento regional, o objetivo

¹ Os autores agradecem à empresa Mbee Mel de Terroir pela cessão da amostra analisada e à empresa Apis Flora pelo treinamento nas análises laboratoriais.

deste trabalho foi analisar o mel da abelha *D. ghilianii* quanto às suas propriedades físico-químicas e à sua atividade antimicrobiana para verificar a potencial qualidade desse mel, gerando dados para desenvolvimento da criação racional dessa abelha e comercialização de seu produto. Para isso, uma amostra foi coletada na região de Parintins (AM), onde foram realizadas análises físico-químicas e atividade antimicrobiana, que resultaram em um mel de pH baixo (3,15), alta acidez (117,09 mEq/Kg) e umidade > 25, teor de 5-hidroximetilfurfural de 40,77 e quantidade de açúcares redutores (49,40 g/100 g). O mel possui característica bacteriostática em uma concentração de 125 µl/poço de mel para as bactérias *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*, sem, contudo, apresentar ação bactericida. O mel da abelha *D. ghilianii* produzido na região é de excelente qualidade e pode possuir propriedades medicinais potenciais. Portanto, essa espécie de abelha pode ser manejada racionalmente para produção de mel, além do uso já conhecido como guardiã dos meliponários, favorecendo a produção de mel e o desenvolvimento da meliponicultura na região.

Palavras-chave: propriedades físico-química; abelha sem ferrão; atividade antimicrobiana; análise de alimentos; Meliponini.

EXPLORING THE TASTE OF THE AMAZON: AN ANALYSIS OF *DUCKEOLA GHILIANII* (SPINOLA, 1853) (“LEMON HUNTER”) HONEY AND ITS CONTRIBUTION TO SUSTAINABLE REGIONAL DEVELOPMENT

ABSTRACT

Duckeola ghilianii (Hymenoptera: Apoidea) is a stingless bee species from the Brazilian Amazon, popularly known as the “police bee” or “lemon hunter” because it defends meliponaries against frequent attacks by bees of the genus *Lestrimelitta* (“lemon bee”). This species also produces honey that is highly valued by local communities, making it a promising target for projects aimed at popularizing stingless beekeeping. With the aim of contributing to regional development, in this study, *D. ghilianii* honey was analyzed for its physicochemical properties and antimicrobial activity, in order to evaluate the potential quality of this honey and to obtain data for the development of sustainable rearing practices for this bee and the commercialization of its honey. For this purpose, a sample was taken from the Parintins region (Amazonas State) and the physicochemical and antimicrobial properties were analyzed. These analyses revealed a honey with a low pH (3.15), a high acidity (117.09 mEq/Kg) and a moisture content higher than 25 %. In addition, the honey had a content of 5-hydroxymethylfurfural of 40.77 and an amount of reducing sugars (49.40 g / 100 g). The honey showed bacteriostatic properties at a concentration of 125 µl/well against the bacteria *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*, although it did

not show bactericidal activity. The *D. ghilianii* honey produced in the Amazonia is of excellent quality and may have potential medicinal properties. Consequently, in addition to its already recognised role as a guardian of meliponaries, this bee species can be rationally bred for honey production, promoting honey production and further development of meliponiculture in the region.

Keywords: physicochemical properties; stingless bee; antimicrobial activity; food analysis; Meliponini.

11.1 INTRODUÇÃO

Na tribo Meliponini (ordem: *Hymenoptera*; superfamília: *Apoidea*), as abelhas estão distribuídas principalmente nas regiões tropicais e subtropicais do planeta, com mais de 500 espécies descritas dentro de cerca de 64 gêneros (Michener, 2007). As abelhas sem ferrão (ASF), pertencentes a essa tribo, apesar de se correlacionarem com atividades econômicas solidificadas, como a produção de própolis e mel, desempenham uma importante função nos processos ecossistêmicos nos quais se encontram inseridas, por meio da polinização. (Imperatriz-Fonseca *et al.*, 2004).

A polinização, considerada como um serviço ecossistêmico, é importante não somente para a reprodução das angiospermas, mas também para a produção de alimentos, a manutenção e a conservação da biodiversidade (Yamamoto *et al.*, 2010). As abelhas, em geral, desempenham um papel fundamental para o ecossistema, pois são consideradas as maiores agentes de polinização (Michener, 2007).

Considerando-se a importância e diversidade das abelhas, atualmente existem esforços no âmbito mundial para se ampliar o conhecimento sobre sua biodiversidade, necessária para o desenvolvimento de estratégias voltadas à sua conservação e uso sustentável. No processo de identificação das espécies de abelhas, as informações são diluídas em publicações diversas e com pouco acesso ao grande público, dificultando a obtenção de dados sobre riqueza, diversidade, distribuição e impactos de atividades humanas, além da carência de informações precisas sobre os nomes válidos ou sinônimos (Freitas; Pereira, 2009).

As abelhas do gênero *Duckeola* estão distribuídas na região Amazônica do Brasil, com descrição da espécie *Duckeola ghilianii* (Spinola, 1853) (Camargo, 2013). Essa espécie é conhecida popularmente como abelha-policia ou caçadora-de-limão, em referência à defesa dos meliponários aos ataques constantes de abelhas parasitas saqueadoras obrigatórias do gênero *Lestrimelitta*, também conhecidas como abelha-limão. Até então, *D. ghilianii* vem sendo utilizada na região Amazônica como protetora dos meliponários (Rech; Schwade; Schwade, 2013).

A literatura atual apresenta uma lacuna de informações relativas a esta espécie de abelha, sendo que o material disponível se restringe à discussão sobre seu comportamento defensivo (Rech; Schwade; Schwade, 2013) e à caracterização morfológica (Rozen *et al.*, 2021). No processo de busca por informações, a predominância dos dados obtidos é constituída por menções ou hiperlinks associados a entrevistas de produtores.

O Brasil é um dos países que possui maior variedade de ecossistemas, com seis biomas, cobrindo cerca de 8 milhões de km² e a região Amazônica corresponde a 49,29 % da área total (Convention on Biological and Diversity, 2009). Assim, ações governamentais e da sociedade são necessárias para lidar com problemas econô-

micos e de impactos sociais e ecológicos, porém, as informações de qualidade que são geradas, acabam não fornecendo proteção à biodiversidade ou que atendam à demanda social, de forma sustentável (Hipólito *et al.*, 2021).

Apesar de tradicionalmente serem manejados pelos povos da região Amazônica, não existem muitos registros sobre a atividade de criação de abelhas sem ferrão (ASF) no estado do Amazonas. A sabedoria popular sugere que, com base em tradições culturais, os remédios de origem natural são tradicionalmente ingeridos junto ao mel produzido por ASF, após ser devidamente diluído em água. Consequentemente, devido à ausência de boas práticas e métodos de manejo sustentável, essas comunidades adotaram padrões de exploração extrativista na obtenção do mel. Nesse processo, ocorre a exclusão do pólen das colmeias e a destruição de ninhos. (Hiroshi Noda; Souza; Filho, 2013).

No contexto da agricultura familiar, as ASF e a meliponicultura representam uma oportunidade de complementação da renda familiar das comunidades. Para algumas famílias, um único quilo de mel pode significar um aumento de 20 % da renda mensal (Frazão, 2013). As abelhas são os principais polinizadores de espécies de árvores da Amazônia. No entanto, o desmatamento e as queimadas ameaçam estas espécies, então, setores da sociedade civil e governamentais têm se preocupado com a busca de alternativas para o desmatamento e consequente uso sustentável de recursos naturais amazônicos.

Diferentemente das regiões Sul, Sudeste e Nordeste, que são regiões no Brasil que estão mais avançadas na organização da produção de mel e cultivo de ASF, a região Amazônica está nos estágios de início de desenvolvimento e organização do setor, que contam com esforços de instituições principalmente civil para capacitação de grupo de agricultores familiares como produtores (Meirelles Filho; Fernandes; Oliveira, 2016).

Nesse sentido, o Projeto de Lei PL nº 4429/2020 assume um importante papel ao abordar a regulamentação da criação, manejo, transporte e comércio de colônias de ASF, bem como seus produtos e serviços resultantes da prática da Meliponicultura. Ao promover diretrizes claras para essa atividade, o projeto visa reconhecer a importância das abelhas nativas no ecossistema e na polinização de culturas agrícolas. Além disso, ao regular o comércio e os produtos derivados, a sustentabilidade da prática e o respeito aos conhecimentos tradicionais dos meliponicultores são garantidos.

Já a Lei nº 14.639/2023, que estabelece a Política Nacional de Incentivo à Produção Melífera e ao Desenvolvimento de Produtos e Serviços Apícolas e Meliponícolas de Qualidade, representa um passo significativo em direção à valorização e estímulo à produção melífera no âmbito nacional. Ao instituir uma política abrangente com foco nessas atividades, essa lei demonstra um compromisso em promover práticas

ambientalmente responsáveis, fomentando o crescimento econômico das comunidades ligadas a essas atividades (Brasil, 2023).

Assim, a valorização, proteção, conservação e criação das ASF se tornam uma alternativa para geração de renda, garantindo também a manutenção das florestas, a partir de ações de educação ambiental e o manejo correto da espécie (Venturieri, 2008). É relevante estabelecer o reconhecimento da importância desses insetos polinizadores, que, além de possuir ligação direta com os efeitos das mudanças climáticas e perda da biodiversidade, são essenciais para continuidade de serviços ecossistêmicos, produção de alimentos e equilíbrio no funcionamento dos ecossistemas terrestres e bem-estar humano (Faleiros-Quevedo; Francoy, 2022).

Considerando a diversidade de flora e a variedade de espécies de ASF existente na região Amazônica, o mel produzido ali apresenta um potencial de valorização do produto e desenvolvimento econômico para os produtores, pois esse produto possui características sensoriais diferenciadas dos méis de *Apis mellifera* (Linnaeus, 1758) consumidos no Brasil, tornando-o um produto com alto valor agregado (Faleiros-Quevedo; Francoy, 2022).

O mel produzido pelas ASF possui particularidades, com sabor menos doce, mais acidificado e menos viscoso devido sua composição e quantidade de açúcares, umidade e acidez, quando comparado ao mel das abelhas *A. mellifera* (Nordin *et al.*, 2018). Muitos avanços nos estudos com o mel de ASF vem ocorrendo, principalmente pelo seu teor medicinal, com resultados promissores, por meio de alta capacidade antioxidante (Ávila *et al.*, 2018; Biluca *et al.*, 2016; Ooi *et al.*, 2021) e potenciais atividades antimicrobiana (Khongkwanmueang *et al.*, 2020).

A meliponicultura feita de forma sustentável (Barbiéri; Francoy, 2020), desempenha um importante papel como apoio na realização dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas. As abelhas são essenciais para manter a variedade alimentar da população, indo ao encontro com o objetivo de consumo e produção responsáveis (objetivo 2), junto com a manutenção da biodiversidade, relacionado à vida terrestre (objetivo 15). Além disso, com o desenvolvimento da cadeia de produção, criam-se novos empregos e a região se desenvolve economicamente, diminuindo assim as desigualdades e trazendo dignidade para toda uma comunidade (objetivos 1, 8 e 10). Pensando também nos produtos das ASF, com pesquisas relacionadas ao mel com propriedades medicinais, atendem então ao objetivo de saúde e bem-estar (objetivo 3).

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é analisar o mel da abelha caçadora-de-limão (*Duckeola ghilianii* – Spinola, 1853) quanto às suas propriedades físico-químicas e atividade antimicrobiana, a fim de verificar o potencial da qualidade desse mel, gerando dados para criação racional dessa abelha, visando à produção e à comercialização do mel.

11.2. METODOLOGIA

11.2.1 Amostra

Foi adquirida uma amostra de 60 ml de um lote de 10 l de mel de *D. ghilianii*, proveniente da cidade de Parintins-AM, segundo município mais populoso da região, coletado durante o segundo semestre do ano de 2021.

Foram realizadas análises laboratoriais no Laboratório de Abelhas, Biotecnologia e Estudos em Sustentabilidade, da Escola de Artes, Ciências e Humanidades, da Universidade de São Paulo (Labees – EACH-USP) de densidade, cor, umidade, pH, acidez, 5-hidroximetilfurfural (HMF) e açúcar redutor, além de atividade antimicrobiana, utilizando o método da microdiluição em caldo, com a determinação da Concentração Inibitória Mínima (CIM) e da Concentração Bactericida Mínima (CBM).

11.2.2 Densidade

Para a determinação da densidade, que relaciona a massa da amostra de mel a 20°C com a massa de volume de água na mesma temperatura, utilizou-se um picnômetro de 10 ml. Após inserção da amostra, o picnômetro foi colocado no freezer para alcançar a temperatura ideal (20 °C). Posteriormente, foi pesado e cálculos foram efetuados de acordo com os métodos físico-químicos para análise de alimentos (Lutz, 2008).

11.2.3 Cor

Para a análise da cor, utilizou-se um fotômetro portátil para cor de mel (Hanna) calibrado com glicerina. Após a inserção da amostra, o resultado foi analisado seguindo a escala pFund de cor, conforme o Método Oficial 960.44 (Aoac, 2016).

11.2.4 Umidade

Para a determinação da umidade, utilizou-se o refratômetro de bancada tipo Abbeé. Após a amostra ter sido mantida à temperatura de 20 °C, o volume de mel na cubeta foi ajustado para sua capacidade total. Posterior à realização da leitura, o valor obtido foi correlacionado com a tabela de índice de refração preconizada para mel, conforme as diretrizes estipuladas pelo método 969.38B (Aoac, 2016).

11.2.5 pH

A determinação do pH foi realizada por meio da utilização de um pHmetro de bancada. Para isso, foram empregados 2,5 g da amostra, em duplicata, e acondicionados em um béquer de 100 ml. Subsequentemente, a amostra foi diluída com a adição de 19 ml de água destilada e em seguida, realizou-se a medição do pH.

11.2.6 Acidez

Para a determinação da acidez, foi utilizada a metodologia 962.19 da Association of Official Analytical Chemists (Aoac, 2016). Após a medição do pH, sob agitação, a solução foi titulada em duplicata com hidróxido de sódio 0,01 M. Os resultados obtidos foram então expressos em miliequivalente por grama.

11.2.7 5-Hidroximetilfurfural (HMF)

Para a determinação dos valores de hidroximetilfurfural, utilizou-se a metodologia 980.23 da Association of Official Analytical Chemists (Aoac, 2016). No preparo da amostra, pesou-se 2,5 ml de mel em balão de 25 ml e foi adicionado 0,25 ml de acetato de zinco 30 % e 0,25 ml de ferrocianeto de potássio 15 %. O volume do balão foi ajustado para sua capacidade máxima por meio da adição de água. Em sequência, a solução resultante passou pelo processo de filtração com papel filtro.

Para a preparação das soluções destinadas à análise, separou-se dois tubos de ensaio, executando-se essa etapa em duplicata. No primeiro tubo, adicionou-se 2,5 ml da amostra previamente preparada, sendo acompanhado por 2,5 ml da solução de bissulfito a 0,2%, desempenhando a função de um tubo controle (tubo branco). No segundo tubo de ensaio, foram combinados 2,5 ml da amostra preparada junto com 2,5 ml de água destilada, representando a amostra propriamente dita.

Posteriormente, após agitação utilizando um vórtex, as leituras de absorbância foram adquiridas por meio de um espectrofotômetro. Os resultados obtidos foram então quantificados em miligramas por quilograma (mg/Kg), seguindo a formulação delineada na metodologia utilizada.

11.2.8 Açúcares redutores

Para determinação de açúcares redutores, que é feito por titulação, foi adotada a metodologia determinada pela Comissão Internacional de Mel (IHC, 2002), em duplicata. Pesou-se 3 g da amostra de mel e adicionou-se no balão volumétrico de 100 ml. Em seguida, foi adicionado 5 ml de solução de acetato de zinco 12 % e 5 ml de solução de ferrocianeto de potássio 6 %, completando posteriormente o volume com água destilada. A solução resultante foi então submetida à filtração por meio de papel filtro. Após o ajuste do pH para 9,0 utilizando carbonato de sódio, a solução foi submetida a uma filtragem adicional.

Para a titulação, em um balão volumétrico de 250 ml, foram adicionados 10 ml da solução A de Fehling, 10 ml da solução B de Fehling, contas de porcelana e 40 ml de água e colocado em chapa aquecedora até ebulição. Após o início da ebulição, a amostra preparada foi adicionada em uma bureta de 25 ml, marcando assim o início da titulação. A determinação prosseguiu até que a tonalidade da solução contida no

balão apresentasse uma tonalidade marrom, momento na qual o volume consumido durante o processo de titulação foi registrado.

11.2.9 Atividade antimicrobiana – método da microdiluição em caldo

Foram utilizadas as cepas de bactéria Gram positiva *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 e da bactéria gram-negativa de *Escherichia coli* ATCC 8739. Após a ativação dos microrganismos em tubo de ensaio contendo ágar Mueller Hinton e incubação a 35 °C em aerobiose por 18 a 24 h, foi realizada a diluição da amostra de mel.

Para a diluição, pesou-se 1 g de mel, que foi diluído com 10 ml de Mueller Hinton caldo (MHC) e então, distribuído na fileira 1 da placa de 96 poços com fundo em U. Nos outros poços, foi adicionado 100 µL do meio de cultura MHC. A partir do poço 1, foi realizada a diluição seriada: após a homogeneização do conteúdo do poço, com uma multicanal, adicionado 100 µL do conteúdo do poço 1 no poço 2 e assim sucessivamente.

Para o preparo do inóculo, em uma capela de fluxo laminar, retirou-se uma pequena porção da colônia do microrganismo com o auxílio de uma alça bacteriológica esterilizada no bico de Bunsen. O inóculo foi transferido para um tubo de ensaio (20 x 120 mm) contendo 9 ml de solução de cloreto de sódio 0,85 % esterilizado e em seguida, mensurou-se a turbidez em espectrofotômetro no comprimento de onda de 625 nm, com resultados de absorbâncias de 0,077 UFC/ml para *E. coli* e 0,070 UFC/ml para *S. aureus*.

O equivalente a 1 ml da solução do patógeno foi diluída em 19 ml de MHC e então, adicionado 10 µL em cada poço com o auxílio da pipeta multicanal e incubado na estufa a 35 °C em aerobiose por 24 hs. A concentração de mel no primeiro poço foi de 500 µL/poço.

11.2.10 Determinação da concentração inibitória mínima (CIM)

Após o período de incubação das placas, avaliou-se a presença de turvação nos poços para determinar a CIM. Nos poços onde ocorreu turvação, não foi observada inibição.

11.2.11 Determinação da concentração bactericida mínima (CBM)

Na capela de fluxo laminar, demarcou-se na placa de Petri, contendo 20 ml de meio ágar Mueller Hinton, o ponto de origem e o poço de referência. Posteriormente, inoculou-se 15 µL do conteúdo presente em cada poço, que foi cuidadosamente distribuído em pontos equidistantes ao longo da superfície da placa de Petri. Após a completa dessecação do material inoculado, a placa foi submetida a um processo de incubação a uma temperatura de 35 °C, em condições de aerobiose, por um período total de 24 hs.

Decorrido o período de incubação, procedeu-se à avaliação quanto à ocorrência de crescimento microbiano, com a presença de colônias distintas. Qualquer instância em que tal crescimento excedeu o limiar estabelecido de três colônias, foi categorizada como ausência de atividade.

11.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises laboratoriais foram relacionados na Tabela 11.1, na qual é possível observar que se trata de um mel com baixo pH e alta acidez. Além disso, a umidade também se apresenta mais elevada do que a estabelecida pela legislação vigente, que determina um máximo de 20 a 25 % de água.

Tabela 11.1 Análises físico-químicas de mel de abelha caçadora-de-limão (*Duckeolla ghiliani* Spinola) proveniente de Parintins-AM

Amostra	Resultado
Densidade (g/ml)	1,36
Cor	âmbar
Umidade	>25
pH	3,15
Acidez (mEq/Kg)	117,09
HMF (mg/Kg)	40,77
Açúcar redutor (g/100g)	49,40
CIM <i>S. aureus</i> (µl/poço)	125
CIM <i>E. coli</i> (µl/poço)	125
CBM <i>S. aureus</i> (µl/poço)	não detectado
CBM <i>E. coli</i> (µl/poço)	não detectado

[CIM *S. aureus* – Concentração inibitória mínima de *Staphylococcus aureus*; CIM *E. coli* – Concentração Inibitória Mínima de *Escherichia coli*; CBM *S. aureus* – Concentração Bactericida Mínima de *Staphylococcus aureus*; CBM *E. coli* – Concentração Bactericida Mínima de *Escherichia coli*. HMF – Hidroximetilfurfural]

Quando comparamos o mel de abelha sem ferrão (ASF) com mel de abelha *A. mellifera*, percebe-se que os parâmetros não estão dentro da mesma referência, sendo o mel de ASF apresenta maior variedade de cor, maior umidade, acidez mais elevada e açúcares redutores em menor quantidade. Os índices de HMF, que são indicadores de qualidade pela deterioração, são preconizados em até 40 mg/Kg, estando no limite dos parâmetros (Faleiros-Quevedo; Franco, 2022).

Partindo para a análise da atividade antimicrobiana, é possível verificar que o mel de abelha *D. ghiliani* apresenta potencial bacteriostático, a partir da Concentração Inibitória Mínima, na concentração de 125 µl/poço de mel, que inibe o crescimento e reprodução bacteriana sem provocar a morte imediata do patógeno, podendo ser

um efeito reversível com retirada do mel, tanto para a bactéria *S. aureus* quanto para a *E. coli*.

Porém, já na análise da determinação da Concentração Bactericida Mínima, que é capaz de matar ou lesar irreversivelmente a bactéria, foi possível observar que o mel analisado não apresentou nenhuma atividade, ou seja, ele só possui atividade bacteriostática, o que pode ser utilizado em associação com outro mel que apresente essa atividade bactericida.

Outros estudos envolvendo análise de atividade antimicrobiana no estado do Amazonas, utilizando mel das espécies *Melipona seminigra merrillae*, indicam atividade contra cepas de *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Staphylococcus epidermidis* ATCC 12228, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Candida albicans* ATCC 6645, *Candida tropicalis* ATCC 13803 e *Candida krusei* LM 13, com valores de CIM variando de 256 a 512 µg mL (Silva *et al.*, 2013). O estudo não determinou os valores de CBM.

Já bactérias isoladas do mel de ASF da Amazônia (*Scaptotrigona* aff. *postica*) foram utilizadas para determinar propriedades antimicrobianas. Os achados revelaram que a bactéria identificada no mel apresentou atividade inibitória comparável àquela exibida pelo composto antibiótico denominado vancomicina, que foi utilizado como controle positivo no estudo (Silva *et al.*, 2023).

O fato do mel de ASF apresentar uma melhor atividade antimicrobiana em relação ao mel de *A. mellifera* ainda não está totalmente desvendado, mas isso ocorre possivelmente pelo fato do armazenamento do mel em ASF ser feito em potes, que são produzidos com cera e cerúmen, que possui uma porcentagem de própolis, podendo ser transferido suas propriedades para o mel. Além disso, estima-se também que leveduras naturais do mel de ASF produzam compostos secundários que aumentem a capacidade de atividade antimicrobiana.

O comportamento defensivo das abelhas *D. ghilianii* entre os gêneros sugere que ela tenha evoluído mais de uma vez entre os Meliponini (Rech; Schwade; Schwade, 2013). Além disso, é interessante observar que, em um estudo realizado com análise larval de espécies de ASF, foi constatado que as larvas de *D. ghilianii* são totalmente diferentes das outras larvas de outras espécies do grupo dos Meliponini avaliadas. Elas apresentam uma grande mandíbula, coberta externamente por espículas multipontadas, e ausência completa de tubérculos corporais, o que demonstra diferenciações significativas desde o seu estágio larval (Rozen *et al.*, 2021).

A meliponicultura é uma atividade com grande potencial de crescimento, e a gestão de melhorias das práticas de manejo reflete na expansão de mercado dos produtos das ASF, atendendo a demanda dos consumidores (Jaffé *et al.*, 2015), desenvolvendo de maneira sustentável a região Amazônica. Assim, a biodiversidade ganha destaque

no papel exercido na regulação dos processos ecológicos ligados ao funcionamento do ecossistema (Cardinale *et al.*, 2002).

Além disso, a meliponicultura ultrapassa sua relevância ecológica ao evidenciar implicações de cunho social e econômico que estão em consonância com diversos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. A expansão dessa atividade não somente aumenta a disponibilidade de alimentos e recursos naturais, mas também garante oportunidades ocupacionais, impulsionando o desenvolvimento econômico das comunidades locais.

Essa abordagem encontra reflexos nos ODS 1, 8 e 10, que direcionam empenhos para a erradicação da pobreza, a promoção do trabalho digno e a mitigação das disparidades socioeconômicas. Assim, a meliponicultura surge como uma estratégia de empoderamento, conferindo dignidade e sustentabilidade às populações anteriormente marginalizadas.

O ODS 3, que é voltado à promoção da saúde e do bem estar, está ligado aos resultados das análises das propriedades medicinais do mel das ASF, que demonstraram potenciais terapêuticos que podem dar suporte na prática da medicina convencional. Nesse sentido, a meliponicultura surge como um pilar para o alcance dos ODS.

Na perspectiva global de que a humanidade está próxima de extrapolar os limites ambientais planetários, dos quais todos dependem para o seu bem-estar, somada com a problemática de questões governamentais e a política econômica, que é falha na inserção de uma economia sustentável, a humanidade está vivendo em descompasso com o ambiente, consumindo mais do que o planeta consegue suportar (Raworth, 2012). O desenvolvimento econômico de uma região deve permitir que a comunidade se desenvolva em um espaço seguro e justo com manutenção de limites sustentáveis no uso de recursos naturais.

11.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Concluimos que o mel da abelha *Duckeolla ghiliani* produzido na região da Amazônia é um mel de excelente qualidade e com possíveis propriedades bacteriostáticas. Assim, essa abelha pode ser manejada racionalmente para produção de mel, além de uso já conhecido como guardião dos meliponários, favorecendo a produção de mel e o desenvolvimento da meliponicultura na região.

Também são necessárias análises de mais amostras da região e estudos mais aprofundados das características dessa espécie, como biologia, manejo e análises de compostos fenólicos e flavonoides presentes no mel. Dessa forma, é possível ter o conhecimento geral de suas características e propriedades, favorecendo também o desenvolvimento de fármacos ou cosméticos utilizando esse mel como matéria-prima.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). *Official methods of analysis of AOAC international*, 20th ed. Gaithersburg: Oxford University Press, 2016.
- ÁVILA, S. *et al.* Stingless bee honey: quality parameters, bioactive compounds, health-promotion properties and modification detection strategies. *Trends in Food Science and Technology*, v. 81, p. 37-50, 2018.
- BARBIÉRI, C.; FRANCOY, T. M. Theoretical model for interdisciplinary analysis of human activities: Meliponiculture as an activity that promotes sustainability. *Ambiente e Sociedade*, v. 23, 2020.
- BILUCA, F. C. *et al.* Physicochemical profiles, minerals and bioactive compounds of stingless bee honey (*Meliponinae*). *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 50, p. 61-9, 2016.
- BRASIL. Lei nº 14.639, de 25 de julho de 2023. Dispõe sobre a Política Nacional de Incentivo à Produção Melífera e ao Desenvolvimento de Produtos e Serviços Apícolas e Meliponícolas de Qualidade. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 25 jul. 2023.
- CAMARGO, J. M. F.; PEDRO, S. R. M. *Meliponini Lepeletier*, 1836. In: MOURE, J. S.; URBAN, D.; MELO, G. A. R. (Org.). *Catalogue of bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical region*. 2013. Disponível em: <http://www.moure.cria.org.br/catalogue>. Acesso em: 4 maio 2022.
- CARDINALE, B.; PALMER, M.; COLLINS, S. Species diversity enhances ecosystem functioning through interspecific facilitation. *Nature*, v. 415, p. 426-9, 2002.
- CONVENCION ON BIOLOGICAL AND DIVERSITY (CBD). *The convention on biological diversity – Year in review*. 2008.
- FALEIROS-QUEVEDO, M.; FRANCOY, T. M. Stingless bees honeys': physical-chemical characterization, difficulties and challenges. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 6, p. e25411628996, 2022.
- FRAZÃO, R. F. *Abelhas nativas da Amazônia e populações tradicionais – manual de meliponicultura*. Belém: Instituto Peabiru, 2013.
- FREITAS, B. M.; PEREIRA, J. P. Conservation and management of pollinators for sustainable agriculture: the international response. In: FREITAS, B. M.; PEREIRA, J. O. P. (Ed.). *Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination*. Fortaleza, Imprensa Universitária – Universidade Federal do Ceará, 2009.
- HIPÓLITO, J. *et al.* Legislation and pollination: recommendations for policymakers and scientists. *Perspectives in Ecology and Conservation*, v. 19, n. 1, p. 1-9, 2021.
- INTERNATIONAL HONEY COMMISSION (IHC). *Harmonised methods of the International Honey Commission*. Suíça: IHC, 2002.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. São Paulo, 2008.

- IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; CONTRERA, F. A. L.; KLEINERT A. M. P. A Iniciativa Brasileira dos Polinizadores e a meliponicultura. In: I CONGRESSO BRASILEIRO DE MELIPONICULTURA, 2004, Natal. *Anais do XV Congresso Brasileiro de Apicultura*. Natal, 2004.
- JAFFÉ, R. *et al.* Bees for development: Brazilian survey reveals how to optimize stingless beekeeping. *PLOS ONE*, v. 10, n. 3, p. e0121157, 2015.
- KHONGKWANMUEANG, A. *et al.* Physicochemical profiles, antioxidant and antibacterial capacity of honey from stingless bee *Tetragonula laeviceps Species Complex*. *E3S Web of Conferences*, v. 141, p. 03007, 2020.
- MEIRELLES FILHO, J.; FERNANDES, T.; OLIVEIRA, H. S. *Um olhar sobre a meliponicultura na Amazônia*. p. 1-10, 2016.
- MICHENER, C. D. *The bees of the world*. 2nd ed. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 2007.
- NODA, H.; SOUZA, L. A. G.; SILVA FILHO, D. F. *Pesquisas agronômicas para a agricultura sustentável na Amazônia Central*. Manaus: Wega, 2013.
- NORDIN, A. *et al.* Physicochemical properties of stingless bee honey from around the globe: a comprehensive review. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 73, p. 91-102, 2018.
- OOI, T. *et al.* The stingless bee honey protects against hydrogen peroxide-induced oxidative damage and lipopolysaccharide-induced inflammation in vitro. *Saudi Journal of Biological Sciences*, v. 28, n. 5, p. 2987-94, 2021.
- RAWORTH, K. A safe and just space for humanity: can we live within the doughnut? *Oxfam International*, 13 fev. 2012.
- RECH, A. R.; SCHWADE, M. A.; SCHWADE, M. R. M. Abelhas-sem-ferrão amazônicas defendem meliponários contra saques de outras abelhas. *Acta Amazonica*, v. 43, n. 3, p. 389-94, 2013.
- ROZEN JR., J.; ALMEIDA, E.; SMITH, C. S. Intratribal variation among mature larvae of stingless bees (*Apidae: Meliponini*) with descriptions of the eggs of 11 species. *American Museum Novitates*, n. 3971, 2021.
- SILVA, I. A. A. *et al.* Phenolic profile, antioxidant activity and palynological analysis of stingless bee honey from Amazonas, Northern Brazil. *Food Chemistry*, v. 141, n. 4, p. 3252-8, 2013.
- SILVA, I. C. *et al.* Evaluation of the antimicrobial capacity of bacteria isolated from stingless bee (*Scaptotrigona aff. postica*) honey cultivated in açai (*Euterpe oleracea*) monoculture. *Antibiotics*, v. 12, n. 2, p. 223, 2023.
- VENTURIERI, G. C. *Criação de abelhas indígenas na Amazônia: avanços e desafios*. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DA PECUÁRIA DA AMAZÔNIA, 2008, Belém. *Anais [...]*. Belém: Meio ambiente e pecuária, 2008.

YAMAMOTO, M.; BARBOSA, A. A.; OLIVEIRA, P. E. A polinização em cultivos agrícolas e a conservação das áreas naturais: o caso do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa* Deneger). *Oecologia Australis* 14, p. 174-92, 2010.

Eixo 4:
Gestão socioambiental

CAPÍTULO 12

Tecnologias para o meio ambiente: definições e políticas regionais para o seu desenvolvimento

Emanuel Galdino

Tania Pereira Christopoulos

RESUMO

As tecnologias ambientais são pautadas nas metas da agenda 2030 e têm sido estimuladas e desenvolvidas de diferentes maneiras e por meio de diferentes políticas de inovação. Este capítulo apresenta uma análise sobre como governos de distintas regiões do mundo estimulam essas tecnologias. Previamente a esta análise, o trabalho traz os resultados de uma revisão sistemática que identifica definições e conceitos da literatura científica sobre tecnologias dedicadas a trazer benefícios para o meio ambiente e que se propõem a reduzir danos, minimizar a poluição e utilizar recursos naturais de maneira sustentável. O trabalho pretende suprir uma lacuna da literatura, identificando a polissemia de termos utilizados para exemplificar as tecnologias para o meio ambiente, assim como o amplo leque de possibilidades utilizado pelos países para estimular seu desenvolvimento e aplicação. A pesquisa indica que a literatura utiliza diferentes definições e terminologias para retratar esse tipo de tecnologia, por exemplo, o conceito deecoinovação, ainda em construção. Os países, mesmo que in-

cluídos em uma mesma região ou tendo patamar econômico similar, traçam estratégias distintas em relação à participação dos governos no estímulo ao desenvolvimento dessas tecnologias em seus territórios. As implicações sociais desse estudo incluem desde a conscientização sobre os resultados da implantação dessas tecnologias até a formulação de políticas públicas e as contradições inerentes.

Palavras-chave:ecoinovação; tecnologias ambientais; políticas de inovação.

ENVIRONMENTAL TECHNOLOGIES: DEFINITIONS AND REGIONAL POLICIES FOR THEIR DEVELOPMENT

ABSTRACT

Environmental technologies are aligned with the goals of the 2030 agenda and have been promoted and developed in various ways through different innovation policies. This work provides an analysis of how governments from different regions of the world encourage these technologies. Prior to this analysis, the work presents the results of a systematic review that identifies definitions and concepts from scientific literature concerning technologies dedicated to environmental benefits, aiming to reduce harm, minimize pollution, and utilize natural resources sustainably. The study aims to address a gap in the literature by identifying the polysemy of terms used to exemplify environmental technologies, as well as the wide range of approaches employed by countries to promote their development and application. The research indicates that the literature employs various definitions and terminologies to depict this type of technology, such as the evolving concept of eco-innovation. Even countries within the same region or with similar economic standings adopt distinct strategies regarding government involvement in stimulating the development of these technologies within their territories. The social implications of this study encompass raising awareness of the consequences of implementing these technologies, as well as informing public policy formulation and addressing inherent contradictions.

Keywords: eco-innovation; environmental technology; innovation policy.

12.1 INTRODUÇÃO

Desde a definição do conceito de desenvolvimento sustentável no relatório *Nosso Futuro Comum*, em 1987, identificou-se a necessidade do uso e desenvolvimento de tecnologias mais amigáveis ao meio ambiente (Kemenade; Teixeira, 2017). Com a definição da Agenda 2030, a temática se transformou em um dos principais objetivos estratégicos da União Europeia, em busca da transição para a economia verde (Marin; Marzucchi; Zoboli, 2015).

Na literatura, a inovação tecnológica é vista como uma importante ferramenta para resolver problemas graves de poluição e auxiliar na gestão ambiental, na redução de resíduos da indústria e na eficiência energética. Pode auxiliar a melhorar a utilização e alocação dos recursos naturais, promover a redução do uso de matéria-prima ou resultar em uma nova solução de material ou substância menos nocivos ao ecossistema (Ai; Peng; Xiong, 2021). Além do enfoque ambiental, pode ter efeitos transbordados para outros setores, contribuindo para o desempenho financeiro, para a competitividade empresarial, que tem potencial de melhorar o bem-estar social, gerando novas oportunidades de emprego. A inovação tecnológica também pode contribuir para a acumulação e difusão do conhecimento, gerados a partir das atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D), necessárias para a sua produção (Yuan; Zhang, 2020).

Essas tecnologias podem contribuir para a renovação de todo o sistema de inovação, levando em consideração também aspectos sociais e ecológicos. Plataformas como a Eco-Innovation Observatory, que une 32 países da União Europeia, têm divulgado sua importância para combater o grande desafio das mudanças climáticas em diversos setores (Hojnik; Ruzzier, 2016). Nesse contexto, o uso de combustíveis fósseis como principal fonte energética tem sido associado a problemas ambientais e às mudanças climáticas; e a transição para tecnologias, relacionadas à energia renovável é esperada tanto pelos governos, em nível local, como por toda a comunidade internacional (Pitelis, 2018).

Não obstante, o desenvolvimento e a utilização de novas tecnologias ambientais podem desencadear o denominado efeito rebote. Esse efeito ocorre, por exemplo, quando o desenvolvimento e/ou aperfeiçoamento de determinada tecnologia eleva a eficiência do uso de energia de um equipamento em um determinado percentual, mas o consumo de recursos necessários para o funcionamento desse equipamento (por exemplo, energia) diminui menos que o percentual de eficiência associado, contribuindo para que a conservação de energia ocorra em proporção menor que a inicialmente prevista (York; Adua; Clark, 2022).

As metas definidas pelo Acordo de Paris em relação às mudanças climáticas têm promovido planejamentos e reflexões acerca de quais passos serão necessários para melhorar o desempenho ambiental nos países. Atingi-las requer investimento em

pesquisa e desenvolvimento (P&D) ambiental e inovação na busca da diminuição das emissões de dióxido de carbono (CO₂) (Costa-Campi; García-Quevedo; Martínez-Ros, 2017). Os compromissos acordados de forma voluntária pelos países exigirão, portanto, desde mudanças socioculturais e formulação de políticas públicas, até transformações nos sistemas de produção, trazendo à tona o papel do setor privado (Pinsky; Kruglianskas, 2017).

Certamente, cada país tem elaborado as suas próprias estratégias para promover um desenvolvimento tecnológico que esteja orientado para a proteção do meio ambiente e para a diminuição do consumo de energias oriundas de matrizes mais poluentes, como é o caso dos combustíveis fósseis (Mazzanti, 2018; Zhou *et al.*, 2020). Alinhadas com os objetivos propostos pela agenda de Desenvolvimento Sustentável elaborada pelas Organizações das Nações Unidas (ONU), essas estratégias são interpretadas e executadas de diferentes maneiras pelos governos.

O objetivo principal deste estudo é analisar como a literatura científica vem abordando conceitos e estratégias relativos às tecnologias desenvolvidas exclusivamente para exercer alguma função benéfica ou reduzir impactos negativos sobre o meio ambiente. Dois objetivos específicos são propostos. O primeiro é esmiuçar como a literatura científica define essas tecnologias, entendendo suas taxonomia, características e aplicações. O segundo é visualizar como o processo para o desenvolvimento e aplicação pode ser estimulado pelo Estado em diferentes regiões do mundo. Para se atingirem esses objetivos, optou-se por realizar uma revisão sistemática da literatura.

Além desta breve introdução, o trabalho conta ainda com mais três seções. A metodologia adotada para a seleção dos artigos usados neste trabalho está detalhada na Seção 12.2. A Seção 12.3, dividida em duas partes, mostra o resultado das análises realizadas no processo de revisão sistemática. Por fim, apresentam-se as considerações finais.

12.2 MÉTODO: REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

O planejamento da revisão sistemática foi realizado de acordo com a estrutura proposta por Okoli *et al.* (2019) e com o modelo indicado por Biolchini *et al.* (2005). A pesquisa foi realizada nas bases Web of Science, Scopus e Scielo. A busca enfocou artigos científicos revisados por pares e publicados nos idiomas inglês e português. A proposta foi selecionar apenas artigos que tivessem em seu resumo ou título palavras-chave relacionadas às variadas nomenclaturas das tecnologias ambientais e, ao mesmo tempo, tratassem de alguma política pública de estímulo ao seu desenvolvimento. As palavras-chave foram retiradas de textos seminais sobre a temática, em uma pesquisa primária realizada antes da revisão sistemática. A lista-controle de fontes foi composta por trabalhos de Corder (2008), Dias (2014), Dias (2012), Jabbour

(2010), Kuehr (2007), Lustosa (2010), Singh *et al.* (2020). A Figura 12.1 ilustra os termos em português e inglês. A parte esquerda da figura apresenta os descritores utilizados para capturar conceitos e a parte direita, os relacionados às políticas e às referidas tecnologias.

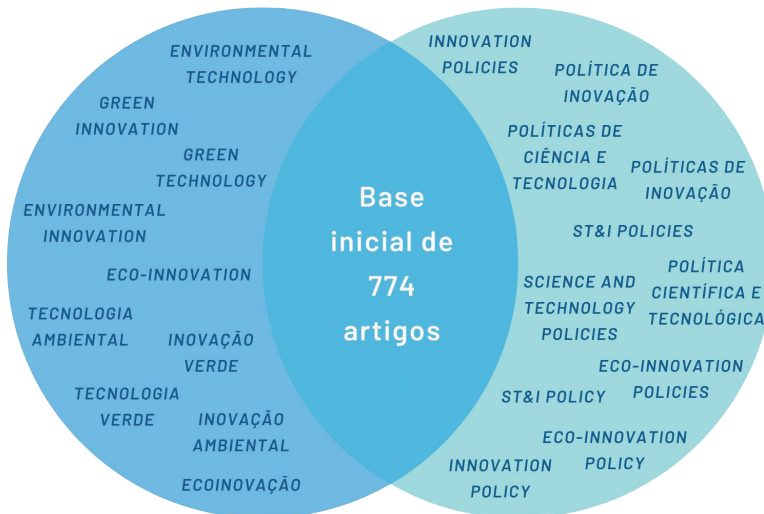


Figura 12.1 Representação dos descritores (*strings* de busca) usados na pesquisa.

A busca resultou em uma base de 774 artigos. Os resumos e títulos desses trabalhos foram submetidos a critérios de inclusão e exclusão, conforme Quadro 12.1. Foram excluídos artigos que, apesar de descreverem e/ou analisarem o desenvolvimento de tecnologias benéficas ao meio ambiente, não citavam o envolvimento do Estado de qualquer forma, seja por uma política de estímulo ou pela intervenção por meio de quaisquer instrumentos. Se o artigo apresentou, pelo menos, um critério de inclusão assinalado e nenhum critério de exclusão marcado, foi selecionado para a leitura na íntegra. Após essa leitura rigorosa, seguindo-se os mesmos critérios de avaliação, o artigo foi incluído para os objetivos dessa revisão sistemática. Ao final, 126 artigos foram selecionados.

Quadro 12.1 Critérios de seleção dos artigos

Inclusão
Analizam ou descrevem políticas públicas , elaboradas pela administração municipal, estadual ou federal que estimulam o desenvolvimento de inovações verdes em empresas de determinado local ou país , em segmentos industriais e de serviços.
Analizam o impacto de políticas de ciência, tecnologia e inovação na produção de bens, produtos e serviços benéficos ou menos nocivos ao meio ambiente.
Analizam a cooperação universidade-empresa para estimular a produção e a transferência tecnológica de inovações verdes.
Analizam a aplicação de editais de agências de fomento ou subsídios de P&D do Estado, específicos para a produção de tecnologias ambientais.
Analizam o papel de órgãos públicos como agências, institutos, ministérios, no desenvolvimento de tecnologias ambientais, seja pela inserção de uma política ou de um instrumento específico ou utilizando o seu poder de compra (compras públicas) para orientar as empresas a inovarem nessa direção.
Exclusão
Descrevem ou analisam o desenvolvimento de tecnologias benéficas ao meio ambiente, como novas fontes de energia, entre outras, mas que não retratam o papel do Estado nesta orientação ou estímulo.
Analizam o papel das inovações verdes para a melhoria do meio ambiente ou para a melhoria do negócio, mas que não enfocam o processo de estímulo ao desenvolvimento dessas tecnologias, apenas dando destaque ao consumo ou ao ganho econômico-financeiro para a empresa.
Analizam o papel da gestão empresarial, do marketing ou dos recursos humanos da empresa ou do departamento de pesquisa e desenvolvimento interno na produção de inovações verdes, sem a participação do Estado nesse processo.
Descrevem estudos de caso de empresas ou segmentos industriais específicos e seus desenvolvimentos de tecnologias ambientais, sem a participação do Estado nesse processo.
Não mencionam políticas públicas de estímulo ao desenvolvimento de inovação ambiental.
O texto completo do artigo não estava disponível em formato completo para a conta USP vinculada ao portal de periódicos Capes.

12.3 RESULTADOS

A partir do processo de revisão sistemática, as próximas seções pretendem apresentar como os trabalhos científicos têm denominado as tecnologias desenvolvidas especificamente para o benefício do meio ambiente. Além de definições e nomenclaturas, serão apresentadas aplicações da ecoinovação e sua essencialidade ao futuro de áreas estratégicas para a sobrevivência e bem-estar humano, como o tratamento de água, agricultura, indústria, construção. Em seguida, serão discutidas as estratégias regionais dos governos para o estímulo do desenvolvimento e da aplicação de tecnologias ambientais, com enfoque na discussão sobre políticas públicas e instrumentos de planejamento.

12.3.1 Tecnologias ambientais, ecoinovações ou inovações verdes

A grande maioria dos artigos analisados durante o processo de revisão sistemática utiliza apenas o termo ecoinovação para se referir a soluções tecnológicas com foco no meio ambiente, apesar de as palavras-chave tecnologia ambiental, inovação verde, tecnologia verde e inovação ambiental terem sido utilizadas na busca. Esses

resultados corroboram com os achados de Hroncová Vicianová *et al.*, (2017) e Yi *et al.*, (2020), que verificaram muitos autores tratando inovação verde, inovação ecológica, inovação ambiental,ecoinovação, tecnologia verde e tecnologia ambiental como sinônimos. A diversidade terminológica ainda inclui tecnologias mais limpas, tecnologias ambientalmente amigáveis, tecnologias ecologicamente adaptadas, tecnologias ambientalmente seguras, tecnologias ecoeficientes e tecnologias ambientalmente sustentáveis. Na prática, este trabalho adotará como sinônimo as expressões ecoinovação, inovação verde, inovação ambiental, tecnologia ambiental e tecnologia verde, conforme justificado nos próximos parágrafos.

Segundo Gente e Pattanaro (2019), o termo “ecoinovação” acompanhou a evolução das outras terminologias¹ relacionadas à tecnologia e ao ambiente, incorporando à inovação aspectos ligados à economia, ao padrão de consumo, às consequências das mudanças climáticas e à conscientização em relação aos riscos à saúde gerados pela poluição e ao não tratamento de resíduos. Nos Estados Unidos, por exemplo, as terminologias *tecnologia limpa* e *inovação ambiental* vêm sendo mais usadas por instituições e governos. Por outro lado, *inovação ecológica*, *inovação verde* e *inovação ambiental* são mais utilizadas em trabalhos científicos (Gente; Pattanaro, 2019).

Dentro da mostra de artigos selecionados na revisão sistemática, os autores que optaram por utilizar os termos *tecnologia ambiental* e *tecnologia verde* não propuseram nenhuma definição para essas expressões. Os poucos acadêmicos que apresentaram definições para as outras terminologias se basearam no conceito de inovação de Schumpeter e no detalhamento dado a ela pelo Manual de Oslo, da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), como a introdução de produto, serviço ou processo novo ou melhorado.

A inovação verde foi definida por Wu *et al.* (2021) como aquela inovação que envolve o comportamento para produzir, adotar e desenvolver novos produtos, processos de produção, serviços, abordagens de gestão ou métodos de negócios. Esse comportamento pode efetivamente reduzir riscos ambientais e outros impac-

1 O Relatório Brundtland utiliza os termos *tecnologias alternativas* e *tecnologias mais adequadas ao meio ambiente* (Brundtland, 1987). Inclusive, a própria ONU chegou a definir o termo no documento gerado durante a conferência Rio-92 – a Agenda 21 – como tecnologias que poluem menos, atuam em proteção ao meio ambiente, utilizam os recursos naturais de forma mais sustentável e destinam melhor os seus resíduos em comparação às tecnologias empregadas anteriormente ao seu desenvolvimento (ONU, 1992). No entanto, organizações como a Measuring Eco-Innovation, que adotam o termo ecoinovação, afirmam que a expressão *tecnologias ambientais* tem uma interpretação muito mais restrita por estar vinculada à indústria de bens e serviços ambientais, que são aquelas empresas que se dedicam à produção de produtos para medir, prevenir, limitar, minimizar ou corrigir danos ambientais para água, ar e solo, assim como para solucionar problemas relacionados a resíduos, ruídos e ecossistemas (Kemp; Pearson, 2007).

tos negativos no processo de poluição e uso de recursos em todo o ciclo de vida do produto. A inovação verde pode ser categorizada como inovação de processo verde, inovação de produtos verdes e tecnologia de tratamento de fim de tubo (*end-of-pipe*). A inovação de processo verde se refere a um modo de inovação em que as empresas melhoram os processos de produção existentes ou desenvolvem novos processos para reduzir o impacto negativo no meio ambiente enquanto criam benefícios econômicos.

A terminologia inovação ambiental complementa o conceito anterior, enfatizando a redução de efeitos adversos ao meio ambiente. A inovação ambiental seria, então, o conjunto de medidas tomadas por diferentes atores para desenvolver novos produtos e processos aplicados à diminuição da carga ambiental e para atingir a meta do desenvolvimento sustentável. A proposta e o enfoque da inovação ambiental é depender cada vez menos de matéria-prima e de fontes de energia convencionais. Em outras palavras, é um produto, processo, serviço ou método de gestão que resulta, ao longo do seu ciclo de vida, na redução do risco ambiental, poluição e outros impactos (Loučanová; Nosálová, 2020). É um tipo de inovação que pode não apenas trazer benefícios para consumidores e empresas, dinamizando a economia, mas também interferir na diminuição dos efeitos adversos sobre o meio ambiente. (Liao *et al.*, 2018).

Os trabalhos que usam a expressão ecoinovação, em sua ampla maioria, enunciam as características desse tipo de inovação por meio de duas definições eurocêntricas: a realizada pela Measuring Eco-Innovation (MEI) e a elaborada pelo The Eco-Innovation Observatory.² Pesquisadores como Hroncová Vicianová *et al.* (2017), Jang *et al.* (2015) e Bitat (2018) ousaram propor uma definição para o conceito de ecoinovação, mas também baseadas em definições prévias; neste caso, em definições divulgadas nos documentos da OCDE. De acordo com Hroncová Vicianová *et al.* (2017), as ecoinovações são novos produtos e processos que possam reduzir os impactos ambientais (riscos e poluição) em todo o seu ciclo de vida ou possam ser mais eficientes e responsáveis em relação ao uso dos recursos naturais, como a energia. Já Jang *et al.* (2015) consideram que as inovações, além de reduzirem o impacto ambiental e otimizarem o uso de recursos naturais, também fortalecem a resiliência em relação às pressões ambientais.

2 A Measuring Eco-Innovation (MEI) define ecoinovação como produção, assimilação ou exploração de um produto, processo, serviço ou gestão ou método de negócios que é novo para a organização (desenvolvimento ou adoção) e que resulta, ao longo de seu ciclo de vida, na redução de risco ambiental, poluição e outros impactos negativos do uso de recursos (incluindo o uso de energia) em comparação com alternativas relevantes (Kemp; Pearson, 2007). A definição do The Eco-Innovation Observatory consegue ser ainda mais simples, sem retirar toda a complexidade do conceito. Segundo o observatório, ecoinovação é qualquer inovação que reduza o uso de recursos naturais e diminua a liberação de substâncias nocivas ao longo de todo o seu ciclo de vida (Eio, 2010).

Tanto Hroncová Vicianová *et al.* (2017) como Bitat (2018) complementam a conceituação e incorporam um elemento de casualidade não intencional ou falta de compromisso ambiental na abordagem sobre o desenvolvimento das ecoinovações. Por exemplo, existem ecoinovações que foram desenvolvidas especificamente para propósitos ambientais, e outras cujo benefício para o meio ambiente ocorre, mas como um efeito colateral, que não foi planejado (Hroncová Vicianová *et al.*, 2017). Mesmo não sendo pensadas para minimizar o impacto ambiental, essas inovações também podem ser consideradas ecoinovações (Horbach, 2016). Em muitos casos, a decisão de ecoinnovar é econômica, e não um compromisso ambiental (Bitat, 2018).

Alguns autores ainda propõem classificações do termo. Por exemplo, Chen *et al.* (2017) apresentam o conceito de ecoinovação regional como uma rede de sistemas e organizações que visa a gerar uma coordenação significativa entre ecologia, benefícios econômicos, sociais e tecnológicos que satisfazem as necessidades ambientais e de recursos para um modelo de desenvolvimento. Essa rede trabalha por meio da criação, transferência, atualização, transformação do mercado, conhecimento, tecnologias e processos em sistemas de produção. A ecoinovação regional desempenha um papel importante na redução do uso e velocidade de consumo de recursos, controlando a escala e a intensidade de emissões de poluentes e melhorando a qualidade e eficiência do desenvolvimento econômico regional (Chen *et al.*, 2017).

Já Dewick *et al.* (2019) trazem para a discussão as chamadas ecoinovações regenerativas.³³ Essas ecoinovações são importantes ferramentas para enfrentar os desafios impostos pelo desenvolvimento sustentável, já que vão além daquelas tecnologias que simplesmente atendem aos requisitos mínimos em relação aos impactos ambientais ou maximizam a ecoeficiência. Elas restauram, renovam e revitalizam os sistemas naturais (Dewick *et al.*, 2019).

12.3.1.1 Em busca de uma taxonomia

Diferentes taxonomias são apresentadas nos artigos selecionados na revisão sistemática. As mais comuns, que estão presentes em um número maior de trabalhos, dividem as tecnologias ambientais em duas categorias. Geralmente, essa taxonomia está relacionada com o uso ou a aplicação da tecnologia.

3 Outras tipologias possíveis separam as ecoinovações em exploradoras ou degenerativas, restaurativas, cíclicas e regenerativas. As exploradoras e degenerativas são projetadas para atender aos requisitos mínimos. As restaurativas maximizam a ecoeficiência. As cíclicas consideram a conexão entre os humanos e suas estruturas sociais e culturais como parte do ecossistema. As regenerativas criam valor para os seres humanos e a natureza (Dewick *et al.*, 2019).

O tipo de tecnologia mais presente nos estudos relacionados à inovação e ao meio ambiente é a chamada *end-of-pipe*⁴ (de “fim de tubo” ou “fim de chaminé”) ou de controle da poluição ou despoluidoras. Essas soluções tecnológicas tratam geralmente da questão do resíduo e da poluição, são incorporadas em processos de manufatura já existentes no final do estágio e não são parte essencial do processo de produção (Demirel; Kesidou, 2011). Elas tendem a não alterar o processo de produção e a ser mais incrementais,⁵ melhorando marginalmente o desempenho ambiental a partir da introdução de componentes (Dewick *et al.* 2019).

O segundo tipo⁶ mais presente nos artigos são as tecnologias de produção mais limpa, que incluem a proteção ao meio ambiente como parte integrante dos processos de fabricação. Trata-se de aparatos de produção novos ou modificados, mais eficientes do que as tecnologias previamente desenvolvidas. Contribuem para a redução da poluição, reduzindo a matéria-prima (e insumos utilizados) e recursos naturais ou substituindo-os por alternativas mais amigáveis ao meio ambiente. A proposta é que sejam desenvolvidas como uma parte integral do processo de produção, com foco na prevenção da poluição e antecipando possíveis impactos (Demirel; Kesidou, 2011; Hojnik; Ruzzier, 2016). As tecnologias de produção mais limpas exigem mudanças na arquitetura da produção e, portanto, são mais radicais (Dewick *et al.*, 2019).

Alguns trabalhos adotam o termo *ecoinovações* para essas tecnologias, dividindo-as de acordo com seu objetivo: as destinadas à redução da poluição, à reciclagem, à economia de energia e, finalmente, à redução do uso de materiais (Caravella; Crespi,

4 As tecnologias *end-of-pipe*, também conhecidas como *cleansing technologies*, são desenvolvidas para atenuar danos já causados por outras tecnologias ou outros padrões, neutralizando o efeito nocivo do uso de determinado produto, mas sem mudar o padrão causador da poluição. Um exemplo desse tipo de tecnologia são os conversores catalíticos para redução de gases nocivos dos escapamentos dos motores de combustão (Kuehr, 2007; Lustosa, 2010).

5 Segundo o Manual de Oslo (OECD, 2018) a inovação incremental, a mais comum, dá continuidade ao processo de mudança, ou seja, trata-se de uma melhoria em um produto ou processo já existente no mercado. A inovação radical ou disruptiva, por outro lado, gera rupturas mais intensas, podendo inserir no mercado produtos totalmente novos e que podem estar dentro de um paradigma tecnológico ainda não apresentado para a sociedade. Nas palavras de Freeman e Soete (2008), (...) “enquanto as inovações incrementais não suscitam grandes problemas de ajustamento estrutural, a introdução de um sistema tecnológico radicalmente novo dá origem a muitos desses problemas” (p. 566).

6 Kuehr (2007) apresenta uma outra tipologia para as tecnologias ambientais: as *measuring technologies*, ou tecnologias de controle ou de mensuração ambiental. Elas visam a compreender, analisar e conter os impactos causados pelo homem na natureza, como a degradação de recursos, desmatamento, queimadas e emissões de gases nocivos. São basicamente instrumentos e ferramentas usadas para a medição e o monitoramento do meio ambiente. A proposta para o seu uso é fornecer dados e informações para possíveis tomadas de decisões.

2020). Ou, então, incorporando os tipos de tecnologia citados com enfoque na redução de dióxido de carbono (Castellacci; Lie, 2017).

As definições deecoinovação disponíveis na literatura são, no entanto, simplistas e não cumprem o papel de descrever os diferentes tipos existentes (Kiefer *et al.* 2019). Mais do que isso, não são descritas para dar embasamento aos formadores de políticas públicas sobre como estimular seu desenvolvimento de acordo com o tipo/tamanho e setor da empresa. Kiefer *et al.* propõem uma taxonomia para a classificação da ecoinovação em cinco diferentes tipos. O foco dessa taxonomia repousa sobre os impulsionadores (*drives*) ou tipos de instrumentos mais bem empregados para o desenvolvimento da ecoinovação (Quadro 12.2).

Quadro 12.2 Classificação de ecoinovações a partir dos instrumentos para o seu desenvolvimento

Tipo de tecnologia	Definição	Impulsionadores
<i>Systemic eco-innovations</i> (ecoinovações sistêmicas)	Representam uma ruptura em relação a processos e negócios de padrões anteriores, buscando a melhoria ambiental.	Geralmente, surgem pela indução pelo mercado (<i>demand-pull</i>), embora os instrumentos de impulso pela tecnologia (<i>technology-push</i>) também sejam utilizados. Envolem interações intensivas com clientes e intermediários durante o seu desenvolvimento ou adoção, além de cooperação científica e relação com os concorrentes.
<i>Externally driven eco-innovations</i> (com acionadores/impulsionadores externos)	Produzidas no contexto da interação com os instrumentos de regulação e as organizações não governamentais (ONG) de proteção ao meio ambiente.	São desenvolvidas a partir da reação de pressões externas e demandas ambientais da sociedade.
<i>Continuous improvement</i> (melhoria contínua)	Surgem como inovações convencionais, não são particularmente novas e não levam a reduções substanciais nos impactos ambientais.	Geralmente, são produzidas em empresas em que não há compromisso explícito com questões ambientais.
<i>Radical and technology-push initiated eco-innovations</i> (ecoinovações radicais e impulsionadas pela tecnologia).	Caracterizadas pela redução substancial dos níveis de impacto ambiental, geram inovações tecnológicas disruptivas e mudanças radicais nas bases do negócio.	São impulsionadas pela oferta (<i>supply-push</i>). A cooperação externa nesse caso é restrita às universidades e aos institutos de pesquisa e o conhecimento científico é de suma importância para o seu desenvolvimento.
<i>Eco-efficient eco-innovations</i> (ecoinovações ecoeficientes)	Têm foco na economia de insumos e na eficiência interna da empresa. Na literatura, geralmente a ecoeficiência trata da economia de recursos naturais (energia, água e matéria-prima) por unidade de produção.	Essas inovações não são motivadas por preocupações com a sustentabilidade, e, sim, pela competitividade. Elas se beneficiam da cooperação entre os competidores pelo mercado.

Fonte: adaptado de Kiefer, Carrillo-Hermosilla e Del Río (2019).

Outras taxonomias são elaboradas levando-se em consideração fatores como o grau de maturidade ou o estado da arte científico e da técnica atuais para o desenvolvimento de determinada solução tecnológica. Esse é caso do trabalho de Del Río *et al.* (2010). Segundo esses autores, as tecnologias podem ser classificadas em imaturas quando estão em estágio pré-comercial e requerem melhorias tecnológicas, redução de custos e investimentos em P&D. Por outro lado, as tecnologias podem ser consi-

deradas maduras quando têm um escopo menor para melhorias técnicas adicionais. Os mesmos pesquisadores apresentam uma nova taxonomia para as ecoinovações, desta vez, olhando para o papel e impacto ao sistema que essas inovações vão gerar. Com esse enfoque, sugerem: (i) as ecoinovações de adição de componentes, quando são desenvolvidos componentes adicionais para minimizar e reparar impactos negativos sem a necessidade de mudar o padrão, sistema ou o processo que gerou aquele impacto. Esse é o caso das tecnologias de fim de tubo; e (ii) as de mudança do subsistema, que se referem a soluções ecoeficientes (*de eco-efficient*) e à otimização dos subsistemas, conduzindo-os a reduzir os impactos negativos ao meio ambiente.⁷

12.3.1.2 Aplicações

Entidades como a OCDE (no documento *Thematic areas of the environmental technologies*) e a World Intellectual Property Organization (Wipo), por meio do IPC Green Inventory (código específicos para patentes verdes), propuseram-se a criar classificações para essas tecnologias ambientais de acordo com sua aplicação (Durán-Romero *et al.*, 2020). É possível destacar aqui cinco grandes áreas temáticas: geração e conservação de energias alternativas, transporte sustentável, gestão de resíduos, tratamento de água e florestamento e agricultura.

A categoria de geração e conservação de energias alternativas está relacionada com tecnologias de produção de energia de fontes renováveis e de combustíveis de origem não fóssil, soluções que visam a mitigar as mudanças climáticas. Entre essas tecnologias, é possível destacar as hidrelétricas, energias geotérmicas, solar, eólica e os biocombustíveis, como bioetanol, biodiesel e biogás (Durán-Romero *et al.*, 2020). Embora várias tecnologias tenham sido desenvolvidas para a produção de energia renovável, incluindo solar, eólica, hídrica e biomassa, essas soluções permanecem instáveis e não são perfeitas. Isso significa que muitas oportunidades ainda podem ser exploradas pelas empresas (Costa-Campi; García-Quevedo; Martínez-Ros, 2017).

A energia eólica é, normalmente, considerada como a de maior potencial futuro entre as tecnologias de energia renovável (Schleich; Walz; Ragwitz, 2017). Apesar de

7 “O conceito de ecoeficiência permite associar o fator progresso tecnológico ao grau de utilização de recursos naturais (produzir mais, com menos recursos) e está também relacionado à redução das emissões de resíduos por unidade de produção (produzir mais, com menos poluição)” (Bursztyn; Bursztyn, 2012, p. 285). “O conceito de ecoeficácia oferece uma alternativa positiva às abordagens tradicionais de ecoeficiência para o desenvolvimento de produtos e sistemas ambientalmente saudáveis. As estratégias de ecoeficiência se concentram em manter ou aumentar o valor da produção econômica enquanto, simultaneamente, diminuem o impacto da atividade econômica sobre os sistemas ecológicos. A emissão zero, como a extensão final da ecoeficiência, visa a fornecer o máximo valor econômico com zero impacto ecológico adverso – uma verdadeira dissociação da relação entre economia e ecologia” (Braun-gart; McDonough; Bollinger, 2007, p. 1337, tradução nossa).

já existir uma série de patentes relacionadas a esse tipo de tecnologia, esse é um setor que ainda carece de investimentos em P&D e do desenvolvimento científico para avançar no seu estado da arte. A necessidade de uma infraestrutura específica e de inovações na conexão entre as redes de distribuição também trazem mais desafios para alavancar o potencial desse tipo de tecnologia (Wang; Zou, 2018).

As tecnologias de energia solar utilizam o efeito fotoelétrico, como no caso das células fotovoltaicas, ou convertem a radiação solar em calor, como no uso doméstico para o aquecimento de água. Em muitas regiões, a energia solar fotovoltaica atende apenas a pequenos nichos de consumo, como aplicações residenciais e rurais (fora da rede de distribuição de energia elétrica). Essas tecnologias requerem uma cadeia mais ampla de fontes de inovação para serem desenvolvidas, sendo necessário estimular a interface entre os seus produtores e usuários (Taylor, 2008)

O desenvolvimento de biocombustíveis também é tema recorrente nos artigos selecionados na revisão sistemática. Os biocombustíveis provaram ser uma das formas mais bem-sucedidas de descarbonização do setor de transporte (Ebadian *et al.*, 2020). A principal vantagem de sua utilização é não requerer mudança tecnológica muito significativa nos veículos, pois podem ser misturados aos combustíveis fósseis e usados em motores de combustão interna. No entanto, apresentam controvérsias, havendo debates sobre a necessidade de redução de carbono durante seu ciclo de vida. Nesse sentido, uma segunda geração de biocombustíveis será necessária para satisfazer tanto o desempenho ambiental como o econômico, envolvendo uma série de desafios tecnológicos (Köhler; Walz; Marscheider-Weidemann, 2014).

Em relação ao desenvolvimento de um sistema de transporte mais sustentável, muito se fala na eletrificação da frota de veículos sem que se excluam os avanços tecnológicos e as novas soluções para o próprio sistema público de transporte coletivo. Os *plug-in electric vehicles* (PEV, ou veículos elétricos) incluem veículos movidos a bateria ou veículos híbridos. Exigem mudanças tecnológicas e de sistemas significativas em relação a um veículo com motor de combustão interna. Os PEV também são um importante meio de redução da poluição atmosférica local e, dependendo da forma como a eletricidade é gerada, constituem uma solução importante para reduzir a emissão de gases de efeito estufa. Os PEV podem tanto substituir parte da demanda por carros convencionais como podem estimular o desenvolvimento de toda uma nova indústria de componentes (Wesseling, 2016).⁸

8 É importante destacar a importância de não se ignorar o efeito rebote da tecnologia ou o paradoxo de Jevon sobre os efeitos nocivos de produtos e processo, mesmo classificados como mais sustentáveis, no médio e longo prazo (York *et al.*, 2022.).

O tratamento de água representa um importante desafio tecnológico para o desenvolvimento de futuras inovações, como soluções de gestão do nitrogênio e do fósforo, e para a redução da eutrofização (Häggmark; Elofsson, 2021). Como a água é um recurso essencial e escasso em muitas regiões, tecnologias para o tratamento de efluentes e de separação de substâncias biodegradáveis serão fundamentais para a melhoria da eficiência hídrica. Essa categoria deecoinovação, no entanto, não deve ser desassociada das tecnologias para gestão de resíduos, seja para a sua recuperação e reciclagem, seja para o seu uso como recursos para o processo de produção ou geração de energia (Durán-Romero *et al.*, 2020).

12.3.2 Estratégias regionais

Os países podem definir prioridades diferentes, de acordo com suas estruturas e dificuldades, o que pode levar algumas regiões a se manterem aprisionadas (*lock-in*) no uso de tecnologias poluidoras. Assim, diferenças de trajetória tornam ainda mais difícil mudar o sistema de inovação de um país na direção de tecnologias amigáveis ao meio ambiente. Os principais fatores para esse aprisionamento (*lock-in*) são relacionados ao custo, à capacidade tecnológica para o desenvolvimento dessas tecnologias e aos *stakeholders* envolvidos no processo. Devido a esses altos custos de transição, mudar o paradigma⁹ atual pode ser mais fácil para os países ricos, que também já contam com uma infraestrutura consolidada para a produção de novos conhecimentos e que promovem a conscientização ambiental há muito mais tempo que países em desenvolvimento (Horbach, 2016). A maior capacidade de romper paradigmas contribui, assim, para que tecnologias ambientais sejam desenvolvidas nos países industrializados e, depois, transferidas para os países em desenvolvimento, que, por sua vez, fazem a adaptação necessária para adequar o produto de acordo com seu mercado local (Hamhami; Amrani; Smahi, 2020).

⁹ O paradigma tecnológico é um conceito derivado do paradigma científico de Thomas Kuhn. Segundo Dosi (1988), o paradigma tecnológico é um padrão que orienta as oportunidades tecnológicas para as novas inovações, canalizando os esforços tecnológicos em certas direções e, de certa forma, negligenciando a difusão tecnológica de inovações que estão fora do paradigma vigente ou em um modelo alternativo. O *lock-in* representa o aprisionamento desse padrão, tornando muito custosa a troca do paradigma tecnológico, à medida que se investe cada vez mais no paradigma vigente (Freeman; Soete, 2008). Alguns autores vão explicar esse fenômeno a partir da abordagem do *path dependence* (ou dependência da trajetória), que entende a posição atual do desenvolvimento tecnológico como algo herdado da sua trajetória e que leva em consideração uma perspectiva histórica e a reprodução, ao longo do tempo, de escolhas, ações e características (Ruttan, 1997). Foray e Grübler (1996) indicam que o meio ambiente pode ser um fator de indução da mudança tecnológica, acelerando essa transição em direção a novas tecnologias, apesar da inércia institucional causada pelo *path dependence* e pelo efeito *lock-in*.

A abordagem evolucionária entende a mudança tecnológica como dependente da trajetória (*path dependence*) e resultado da interação entre fatores da oferta, da demanda e da interação dos grupos sociais. Uma visão mais sistêmica da inovação dá atenção à conexão entre diferentes instituições e a transferência de conhecimento. A abordagem dos Sistemas Nacionais de Inovação, por exemplo, reconhece a influência das políticas para as atividades de inovação (Del; Carrillo-Hermosilla; Könnölä, 2010). O efeito da *path dependence* torna as empresas – especialmente as empresas poluidoras – dependentes e aprisionadas a um padrão tecnológico mais nocivo ao meio ambiente, pouco dispostas a adotar ou inovar seguindo um padrão alternativo (Ai; Peng Río; Xiong, 2021). Dessa forma, a intervenção do governo é necessária para os países abandonarem a dependência da trajetória vigente e se direcionarem para o desenvolvimento de um novo padrão tecnológico (Veugelers, 2012).

Por exemplo, Cooke (2011) investigou como regiões que estão em transição de energias baseadas em combustíveis fósseis para um regime de zero emissões têm se comportado ao adotarem políticas públicas e realizarem a gestão ambiental. O estudo que envolveu o estado da Califórnia (Estados Unidos), o Reino Unido, a Dinamarca, a China, a Suécia e a Coreia do Sul chegou à conclusão de que há grandes variações de como os governos enfrentam o desafio das mudanças climáticas em relação ao estímulo para a produção de tecnologias em energias renováveis. Isso porque cada região possui características e dinâmicas de mercado diferentes. Algumas dessas características estão detalhadas nas próximas seções.

12.3.2.1 Europa

Na Europa, diversas iniciativas buscam promover o desenvolvimento de tecnologias mais limpas na região, como a Environmental Technology Action Plan (Etap) e a Accelerating Eco-Innovation Policies (Ecopol), que revelam atuação estruturada dos governos, tanto para promover e disseminar essas inovações em nível nacional como para criar políticas e instrumentos para estimular a sua produção (Jang *et al.*, 2015).

A atuação de cada país do bloco, em relação às ecoinovações, é medida pelo Eco-Innovation Index, que mostra o desempenho dos diferentes Estados europeus e apresenta seus pontos fracos e fortes, e as oportunidades. Ao todo, são dezesseis indicadores analisados e agrupados em cinco áreas temáticas: capacidade ecoinovativa (*input*), atividades ecoinovativas, produção (*output*), eficiência de recursos e resultados socioeconômicos. Por exemplo, para a capacidade inovativa, um dos indicadores é o investimento governamental em P&D sobre meio ambiente e energia (Loučanová; Nosálová, 2020).

As políticas energéticas na Europa estão sendo discutidas como questão de segurança nacional. Surge, nesse âmbito, motivação relevante para considerar a política de

energia como uma necessária política pública de inovação. Uma característica importante das políticas deecoinovação europeias é que elas, muitas vezes, nascem como políticas de nível regional, inclusive com experimentações próprias de instrumentos específicos. Quando essa política é realmente experimentada, com aprendizados e bons resultados, ela pode ganhar relevância nacional e até continental (Graf, 2015).

Muitos artigos selecionados no processo de revisão sistemática apresentam estudos de caso em relação a um país ou região específica e sua interação com a ecoinovação. No caso da Europa, além da análise de todo o bloco, países como Alemanha, Croácia, Eslováquia, Eslovênia e Espanha, e regiões como a do Reino Unido, Países Bálticos e Leste Europeu são minuciosamente analisados.

No continente europeu, estudos sobre os determinantes da ecoinovação nos países em transição econômica, como Croácia, Eslováquia, Eslovênia, Estônia, Hungria, Letônia, Lituânia e Romênia, já apontaram que esses países possuem alguns obstáculos para implementarem uma agenda ambiental nas inovações. Apesar de apresentarem vantagens competitivas como o baixo custo da mão de obra, os obstáculos se revelam nas políticas ambientais e/ou industriais deficientes e na falta de conscientização sobre as ecoinovações (Božić; Botrić, 2017).

Na Eslováquia, por exemplo, a ecoinovação é fomentada pela Estratégia Nacional para o Desenvolvimento Sustentável, que, por sua vez, está diretamente relacionada com as prioridades da União Europeia, ONU e OCDE. A estratégia trata do crescimento econômico do País, mas enfocando o longo prazo, ao considerar as necessidades sociais e a conservação ambiental (preservação da biodiversidade, a resiliência dos ecossistemas, redução do uso de recursos naturais etc.). A Eslováquia aparece abaixo da média no Eco-Innovation Index, comparada a outros países europeus. Para melhorar esse índice, o país precisaria investir, no curto prazo, nas exportações de produtos de ecoindústrias, em P&D ambiental e na pesquisa energética (Loučanová; Nosálová, 2020).

12.3.2.2 Ásia

Após a Rio-92, muitos países asiáticos buscaram promover agendas sustentáveis em seus territórios. Os planos nacionais contam com estratégias para promover o desenvolvimento deecoinovações, principalmente por meio de compras públicas, leis e financiamento, investimentos em P&D, incentivo fiscal e subsídios, mas também se preocupam com ações para o descarte e reuso de resíduos, o controle de poluições, a produção de energias mais limpas e renováveis e a mitigação e adaptação às mudanças climáticas (Jang *et al.*, 2015).

A China iniciou o investimento público em P&D para ecoinovação ainda na década de 1980 (Lee; Shin; Lee, 2020). Atualmente, o governo atribui cada vez mais

importância na adoção de uma política ambiental flexível para alcançar equilíbrio entre o desenvolvimento econômico e a proteção ambiental (Yuan; Zhang, 2020). Assim como na Europa, o país também vem adotando estratégias deecoinovação mais regionais, devido às suas proporções territoriais e características de cada localidade (Chen; Cheng; Dai, 2017).

A Indonésia, a Tailândia e a Índia têm uma combinação favorável e alto potencial tecnológico para a produção de biocombustíveis que sejam internacionalmente competitivos. A Indonésia é um dos grandes produtores de biodiesel, com forte incentivo do governo. A Tailândia tem explorado uma série de subsídios para o desenvolvimento de bioetanol (Köhler; Walz; Marscheider-Weidemann, 2014). A Índia também vem desenvolvendo inovações nas tecnologias solares mais maduras (já presentes em outros mercados), com apoio significativo do governo (Samant; Thakur-Wernz; Hatfield, 2020).

12.3.2.3 Estados Unidos

Os Estados Unidos são líderes na produção de biocombustíveis e no desenvolvimento tecnológico desse tipo de produto (Köhler; Walz; Marscheider-Weidemann, 2014). Além disso, investem ativamente dinheiro público para promover P&D no setor de energia renovável (Lee; Shin; Lee, 2020). O Estado da Califórnia é comprovadamente um dos pioneiros em promoverem a sustentabilidade por meio do avanço tecnológico. Ainda na década de 1990, implementou o programa California's Zero-Emission Vehicle, que obrigava os fabricantes de carros a incluírem uma porcentagem de veículos de emissão zero em seu portfólio (Sierzchula; Nemet, 2015). O Estado também tem apostado e investido em tecnologias para a energia solar. Desde 1974, instituiu uma série de políticas para dar apoio ao setor (Taylor, 2008).

Os Estados Unidos também têm um histórico relevante quanto ao estímulo do desenvolvimento e aplicação deecoinovações a partir da contratação pública. Nesse tipo de instrumento, o governo utiliza seu poder de compra para fornecer à sociedade produtos e serviços que estejam em uma agenda verde. Para isso, exige que seus fornecedores adequem os projetos para suprir essa demanda (Ghissetti, 2017).

12.3.2.4 América Latina

A América Latina vem encontrando soluções para alinhar o desenvolvimento econômico com a sustentabilidade. Segundo Graf (2015), nos países latino-americanos e naqueles em processo de desenvolvimento, as políticas que incentivam a inovação em relação às energias renováveis devem considerar o desafio tecnológico e socioeconômico dessas regiões. A inovação para esses países tende a ser mais incremental que radical, ou muitas vezes são tecnologias oriundas de fora do país (Graf, 2015).

Na América Latina, as hidrelétricas são as maiores fontes de energia. O petróleo está em declínio, e o gás natural, em crescimento. Apesar de a região apresentar a menor pegada de carbono entre todas, nem todos os países fazem o mesmo esforço em relação à mitigação das mudanças climáticas. O México, por exemplo, tem mostrado interesse em relação às energias renováveis, inclusive com uma lei específica assinada em 2008. O país é o maior fornecedor de módulos solares fotovoltaicos, com uma produção anual acima de 276 MW. O plano de inovação da Argentina em relação àecoinovação tem foco na competitividade e na criação de empregos. Sobre as energias renováveis, o plano cita a necessidade do desenvolvimento de infraestrutura (Graf, 2015).

O Brasil é líder em energia renovável na América Latina. Em 1970, a demanda era suprida principalmente por petróleo e carvão. Desde então, a energia hidrelétrica ganhou força e, hoje, divide o espaço com a biomassa (etanol). O plano de inovação brasileiro tem feito uma clara relação entre economia verde e mudanças climáticas, com atenção às energias renováveis (Graf, 2015).

O Brasil é também um grande exemplo no uso de biocombustíveis, com larga adoção em carros, e na ecoinovação de biocombustíveis de segunda geração. O uso do etanol para transporte é aplicado desde 1925, intensificando-se como resposta à Organização dos Países Exportadores de Petróleo (Opec), em 1973, com o aumento do preço do petróleo. O governo subsidiou o etanol e deu incentivos para o desenvolvimento do biodiesel (Köhler; Walz; Marscheider-Weidemann, 2014). Esse processo levou o Brasil a explorar outras fontes de energia renovável, como a geração de energia hidrelétrica; e períodos de seca mais recentes contribuíram para a exploração de recursos existentes, na ampliação da energia eólica e na segunda geração de biocombustíveis (Samant; Thakur-Wernz; Hatfield, 2020). Apesar de os países recém-industrializados não serem líderes em ecoinovação, o Brasil pode ser avaliado como relativamente forte no desenvolvimento de tecnologias ambientais (Köhler; Walz; Marscheider-Weidemann, 2014).

12.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da revisão sistemática, foi possível destacar que as pesquisas científicas têm explorado o conceito de ecoinovação e suas variações como um tópico em fase de construção. Essa afirmação se justifica porque, apesar da grande maioria dos pesquisadores utilizar definições já certificadas ou apoiadas por organismos internacionais, alguns ainda propõem criticamente suas próprias definições, mesmo que baseadas em outros conceitos.

A urgência das nações em investirem no desenvolvimento de tecnologias ambientais tem motivado organizações mundiais, como a OCDE e a Wipo, a dedicarem

esforços na proposição de classificações e geração de dados sobreecoinovações. Esse esforço é visível nas pesquisas científicas da área, que, muitas vezes, recorrem às informações difundidas por esses órgãos.

Sobre as estratégias traçadas pelos governos das diversas regiões, a Europa se destaca pela criação de uma série de programas dedicados ao desenvolvimento e à análise deecoinovações. O modelo do Eco-Innovation Index avalia o desempenho de cada país do bloco, utilizando indicadores desenhados especificamente para a proposta de um novo paradigma e pensando em minimizar os efeitos das mudanças climáticas. Esse esforço de geração e compilação de dados sistematizados também é explorado pela literatura científica dos pesquisadores que estudam a região.

Apesar de ser um bloco consolidado, é possível enxergar diferentes atuações em relação àecoinovação na Europa. Fica nítido que os países mais ricos do bloco têm uma visão mais determinada e ativa sobre a necessidade de desenvolver tecnologias que consideram benéficas ao meio ambiente. Por outro lado, os países emergentes dessa região têm recebido destaque da pesquisa científica justamente para que seja elaborada uma melhor compreensão sobre como os países com menos recursos traçam seus objetivos em relação à mudança tecnológica.

Tanto a Ásia como o continente americano concentram seus esforços na produção de biocombustíveis e na geração de energias renováveis, com cada país trabalhando isoladamente e estrategicamente em seu território. É preciso destacar a escassez de trabalhos que analisem o caso brasileiro em relação a diversos tipos de energia de forma ampla e integrada, já que os artigos acabam dando ênfase ao *case* do Brasil a respeito do etanol. Na extremidade oposta em relação ao número de trabalhos publicados, a China é a que mais tem produzido pesquisas relacionando políticas públicas e o desenvolvimento deecoinovações.

Este capítulo trouxe uma revisão sistemática da literatura, com foco naecoinovação, termos relacionados e políticas de inovação. Nesse sentido, outra sugestão para estudos futuros é que elaborem a revisão sistemática da literatura, explorando outros termos que se relacionem a tecnologias que sustentam e caracterizam as tecnologias ambientais, como *design of environment*, *design for recycling*, *design for remanufacturing*, *biomimicry* e conceitos e abordagens mais gerais que também permitam desenvolverecoinovação: *cradle to cradle*, *industrial symbiosis*, *green chemistry*, *cleaner production*, *pollution prevention* etc.

Estudos futuros poderão, ainda, abordar de forma crítica como as pesquisas sobre políticas de inovação e de tecnologias verdes tratam essas tecnologias que sustentam a própriaecoinovação. O enfoque de cada país no desenvolvimento de tecnologias apropriadas ao contexto local parece denotar o quanto a incipiência à edificação do conceito deecoinovação permite incluir diferentes tipos de tecnologias nas políticas

definidas pelos governos, de forma semelhante. Uma das implicações a serem analisadas em estudos futuros é o quanto tecnologias, tratadas com o mesmo termo, mas com propósitos diferentes (por exemplo, tecnologias visando à eficiência energética e tecnologias visando a substituição de insumos poluentes) devem requerer políticas públicas distintas (como políticas de desenvolvimento industrial, de rotulagem, de consciência do consumidor etc.).

REFERÊNCIAS

- AI, Y. H.; PENG, D. Y.; XIONG, H. H. Impact of environmental regulation intensity on green technology innovation: from the perspective of political and business connections. *Sustainability*, v. 13, n. 9, 2021.
- BIOLCHINI, J. *et al.* Systematic review in software engineering. *Technical Report ES*, v. 679, 2005.
- BITAT, A. Environmental regulation and eco-innovation: the Porter hypothesis refined. *Eurasian Business Review*, v. 8, n. 3, p. 299-321, 2018.
- BOŽIĆ, L.; BOTRIĆ, V. Eco-innovations in Croatia: exploring entrepreneurs' motivation. *Journal of East European Management Studies*, v. 22, n. 4, p. 484-510, 2017.
- BRAUNGART, M.; MCDONOUGH, W.; BOLLINGER, A. Cradle-to-cradle design: creating healthy emissions – a strategy for eco-effective product and system design. *Journal of Cleaner Production*, v. 15, n. 13-14, p. 1337-48, 2007.
- BURSZTYN, M.; BURSZTYN, M. A. *Fundamentos de política e gestão ambiental: os caminhos do desenvolvimento sustentável*. Rio de Janeiro: Garamond, 2012.
- CARAVELLA, S.; CRESPI, F. Unfolding heterogeneity: the different policy drivers of different eco-innovation modes. *Environmental Science and Policy*, v. 114, n. March, p. 182-193, 2020.
- CASTELLACCI, F.; LIE, C. M. A taxonomy of green innovators: empirical evidence from South Korea. *Journal of Cleaner Production*, v. 143, p. 1036-47, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.016>. Acesso em: 23 mar. 2024.
- CHEN, J.; CHENG, J.; DAI, S. Regional eco-innovation in China: an analysis of eco-innovation levels and influencing factors. *Journal of Cleaner Production*, v. 153, n. March 2016, p. 1-14, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.141>. Acesso em: 23 mar. 2024.
- COOKE, P. Transition regions: regional-national eco-innovation systems and strategies. *Progress in Planning*, v. 76, n. 3, p. 105-146, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.progress.2011.08.002>. Acesso em: 23 mar. 2024.
- CORDER, Solange. A política de financiamento à inovação no Brasil. *Revista Economia & Tecnologia*, v. 4, n. 3, p. 87-100, 2008.

- COSTA-CAMPI, M. T.; GARCÍA-QUEVEDO, J.; MARTÍNEZ-ROS, E. What are the determinants of investment in environmental R&D? *Energy Policy*, v. 104, n. July 2016, p. 455-65, 2017.
- DEL RÍO, P.; CARRILLO-HERMOSILLA, J.; KÖNNÖLÄ, T. Policy strategies to promote eco-innovation: an integrated framework. *Journal of Industrial Ecology*, v. 14, n. 4, p. 541-57, 2010.
- DEMIREL, P.; KESIDOU, E. Stimulating different types of eco-innovation in the UK: government policies and firm motivations. *Ecological Economics*, v. 70, n. 8, p. 1546-57, 2011.
- DEWICK, P.; MAYTORENA-SANCHEZ, E.; WINCH, G. Regulation and regenerative eco-innovation: the case of extracted materials in the UK. *Ecological Economics*, v. 160, p. 38-51, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.01.034>. Acesso em: 23 mar. 2024.
- DIAS, R. *Eco-inovação: caminho para o crescimento sustentável*. São Paulo: Atlas, 2014.
- DURÁN-ROMERO, G. *et al.* Bridging the gap between circular economy and climate change mitigation policies through eco-innovations and Quintuple Helix Model. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 160, n. March, p. 120246, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120246>. Acesso em: 23 mar. 2024.
- EBADIAN, M.d; VAN DYK, S.; MCMILLAN, J.; SADDLER, J. Biofuels policies that have encouraged their production and use: an international perspective. *Energy Policy*, v. 147, December, p. 111906, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111906>. Acesso em: 23 mar. 2024.
- FREEMAN, C.; SOETE, L. *A economia da inovação industrial*. Campinas: Editora da Unicamp, 2008.
- GENTE, V.; PATTANARO, G. The place of eco-innovation in the current sustainability debate. *Waste Management*, v. 88, April, p. 96-101, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.03.026>. Acesso em: 23 mar. 2024.
- GHISSETTI, C. Demand-pull and environmental innovations: estimating the effects of innovative public procurement. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 125, n. January, p. 178-187, 2017.
- GRAF, P. Eco-innovation – a new paradigm for Latin America? *Revista Gestão e Desenvolvimento*, v. 1, n. 1, p. 148-59, 2015.
- HÄGGMARK, T.; ELOFSSON, K. The impact of water quality management policies on innovation in nitrogen and phosphorus technology. *Water Economics and Policy*, v. 7, n. 1, p. 1-29, 2021.
- HAMHAMI, A.; AMRANI, A. K.; SMAHI, A. Environmental economics in Algeria: empirical investigation into the relationship between technological policy, regulation inten-

- sity, market forces, and industrial pollution of Algerian firms. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 27, n. 36, p. 45419-34, 2020.
- HOJNIK, J.; RUZZIER, M. The driving forces of process eco-innovation and its impact on performance: insights from Slovenia. *Journal of Cleaner Production*, v. 133, p. 812-25, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.002>. Acesso em: 23 mar. 2024.
- HORBACH, J. Empirical determinants of eco-innovation in European countries using the community innovation survey. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, v. 19, p. 1-14, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eist.2015.09.005>. Acesso em: 23 mar. 2024.
- HRONCOVÁ VICIANOVÁ, J. *et al.* Developing eco-innovation in business practice in Slovakia. *Journal of Business Economics and Management*, v. 18, n. 5, p. 1042-61, 2017.
- JABBOUR, C. J.C. Tecnologias ambientais: em busca de um significado. *Revista de Administração Pública*, v. 44, n. 3, p. 591-611, 2010.
- JANG, E. K.; PARK, M. S.; ROH, T. W.; HAN, K. J. Policy instruments for eco-innovation in Asian countries. *Sustainability*, v. 7, n. 9, p. 12586-614, 2015.
- KEMENADE, T. V.; TEIXEIRA, A. A.C. Policy stringency and (eco)-innovation performance: a cross country analysis. *Journal on Innovation and Sustainability*, v. 8, n. 2, p. 34, 2017.
- KIEFER, C. P.; CARRILLO-HERMOSILLA, J.; DEL RÍO, P. Building a taxonomy of eco-innovation types in firms. A quantitative perspective. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 145, n. June, p. 339-48, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.02.021>. Acesso em: 23 mar. 2024.
- KÖHLER, J.; WALZ, R.; MARSCHEIDER-WEIDEMANN, F. Eco-innovation in NICs: conditions for export success with an application to biofuels in transport. *Journal of Environment and Development*, v. 23, n. 1, p. 133-59, 2014.
- KUEHR, R. Environmental technologies – from misleading interpretations to an operational categorisation & definition. *Journal of Cleaner Production*, v. 15, n. 13-14, p. 1316-20, 2007.
- LEE, H.; SHIN, K.; LEE, J. D. Demand-side policy for emergence and diffusion of eco-innovation: the mediating role of production. *Journal of Cleaner Production*, v. 259, p. 120839, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120839>. Acesso em: 23 mar. 2024.
- LIAO, Z.; XU, C.; CHENG, H.; DONG, J. What drives environmental innovation? A content analysis of listed companies in China. *Journal of Cleaner Production*, v. 198, p. 1567-73, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.156>. Acesso em: 23 mar. 2024.

- LOUČANOVÁ, E.; NOSÁLOVÁ, M. Eco-innovation performance in Slovakia: assessment based on ABC analysis of eco-innovation indicators. *BioResources*, v. 15, n. 3, p. 5355-65, 2020.
- LUSTOSA, M. C. J. Industrialização, meio ambiente, inovação e competitividade. In: MAY, P. H.; LUSTOSA, M. C.; VINHA, V. (Org.). *Economia do meio ambiente*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
- MARIN, G.; MARZUCCHI, A.; ZOBOLI, R. SMEs and barriers to Eco-innovation in the EU: exploring different firm profiles. *Journal of Evolutionary Economics*, v. 25, n. 3, p. 671-705, 2015.
- MAZZANTI, M. Eco-innovation and sustainability: dynamic trends, geography and policies. *Journal of Environmental Planning and Management*, v. 61, n. 11, p. 1851-60, 2018.
- OECD. *Oslo manual 2018: guidelines for collecting, reporting and using data on innovation*. [S. l.: s. n.], 2018.
- OKOLI, C. Guia para realizar uma revisão sistemática de literatura. *Revista Científica em Educação a Distância*, v. 9, n. 1, p. 1-40, 2019.
- PINSKY, V.; KRUGLIANSKAS, I. Sustentabilidade: aprendizados de sucessos e fracassos. *Estudos Avançados*, v. 31, n. 90, p. 107-26, 2017.
- PITELIS, A. T. Industrial policy for renewable energy: the innovation impact of European policy instruments and their interactions. *Competition and Change*, v. 22, n. 3, p. 227-54, 2018.
- SAMANT, S.; THAKUR-WERNZ, P.; HATFIELD, D. E. Does the focus of renewable energy policy impact the nature of innovation? Evidence from emerging economies. *Energy Policy*, v. 137, February, p. 111119, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111119>. Acesso em: 23 mar. 2024.
- SCHLEICH, J.; WALZ, R.; RAGWITZ, M. Effects of policies on patenting in wind-power technologies. *Energy Policy*, v. 108, September, p. 684-95, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2017.06.043>. Acesso em: 23 mar. 2024.
- SIERZCHULA, W.; NEMET, G. Using patents and prototypes for preliminary evaluation of technology-forcing policies: lessons from California's Zero Emission Vehicle regulations. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 100, p. 213-24, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2015.07.003>. Acesso em: 23 mar. 2024.
- SINGH, S. et al. Green innovation and environmental performance: the role of green transformational leadership and green human resource management. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 150, January, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.11976>. Acesso em: 23 mar. 2024.
- TAYLOR, M. Beyond technology-push and demand-pull: lessons from California's solar policy. *Energy Economics*, v. 30, n. 6, p. 2829-54, 2008. Acesso em: 23 mar. 2024.

- VEUGELERS, R. Which policy instruments to induce clean innovating?. *Research Policy*, v. 41, n. 10, p. 1770-8, 2012.
- WANG, Y. F.; LEE, S. K.; YE, Q. Opinion leaders in eco-innovation diffusion: analysis of information networks for waste separation in Shanghai. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 174, n. July, p. 105822, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105822>. Acesso em: 23 mar. 2024.
- WANG, X.; ZOU, H. Study on the effect of wind power industry policy types on the innovation performance of different ownership enterprises: evidence from China. *Energy Policy*, v. 122, n. February, p. 241-52, 2018.
- WESSELING, Joeri H. Explaining variance in national electric vehicle policies. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, v. 21, n. 2016, p. 28-38, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eist.2016.03.001>. Acesso em: 23 mar. 2024.
- WU, W. *et al.* A system dynamics model of green innovation and policy simulation with an application in Chinese manufacturing industry. *Sustainable Production and Consumption*, v. 28, p. 987-1005, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.07.007>. Acesso em: 23 mar. 2024.
- YUAN, B. ZHANG, Y. Flexible environmental policy, technological innovation and sustainable development of China's industry: the moderating effect of environment regulatory enforcement. *Journal of Cleaner Production*, v. 243, p. 118543, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118543>. Acesso em: 23 mar. 2024.
- ZHOU, X.; XIA, M.; ZHANG, T.; DU, J. Energy-and environment-biased technological progress induced by different types of environmental regulations in China. *Sustainability*, v. 12, n. 18, 2020.

CAPÍTULO 13

Percepção de risco e adoção de medidas preventivas pela população no contexto de desastres naturais

Beatriz de Deus Rodrigues
Helene Mariko Ueno

RESUMO

É previsto o aumento global da frequência e da intensidade de desastres naturais em decorrência das mudanças climáticas e da ocupação de áreas de risco. Esse cenário inspira ampla gama de estudos, desde modelos matemáticos para prever a probabilidade, magnitude e danos desses eventos até estudos que lidam com dimensões mais subjetivas, como a percepção de riscos sobre esses desastres. Identificar fatores que influenciam a percepção de riscos desses desastres é fundamental para a comunicação efetiva e a tomada de decisão por parte das pessoas sob risco. O objetivo desta pesquisa foi explorar tal dimensão – da percepção de riscos em relação aos desastres naturais e respostas preventivas individuais atribuíveis a essa percepção, visando a identificar cenários e fatores que aumentem a percepção de riscos, de modo a promover a adoção de medidas de proteção e prevenção. A experiência direta, os fatores emocionais e a comunicação se mostraram como fatores que aumentam a percepção de risco e estimulam a busca por medidas preventivas, enquanto a recor-

rência do desastre tende a diminuir essa percepção. Ademais, as vulnerabilidades socioambientais reduzem a capacidade de resposta da população. Dessa forma, para aumentar a resiliência da população que se encontra em tal contexto, é necessário propor políticas que considerem esses diferentes níveis de percepção de risco, além de dar maior atenção a populações vulneráveis.

Palavras-chave: percepção de risco; desastres naturais; medidas preventivas.

RISK PERCEPTION AND ADOPTION OF PREVENTIVE MEASURES BY THE POPULATION IN THE CONTEXT OF NATURAL DISASTERS

ABSTRACT

A global increase in the frequency and intensity of natural disasters is expected as a result of climate change and the occupation of risk areas. This scenario inspires a wide range of studies, from mathematical models to predict the probability, magnitude and damage of these events, to studies that deal with more subjective dimensions, such as the perception of risks regarding these disasters. Identifying factors that influence the risk perception of these disasters is essential for effective communication and decision-making by people at risk. The objective of this research was to explore this dimension – the perception of risks in relation to natural disasters and individual preventive responses attributable to this perception, aiming to identify scenarios and factors that increase the perception of risks, in order to promote the adoption of protection and prevention measures. We found that direct experience, emotional factors and communication increase the risk perception and stimulate the search for preventive measures, while the recurrence of the disaster tends to decrease this perception. Furthermore, socio-environmental vulnerabilities reduce the population's capacity to respond. Thus, to increase the resilience of the population in this context, it is necessary to propose policies considering these different levels of risk perception, in addition to giving more attention to vulnerable populations.

Keywords: risk perception; natural disasters; preventive measures.

13.1 INTRODUÇÃO

Os fenômenos naturais extremos fazem parte do funcionamento do planeta e decorrem de fatores geofísicos, hidrológicos, meteorológicos e climatológicos (Hidalgo; Baez, 2019). Esses fenômenos se configuram como desastres naturais quando trazem impactos à vida humana e também porque são resultados da interação entre população e ambiente, concretizada por meio da ocupação do espaço (Carmo; Valencio, 2014). Apesar de suas principais causas estarem relacionadas a fatores naturais, a ação antrópica (por exemplo, crescimento populacional e a ocupação de áreas vulneráveis) intensifica a sua ocorrência (Dias, 2014; Tominaga; Santoro; Amaral, 2015). Isso se reflete na crescente incidência dos desastres ao longo dos últimos anos (UNDP, 2004; Cemaden, 2016; Cred, 2018).

Portanto, o conceito de desastre natural não é sinônimo de fenômenos naturais, não possui a natureza como agente ativo e não é um evento que ocorre em um momento e tempo específico. A ocorrência de um desastre é influenciada por fatores sociais de ocupação do solo, induzindo alguns riscos e sujeitando determinados grupos sociais a eles (Garcia-Acosta, 2021).

Para Leroy (2022), quatro fatores são essenciais para avaliar o potencial desses desastres: tempo, espaço, população e tipo de perigo. O tempo está relacionado à duração do evento e à possibilidade de preparação da população. Eventos de maior duração e ocorrência repentina trazem maiores consequências. O segundo fator é o tamanho da área afetada. Esse aspecto é importante porque entender a área afetada permite o refúgio da população. Porém, quando a área é muito extensa, não há locais viáveis para os indivíduos se refugiarem, exigindo outros métodos de proteção. Outro fator é considerar a população atingida, capacidade de adaptação, vulnerabilidade, hierarquias e valores culturais que podem influenciar na forma como os indivíduos se protegem desses fenômenos. O último fator seria o tipo de desastre e sua recorrência. Regiões que enfrentam desastres de alta magnitude e o acúmulo de diferentes tipos de fenômenos naturais podem apresentar impactos mais graves e cumulativos.

As consequências dos desastres naturais dependem de sua magnitude e do preparo da população e do local afetados. De maneira geral, resultam na destruição de patrimônios, mortes, perdas financeiras e impactos na biodiversidade. Estima-se que 790 milhões de pessoas estão sob o risco de ocorrência de pelo menos dois tipos de desastres naturais (Dilley *et al.*, 2005), sendo as inundações, as tempestades e as temperaturas extremas os desastres mais frequentes (Cred, 2018). Nos últimos vinte anos, esses fenômenos afetaram globalmente, direta ou indiretamente, a vida de 4 bilhões de pessoas, ocasionando a morte de cerca de 1,23 milhão. Em aspectos econômicos, estima-se uma perda de US\$ 2,97 trilhões (Bodas *et al.*, 2022).

Há fatores que tornam lugares e pessoas mais vulneráveis a essas consequências. A vulnerabilidade pode ser entendida como um conjunto de perigos inseridos em determinado contexto social. Populações com menor capital social possuem dificuldades de acesso à informação e menor infraestrutura, o que afeta diretamente sua capacidade de resposta diante dos riscos, caracterizando maior vulnerabilidade (Hogan; Marandola, 2006). Em países desenvolvidos os desastres naturais provocam menor número de mortes, mesmo quando afetados por fenômenos de grande magnitude; em países em desenvolvimento os impactos são mais severos (Cred; UNISDR, 2016). Dessa forma, analisar fatores socioambientais é fundamental para identificar regiões mais vulneráveis e estabelecer formas de preparo e resposta aos desastres naturais.

Um fator importante que pode influenciar a capacidade de resposta de uma população é o entendimento que ela possui quanto ao risco de vivenciar um desastre natural. A percepção de risco é compreendida como uma construção social que determina o comportamento dos indivíduos diante dos perigos. Essa percepção não resulta da probabilidade real que o grupo tem de presenciar os riscos, mas sim de influências culturais que levam a sociedade a enfatizar alguns riscos e relativizar outros (Douglas; Wildavsky, 1982 *apud* Slovic, 1987).

Diferentes abordagens podem ser utilizadas para a análise da percepção de risco de uma população. Na abordagem psicológica, são levantados fatores subjetivos que influenciam no entendimento do indivíduo acerca do risco, como medo, ansiedade, raiva e expectativas em relação às consequências (Di Giulio *et al.*, 2015). A abordagem sociológica analisa como grupos em diferentes contextos reagem ao risco e como isso influencia a percepção do próprio indivíduo (Hannigan, 2014). Há também a análise da percepção de risco com base na percepção da probabilidade de vivenciá-lo (Slovic, 1987). Iwama *et al.* (2016) e Wilson; Zwickle; Hugh (2019) defendem que o risco seja avaliado por uma abordagem multidisciplinar, refletindo melhor a complexidade dos cenários em relação aos riscos e contribuindo para estabelecer medidas preventivas ou respostas de maior alcance.

Assim, o objetivo desta pesquisa é explorar fatores relacionados à percepção de riscos em relação aos desastres naturais, às respostas preventivas individuais atribuíveis a essa percepção. O estudo também sinaliza como esses fatores podem contribuir para a proposição de políticas públicas nesse contexto.

13.2 METODOLOGIA

Trata-se de estudo descritivo, com base na análise e integração de dados publicados em revistas indexadas nas bases de dados bibliográficos PubMed, Scopus e Web of Science. A busca se baseou nos seguintes termos: “percepção de risco”, “desastres naturais”, “prevenção”, “respostas emergenciais”. Também foram consultados ban-

cos de teses e páginas institucionais pertinentes ao tema. Foram incluídos artigos e documentos publicados em inglês, português e espanhol, sem recorte temporal definido. A revisão e seleção desses artigos se limitou a identificar fatores em contextos variados de desastres naturais, no tempo e espaço que abordassem a percepção de risco. Foram levantados 21 estudos de caso, sendo que 17 abordam os fatores que influenciam a percepção de risco no contexto de desastres naturais e 4 estabelecem relação entre o nível da percepção de risco e a busca por medidas preventivas, sem recorte geográfico específico. Foram excluídas publicações que tratassem de aspectos físicos dos desastres naturais, estimativas quantitativas de risco ou relato de casos que não trouxessem a dimensão da percepção de risco. Buscando o olhar multidisciplinar para a análise da percepção de risco, foram identificados fatores correspondentes às abordagens sociológica, psicológica e probabilística. A classificação dos fatores se baseou na Análise de Conteúdo (Bardin, 1977) por meio da codificação das informações, realizada com base na repetição de termos relacionados a cada abordagem: fatores sociológicos foram identificados pelos termos “família”, “amigos”, “mídia” e “governo”; fatores psicológicos foram identificados por termos que indicassem sentimentos como “medo”, “angústia”, “alívio” e “ansiedade”; fatores probabilísticos foram identificados pelos termos “probabilidade” e “proximidade”.

Em relação às medidas preventivas, utilizou-se a classificação de Morelli *et al.* (2022) na identificação de fatores que possam indicar vulnerabilidade ou influenciar positivamente a busca por medidas preventivas: fatores sociais, que englobam os fatores sociodemográficos, geográficos e de acessibilidade à informação; fatores individuais, que se referem à consciência do risco e experiências anteriores; fluxo de informação e comunicação, que diz respeito à qualidade da informação recebida e confiança nas instituições e capacidade de lidar com o desastre.

Os resultados foram apresentados de forma descritiva, como relato de casos, quadros descritivos de cotejamento de fatores, atores e medidas adotadas nos contextos analisados.

13.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se que a experiência direta, comunicação, cobertura da mídia, aspectos emocionais e proximidade do desastre são fatores importantes na determinação da percepção de risco. Essas informações estão sumarizadas no Quadro 13.1, que associa esses fatores ao tipo de desastre apresentado no estudo, e os termos que indicam a abordagem utilizada na análise da percepção de risco e a influência do fator sobre essa percepção (aumenta, diminui ou influencia pouco).

Fatores essenciais para apresentar uma boa gestão de risco de desastres incluem uma boa governança, desenvolvimento de uma política clara, elaboração de planos

de curto e longo prazo, alocação de recursos humanos e financeiros e envolvimento de profissionais treinados para solução dos problemas; à medida que alguns desses fatores não são atendidos pelas autoridades, a resiliência daquela população para enfrentar os desastres diminui (Diaz, 2006).

Quadro 13.1 Fatores que influenciam na percepção de risco de desastres naturais

Fator	Termos identificados	Tipo de desastre	País	Influência na percepção de risco	Referência
Experiência direta	Probabilidade Proximidade	Inundação	China	Aumenta	Ge <i>et al.</i> (2021)
	Probabilidade	Inundação Deslizamento	Turquia	Aumenta	Mizrak; Turan (2023)
	Probabilidade	Incêndios florestais	Estados Unidos	Diminui	Hall; Slothower (2009)
	Probabilidade	Vários desastres	China	Depende do número de desastres e severidade das consequências	Xue <i>et al.</i> (2021)
Cobertura da mídia	Mídia Governo	Vários desastres	Sem local definido	Depende de fatores sociais e individuais	Morelli <i>et al.</i> (2022)
	Mídia	Tornado	Sem local definido	Aumenta a depender da propagação da severidade do desastre	Zhao <i>et al.</i> (2019)
	Mídia Família Governo	Terremoto	China	Diminui	Xu <i>et al.</i> (2020)
Fatores emocionais	Medo Ansiedade	Terremoto Tsunami	Chile	Aumenta indiretamente (por meio da preocupação)	Bronfman <i>et al.</i> (2020)
	Medo Alívio	Inundação	Holanda	Aumenta ou diminui a depender do sentimento desencadeado	Terpstra (2011)
	Medo	Tornado	Sem local definido	Aumenta ou apresenta pouca relação, a depender do sentimento desencadeado	Zhao; Rosoff; John (2019)
Proximidade do desastre	Probabilidade Proximidade	Tsunami	Chile	Aumenta	Arias <i>et al.</i> (2017)
	Probabilidade Proximidade	Inundações	Índia	Aumenta	Sen <i>et al.</i> (2022)
	Probabilidade Proximidade	Inundação	Paquistão	Diminui	Ali <i>et al.</i> (2022)
	Probabilidade Proximidade	Inundação	China	Diminui	Ge <i>et al.</i> (2021)
Confiança nas autoridades	Mídia Governo	Tufões e terremotos	China	Neutra/diminui	Han; Liu; Wu (2021)
	Governo	Inundação	Paquistão	Neutra	Ahmad; Afzal (2022)

Quadro 13.1 Fatores que influenciam na percepção de risco de desastres naturais

Fator	Termos identificados	Tipo de desastre	País	Influência na percepção de risco	Referência
Comunicação Interpessoal	Família Amigos Mídia Governo	Terremoto	China	Influencia pouco/aumenta	Sim <i>et al.</i> (2018)

Para explorar as principais medidas preventivas tomadas pela população e verificar se a percepção de risco influencia positivamente na busca por tais medidas, foram analisados estudos de caso em que a população apresentava diferentes níveis de percepção de risco, sendo eles baixo, moderado e alto. A definição do nível de preparação da população foi estabelecida pelos próprios estudos de caso, avaliadas com base na percepção de risco e nas medidas preventivas tomadas. Com o objetivo de compreender o contexto socioambiental que engloba a tomada de atitudes de prevenção para os desastres naturais, foram explorados também quais as principais limitações e desafios encontrados, se houve influência de aspectos sociais, individuais, de comunicação e confiança nas medidas de proteção. Além disso, buscou-se identificar se a percepção de risco influenciou positivamente a tomada de atitude pelas pessoas. O Quadro 13.2 sumariza os fatores apresentados.

Segundo Carmo e Valencio (2014), os desastres são socialmente construídos e evidenciam quais espaços estão reservados para determinados grupos sociais. Desse ponto surge a importância de desnaturalizar os desastres, pois sua real causa não são os fenômenos naturais, mas sim a existência de vulnerabilidades (Garcia-Acosta, 2021). No Brasil, a proporção de indivíduos em situação de vulnerabilidade acompanha o aumento do preço da moradia, condicionando essa população a ter apenas acesso a terras irregulares, que podem ser regiões de riscos de deslizamentos e inundações (Maricato, 1999). Ademais, o investimento em políticas de prevenção de desastres muitas vezes fica em segundo plano no orçamento de governos. Nesse sentido, a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (Brasil, 2012) busca estabelecer estratégias e instrumentos que contribuam para a redução de riscos de desastres no Brasil. Para tanto, a integração de atores e saberes deve ser considerada, a exemplo do caderno Gird+10 Gestão Integrada de Riscos e Desastres, elaborado em parceria entre o Ministério do Desenvolvimento Regional, cientistas de várias universidades e representantes do Programa das Nações Unidas Desenvolvimento – PNUD Brasil (Sulaiman, 2021).

Quadro 13.2 Estudos de caso analisados com foco no contexto das medidas preventivas adotadas

Tipo de desastre - País	Nível de preparação	Percepção de risco influenciou na busca de medidas preventivas?	Medidas preventivas tomadas	Limitações e desafios	Conceitos que interagem com a PRD e medidas preventivas (Morelli, 2022)	Referência
Terremoto - Nova Zelândia	Baixo / Moderado	Sim	<ul style="list-style-type: none"> • Buscar informações • Possuir itens de emergência • Possuir plano de emergência 	Preparação limitada a ter informações de como lidar com o evento	<ul style="list-style-type: none"> • Disseminação de informação de qualidade • Conhecimento e experiências pessoais 	Rañeses <i>et al.</i> , 2018
Vários desastres - Bangladesh	Baixo	Não	<ul style="list-style-type: none"> • Possuir itens de emergência • Participar de treinamentos 	Falta de treinamentos e informações para estimular o comportamento preventivo	<ul style="list-style-type: none"> • Disseminação de informação de qualidade • Conhecimento 	Hasan <i>et al.</i> , 2021
Deslizamento - China	Baixo	Sim	<ul style="list-style-type: none"> • Buscar informações • Possuir itens de emergência • Possuir seguro para desastres 	Barreiras socioeconômicas para a tomada de medidas preventivas	<ul style="list-style-type: none"> • Diferenças sociais, demográficas e geográficas • Vulnerabilidade socioambiental 	Xu <i>et al.</i> , 2018
Inundação - Fiji	Alto	Sim	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de drenagem • Adaptação de construções • Cultivo de culturas resistentes à inundação • Centros de evacuação 	Visão fatalista sobre a ocorrência do desastre	<ul style="list-style-type: none"> • Consciência sobre o fenômeno • Manifestações culturais • Confiança na capacidade de resposta 	Nolet, 2016

A marginalização também se reafirma nas barreiras ao acesso à educação. Como relatado por Xue *et al.* (2021), o nível de educação está diretamente relacionado à tomada de medidas preventivas pelos indivíduos. Porém, apenas promover o acesso à informação não é suficiente para aumentar a resiliência da população para lidar com os desastres naturais. Se os conteúdos não forem estruturados de forma a sensibilizar e promover a visão crítica da população, o acesso à informação pode não se refletir na tomada de atitude adequada ou protetiva (Lolive; Okamura, 2020). Reñeses *et al.* (2017) e Hasan *et al.* (2022) relatam situações similares, em que os indivíduos se consideram preparados por terem informações sobre prevenção, porém na prática não apresentavam medidas de proteção concretas.

É possível identificar a relação entre aplicação de medidas preventivas eficazes e situação socioeconômica da região observando a diferença na letalidade em decorrência de desastres ao redor do planeta. Apesar de ocorrer em regiões com condições econômicas e climáticas diversas, a letalidade é expressivamente maior em países pobres. É possível observar que as populações de baixa renda e renda média/baixa somam quase 70% das vidas perdidas. Por outro lado, os grupos de alta renda representam apenas 9,3% do total de mortes (Cred; UNISDR, 2016). Dessa forma, é importante salientar que a tomada de atitude diante dos desastres não depende somente da percepção de risco do indivíduo, mas também de aspectos sociais que viabilizem e estimulem a busca por melhores condições para enfrentar esses fenômenos naturais.

Nos estudos analisados, a percepção de risco foi apontada como um fator que pode ter influência positiva sobre a capacidade de resposta de uma população diante dos desastres naturais: os fatores que aumentam a percepção de risco atuam sobre os indivíduos, que buscam por medidas preventivas, e isso levaria à formação de sociedades mais resilientes a desastres naturais. Entretanto, tanto o nível da percepção de risco quanto sua relação com as medidas preventivas podem variar conforme o contexto em que estão inseridos (Bronfman *et al.*, 2020).

Em relação ao nível da percepção de risco, um indivíduo pode ter vivenciado uma experiência direta que resultou no aumento de sua percepção de risco para o desastre. Todavia, poucos anos após a ocorrência do fenômeno, essa experiência pode perder o potencial de influência e sua consciência sobre o risco tende a diminuir (Bubeck; Botzen; Aerts, 2012). Por outro lado, como visto anteriormente, a percepção de risco pode reduzir com a proximidade e recorrência do desastre, que transforma o evento como parte do cotidiano da sociedade. Além disso, o alto nível de preparação da população para enfrentar o desastre pode trazer um sentimento de confiança e segurança, também resultando na diminuição da consciência do risco (Bubeck; Botzen; Aerts, 2012).

Dessa forma, a percepção de risco de uma população pode estar em constante mudança, podendo diminuir e aumentar em função de fatores aos quais a população está exposta, ressaltando a importância da compreensão desse ciclo para a orientação de políticas públicas de gestão de risco de desastres naturais (Figura 13.1).

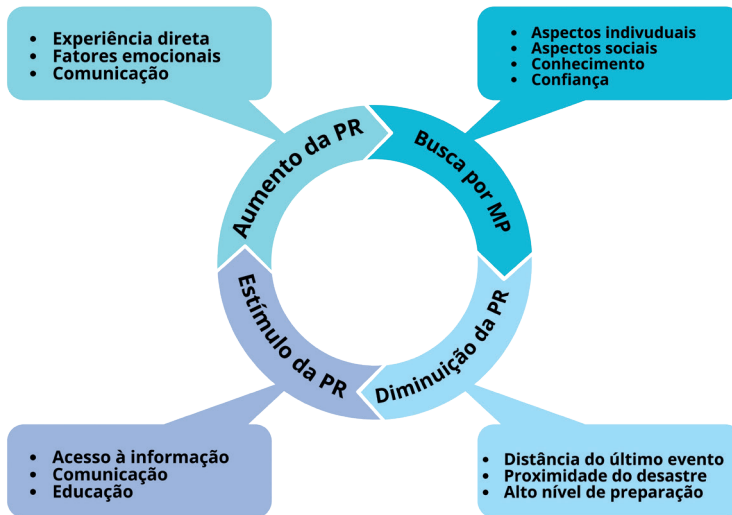


Figura 13.1 Ciclo da percepção de risco (PR) de desastres naturais e das medidas preventivas (MP).

Assim como o nível de consciência do risco da população, a relação da percepção de risco com a busca por medidas de proteção nem sempre é constante. Segundo Wachinger *et al.* (2013), existe um paradoxo entre esses dois fatores, pois, em alguns casos, a população pode apresentar uma alta percepção de risco, e isso não se reflete em medidas preventivas. Os autores apresentaram três principais motivos para a ocorrência do paradoxo da percepção de risco. Em primeiro lugar, o indivíduo pode perceber o risco de viver em um local vulnerável a desastres, porém, sua história de vida, seu senso de pertencimento ao lugar e o apego à comunidade podem fazê-lo preferir a condição de risco a evadir-se do lugar de pertencimento. Esse exemplo pode ser observado no estudo de Nolet (2016), segundo o qual a comunidade residente na região com ocorrência de inundações localizadas no Fiji, apesar de perceber o risco, não apresenta disposição para realocar-se, em decorrência do apego e da ancestralidade característica do local onde vive. Segundo Alves (2014), o principal fator que impulsionou o apego ao local no estudo realizado com moradores de uma zona com risco de inundações no Brasil foi a satisfação dos indivíduos em possuir uma moradia própria para viver e cuidar da família, além do valor afetivo atribuído no processo de construção da casa. Para muitos moradores, residir nessa região foi a primeira oportunidade de ter uma casa própria, e esses valores acabam se sobrepondo

à necessidade de viver em um local com mais segurança. Essa aceitabilidade do risco é influenciada pelos processos sociais. Tendo em vista que, no Brasil, a distribuição do espaço é segregada, os grupos socialmente vulneráveis são direcionados a residir nessas regiões e admitir seus riscos (Carmo; Valencio, 2014). O segundo motivo é que os indivíduos podem estar conscientes do risco, porém, não percebem a necessidade de ações pessoais para se proteger, transferindo a responsabilidade de mitigar os impactos para outro ator. Foi possível observar esse aspecto no estudo de Rañeses *et al.* (2018); apesar de ter sido observada relação positiva entre percepção de risco e medidas preventivas, essas medidas estavam pautadas em recorrer às autoridades responsáveis pela gestão de desastres, e medidas pessoais de proteção não foram tomadas. A terceira situação envolve indivíduos com poucos recursos para promover medidas preventivas, o que ocorreu no estudo de Hasan *et al.* (2022). Nesse caso, alguns estudantes demonstraram maior consciência de risco, porém a disseminação de informações e treinamentos não era promovida pelas autoridades.

Segundo Kim e Madison (2020), uma boa gestão de crises está diretamente relacionada ao nível de percepção de risco. Tendo em vista a diversidade de fatores que englobam o processo de proteção da sociedade em relação aos desastres, para aumentar a resiliência na população, é preciso focar nos estímulos dessa percepção, além de viabilizar a busca por medidas preventivas. Nesse processo, é importante levar em consideração grupos que apresentam níveis divergentes de consciência de risco e criar políticas direcionadas para cada público. Além disso, deve-se dar foco a fatores que caracterizam barreiras no acesso de populações marginalizadas às medidas protetivas, como a restrição de acesso a recursos e obstáculos no acesso à moradia de qualidade.

13.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os desastres naturais são eventos muitas vezes imprevisíveis que possuem o potencial de trazer danos catastróficos para a população. Apesar de atingirem regiões diversas, seus danos são evidentemente maiores sobre grupos marginalizados. Nesse contexto, a percepção de risco atua como um importante meio de mitigação de impactos negativos, podendo promover a busca por medidas preventivas.

A experiência direta e os fatores emocionais vivenciados em um cenário de desastres, como medo e ansiedade, são os principais fatores que aumentam a percepção de risco. A disseminação de informação e a comunicação também são importantes, porém, são insuficientes para estimular o comportamento preventivo quando aplicadas isoladamente. Dentre os principais fatores que diminuem a percepção de risco de uma população, estão a confiança em seu próprio desempenho para lidar com o risco e a distância da última experiência de desastres. Outros fatores como proximidade da

zona de risco, cobertura da mídia e confiança nas autoridades apresentaram maior oscilação de influência dependendo do contexto analisado.

Em relação às medidas preventivas, foi observado que o processo de tomada de atitude pode ser influenciado por aspectos sociais, individuais, fluxo de informação e confiança. As principais barreiras que impedem a busca por medidas preventivas são as vulnerabilidades socioambientais, afetadas diretamente pelo nível de educação, qualidade de informação recebida e região habitada pelos indivíduos, caracterizando maior risco para esses grupos.

Neste estudo, foi possível observar que a percepção de risco é um importante fator que pode influenciar a busca de medidas preventivas. No entanto, nem sempre uma alta consciência do risco acarreta ações de proteção por parte da sociedade. Isso pode ocorrer por conta da falta de acesso a recursos para proteger-se, transferência da responsabilidade de mitigar impactos para terceiros e sobreposição dos benefícios sobre os malefícios de residir em uma zona de risco.

Uma gestão de desastres naturais eficaz requer políticas direcionadas a públicos com diferentes níveis de percepção de risco, considerando-se a probabilidade e a severidade dos desastres, além de dar maior atenção para populações vulneráveis nesse processo. Ao longo do trabalho, foi possível identificar que a educação e a comunicação são determinantes na gestão de risco. Portanto, esses fatores devem ser levados como prioridade, para se promover o aumento da percepção de riscos e, conseqüentemente, da resiliência da população no contexto de desastres naturais.

REFERÊNCIAS

- AHMAD, D.; AFZAL, M. Flood risk public perception in fash food-prone areas of Punjab, Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research* v. 29, p. 53691-703, 2022.
- ALI, A. *et al.* Flood risk perception and communication: the role of hazard proximity. *J Environ Manage*, v. 15, n. 316, p.115309, 2022.
- ALVES, R. B. “*Lar doce lar*”: apego ao lugar em área de risco diante de desastres naturais. 2014. Dissertação (Mestrado em Psicologia) – Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.
- ARIAS, J. P. *et al.* Hazard proximity and risk perception of tsunamis in coastal cities: are people able to identify their risk? *PLoS One*, v. 12, n. 10, 2017.
- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Tradução: Luis Antero Reto e Augusto Pinheiro. Lisboa: Edições 70, 1977. p. 66-72, 104-125.
- BODAS, M. *et al.* Risk perception of natural and human-made disasters – cross sectional study in eight countries in Europe and beyond. *Front Public Health*, v. 14, fev. 2022.
- BRASIL. Lei Federal Nº 12.608 de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil. *Diário Oficial da União*. Brasília, DF, 11 abr. 2012. Seção 1, p. 1.

- BRONFMAN, N. C. *et al.* Understanding the relationship between direct experience and risk perception of natural hazards. *Risk Analysis*, v. 40, n. 10, p. 2057-69, 2020.
- BUBECK, P.; BOTZEN, W.; AERTS, J. A review of risk perceptions and other factors that influence flood mitigation behavior. *Risk Analysis*, v. 32, n. 9, p. 1481-95, 2012.
- CARMO, R. L.; VALENCIO, N. *Segurança humana no contexto dos desastres*. São Carlos: RiMa, 2014. p. 1-14.
- CEMADEN. *Desastres naturais*, 2016. Disponível em: <http://www2.cemaden.gov.br/video-cemaden1/>. Acesso em: 18 maio 2022.
- CENTRE FOR RESEARCH ON THE EPIDEMIOLOGY OF DISASTERS (CRED); UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION (UNISDR). *Natural disasters – 2018*. Louvain: Univerty Catholique of Louvain, 2018.
- CENTRE FOR RESEARCH ON THE EPIDEMIOLOGY OF DISASTERS (CRED); UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION (UNISDR). *Poverty and death: disaster mortality 1996-2015*. Genebra: UNISDR, 2016.
- DI GIULIO, G. M. *et al.* Percepção de risco: um campo de interesse para a interface ambiente, saúde e sustentabilidade. *Saúde & Sociedade*, v. 24, n. 4, p.1217-31, 2015.
- DIAS, M. A. F. S. Eventos climáticos extremos. *Revista USP*, n. 103, p. 33-40, 2014.
- DIAZ, L. Natural disasters: lessons learned from Katrina. *Waste Management*, v. 26, n. 1, p. 1-2, 2006.
- DILLEY, M. *et al.* *Natural disaster hotspots: a global risk analysis*. v. 5. Washington, D.C: World Bank Publications, 2005.
- GARCÍA-ACOSTA, V. História do conceito de desnaturalização de desastres. *Rev. C&Trópico*, v. 45, n. 2, p. 159-66, 2021.
- GE, Y. *et al.* Understanding risk perception from foods: a case study from China. *Natural Hazards*, v. 105, p. 3119-40, 2021.
- HALL, T.; SLOTHOWER, M. Cognitive factors affecting homeowners' reactions to defensible space in the Oregon Coast Range. *Society & Natural Resources*, v. 22, n. 2, p. 95-110, 2009.
- HAN, Z.; LIU, J.; WU, W.-N. Trust and confidence in authorities, responsibility attribution, and natural hazards risk perception. *Risks Hazards Crisis Public Policy*, v. 13, p. 221-37, 2021.
- HANNIGAN, J. *Environmental sociology*. 3th ed. Londres: Routledge, 2014.
- HASAN, K. *et al.* Exploring disaster preparedness of students at university in Bangladesh. *Natural Hazards*, v. 111, p. 817-49, 2022.
- HIDALGO, J.; BAEZ, A. A. Natural disasters. *Critical Care Clinics*, v. 35, n. 4, p. 591-607, 2019.
- HOGAN, D. J.; MARANDOLA, E. As dimensões da vulnerabilidade. *São Paulo em Perspectiva*, v. 20, n. 1, p. 33-43, jan./mar. 2006.

- IWAMA, A. Y. *et al.* Risk, vulnerability and adaptation to climate change: an interdisciplinary approach. *Ambiente & Sociedade*, v. 19, n. 2, p. 93-116, abr. 2016.
- KIM, D. K. D.; MADISON, P. Public risk perception attitude and information-seeking efficacy on floods: a formative study for disaster preparation campaigns and policies. *International Journal of Disaster Risk Science*, v. 11, n. 5, p. 592-601, 2020.
- LEROY, S. A. G. Natural hazards, landscapes and civilizations. *Treatise on Geomorphology*, 2. ed., v. 9, p. 620-34, 2022.
- LOLIVE, J. OKAMURA, C. A contaminação das águas do reservatório do Guarapiranga: um antagonismo entre o direito a um ambiente ecologicamente equilibrado e o direito à moradia? In: MELLO F. C. *et al.* *Sociologia pragmática das transformações em diálogo: riscos e desastres no Brasil contemporâneo*. Vitória: Milfontes, 2020.
- MARICATO, E. A terra é um nó na sociedade brasileira... também nas cidades. *Cultura Vozes*, n. 6, p. 7-22, 1999.
- MIZRAK, S.; TURAN, M. Effect of individual characteristics, risk perception, self-efficacy and social support on willingness to relocate due to floods and landslides. *Natural Hazards*, v. 116, n. 2, p.1615-1637, 2023.
- MORELLI, S. *et al.* Framing disaster risk perception and vulnerability in social media communication: a literature review. *Sustainability*, v. 14, p. 9148, 2022.
- NOLET, E. "Are you prepared?". Representations and management of floods in Lomanikoro, Rewa (Fiji). *Disasters*, v. 40, n. 4, p. 720-39, 2016.
- RAÑESES, M. K. *et al.* Measuring the level of disaster preparedness in Auckland. *Procedia Engineering*, v. 212, p. 419-26, 2018.
- SEN, S. *et al.* Vulnerability and risk perceptions of hydrometeorological. *GeoJournal*, v. 88, p. 711-31, 2022.
- SIM, T. *et al.* Interpersonal communication sources and natural hazard risk perception: a case study of a rural Chinese village. *Natural Hazards*, v. 94, p. 1307-26, 2018
- SLOVIC, P. Perception of risk. *Science*, v. 236, n. 4799, p. 280-285, 1987. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.3563507>. Acesso em: 23 mar. 2024..
- SULAIMAN, S. N. (Coord.). *Caderno técnico GIRD+10*. Gestão integrada de riscos e desastres. Brasília, DF: Ministério do Desenvolvimento Regional, Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/protecao-e-defesa-civil/Caderno_GIRD10__.pdf. Acesso em: 12 set. 2023.
- TERPSTRA, T. Emotions, trust, and perceived risk: affective and cognitive routes to flood preparedness behavior. *Risk Analysis*, v. 31, n. 10, p. 1658-75, 2011.
- TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Org.). *Desastres naturais: conhecer para prevenir*. 3. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2015.
- UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (UNDP). *Reducing disaster risk: a challenge for development*. Nova Iorque, 2004.

- WACHINGER, G. *et al.* The risk perception paradox – implications for governance and communication of natural hazards. *Risk Analysis*, v. 33, n. 6, p. 1049-65, 2013.
- WILSON, R.; ZWICKLE, A.; WALPOLE, H. Developing a broadly applicable measure of risk perception. *Risk Analysis*, v. 39, n. 4, p. 777-91, 2019.
- XU, D. *et al.* Influences of risk perception and sense of place on landslide disaster preparedness in Southwestern China. *International Journal of Disaster Risk Science*, v. 9, p. 167-80, 2018.
- XU, D. *et al.* Media exposure, disaster experience, and risk perception of rural households in earthquake-stricken areas: evidence from rural China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 17, n. 9, p. 3246, 2020.
- XUE, K. *et al.* Social networks, trust, and disaster-risk perceptions of rural residents in a multi-disaster environment: evidence from Sichuan, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 18, n. 4, p. 2106, 2021.
- ZHAO, M.; ROSOFF, H.; JOHN, R. Media disaster reporting effects on public risk perception and response to escalating tornado warnings: a natural experiment. *Risk Analysis*, v. 39, n. 3, p. 535-52, 2019.

CAPÍTULO 14

Desafios socioambientais e climáticos do sistema agroalimentar

*Giselle Cristina Santos Aguilar
Sonia Regina Paulino*

RESUMO

O sistema agroalimentar global (SAG) está no centro dos desafios das mudanças climáticas. As emissões relacionadas ao ciclo de vida do sistema agroalimentar o colocam como um dos motores das emissões globais. Ao mesmo tempo, o SAG tem apresentado uma natureza vulnerável aos efeitos do clima. O objetivo deste capítulo é identificar os impactos da mudança do clima para a segurança alimentar e nutricional (SAN) e analisar como a agroecologia e a agricultura regenerativa, uma das práticas alternativas de produção de alimentos, podem contribuir com a transformação do SAG, considerando o agravamento das mudanças climáticas. Com base em pesquisa bibliográfica e documental, identifica-se que os principais impactos da mudança do clima na SAN ocorrem no acesso, na produção, na qualidade nutricional e na volatilidade dos preços dos alimentos, principalmente nas populações mais pobres e em situações de desigualdade social. Embora tenha aumentado nos últimos anos o volume de estudos sobre práticas agrícolas sustentáveis, sobretudo em relação à agroecologia e à agricultura regenerativa, que contemplam estratégias de transfor-

mação em linha à redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE), há carência de estudos empíricos na literatura que fundamentem a eficiência dessas práticas.

Palavras chaves: segurança alimentar; mudanças climáticas; agricultura sustentável.

SOCIO-ENVIRONMENTAL AND CLIMATE CHALLENGES OF THE AGRI-FOOD SYSTEM

ABSTRACT

The global Agri-food system (SAG) is at the heart of the challenges of climate change. Emissions related to the life cycle of the agri-food system place it as one of the drivers of global emissions. At the same time, SAG has been vulnerable to the effects of climate change, being the agricultural sector considered one of the sectors most affected by the consequences of this phenomenon. The objective of this chapter is to identify the impacts of climate change on food and nutritional security (SAN) and analyze how agroecology and regenerative agriculture, one of the alternative food production practices, can contribute to the transformation of SAG considering the worsening of climate change. Based on bibliographical and documentary research, it is identified that the main impacts of climate change in SAN occur on access, production, nutritional quality and volatility of food prices, especially in the poorest populations and in situations of social inequality. Although the volume of studies on sustainable agricultural practices has increased in recent years, especially in relation to agroecology and regenerative agriculture, which include transformation strategies in line with the reduction of greenhouse gas (GHG) emissions, there is a lack of empirical studies in literature that substantiates the efficiency of these practices.

Keywords: food safety; climate changes; sustainable agriculture.

14.1 INTRODUÇÃO

Ao considerar o sistema agroalimentar global (SAG), a literatura revela que a cadeia de produção alimentar é de elevada complexidade, multinível, dispersa globalmente, com significativos aspectos negativos nas dimensões da sustentabilidade, como a perda da biodiversidade, o alto consumo de água e energia, o uso intensivo de insumos químicos e os altos índices de desperdício de alimentos ao longo da cadeia, provocando diversos tipos de assimetrias e desequilíbrios.

Além disso, no sexto relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, na sigla em inglês para *Intergovernmental Panel on Climate Change*), tem-se discutido o fato de as emissões associadas ao ciclo de vida do SAG representarem entre 21% e 37% das emissões GEE globais. Essa estimativa inclui emissões de 9–14%, provenientes de atividades agrícolas e pecuárias dentro da propriedade agrícola; e de 5–14% provenientes do uso do solo e da mudança no uso do solo, incluindo a supressão de áreas de florestas; 5–10% que provêm de atividades da cadeia de abastecimento, o que inclui a perda e desperdício de alimentos.

Ao mesmo tempo, a mudança do clima tem sido apontada como um dos maiores desafios a ser enfrentado pelo SAG, exigindo ações imediatas e coordenadas em todos os setores (Bajzelj *et al.*, 2014; Foley; Olabi, 2017; Willet *et al.*, 2019; Rosenzweig *et al.*, 2020; Crippa *et al.*, 2021; Zurek *et al.*, 2022). Tal preocupação se deve à vulnerabilidade que os sistemas agroalimentares apresentam diante dos eventos climáticos – que têm se tornado mais frequentes e intensos – uma vez que as atividades agrícolas são diretamente dependentes do clima (Zurek *et al.*, 2022). Além da dependência do clima, essas atividades são predominantemente concentradas em países com maior dependência de recursos naturais e serviços ecossistêmicos, como acontece, em maior escala, nos países em desenvolvimento, cuja sua economia muitas vezes é baseada na agricultura.

A Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC, na sigla em inglês), assinada em 1992, durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), e o Acordo de Paris, aprovado na 21ª Conferência das Partes em 2015, são alguns dos acordos com o propósito de conter o aquecimento global e as mudanças climáticas com maior visibilidade no cenário internacional. A UNFCCC reconhece que os países desenvolvidos são responsáveis pela maior parcela das emissões globais, históricas e atuais, de GEE. Reconhece também que, as emissões per capita dos países em desenvolvimento são, ainda, relativamente baixas, podendo crescer para satisfazer suas necessidades sociais e de desenvolvimento.

O sexto relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (AR6) mostra que os eventos extremos climáticos afetam negativamente a produção de

alimentos em todo o mundo, reduzindo o rendimento das colheitas e da pecuária, aumentando o estresse térmico dos produtos, além de comprometer sua renda com os prejuízos dos eventos extremos. Em contrapartida, a produção agrícola baseada em práticas agroecológicas e regenerativas, que dentre outras possibilidades de transição agroalimentar, tem sido destaque em alguns fóruns internacionais e apontadas pelo IPCC (2021, 2022) como promissoras para reduzir as emissões do ciclo de vida do SAG em convergência com os objetivos do desenvolvimento sustentável e as metas do acordo de Paris.

Nesse sentido, o capítulo tem como objetivo: (i) identificar os impactos da mudança do clima para a segurança alimentar; e (ii) analisar como agroecologia e a agricultura regenerativa podem contribuir para a transformação do SAG. Os dados qualitativos foram obtidos com base em revisão bibliográfica e documental, com consulta às bases dos dados Scopus e Web of Science, considerando-se artigos publicados no período de 2017 a 2023.

Essa introdução é seguida pela metodologia na Seção 14.2. Na Seção 14.3, apresenta-se a fundamentação bibliográfica. A Seção 14.4 discute os resultados, que contemplam os desafios do sistema agroalimentar, sua relação com a segurança alimentar e a mudança do clima; e a Seção 14.5 traz as considerações finais.

14.2 MÉTODOS

Esta pesquisa foi realizada na base de dados da Scopus e Web of Science no período de janeiro de 2017 a dezembro de 2022, em que foram criadas combinações de palavras-chave com termos relacionados às temáticas: sistema agroalimentar, mudanças climáticas e segurança alimentar.

Os critérios de inclusão foram: (i) somente artigos publicados em periódicos (ii) idiomas português, espanhol e inglês; e (iii) ter relação direta com os temas estabelecidos.

Excluíram-se artigos de revisão, resumos de congressos, monografias, dissertações, teses e capítulos de livro. Para elaboração da revisão, avaliaram-se inicialmente os títulos, seguido da leitura dos resumos e, posteriormente, a leitura na íntegra dos estudos. Identificou-se, inicialmente, 64 artigos, sendo 31 da Web of Science e 33 da Scopus, em que 6 foram excluídos por serem duplicados. Após leitura dos resumos, excluiu-se 12. Quarenta e seis artigos foram lidos na íntegra e 8 foram excluídos por não apresentarem relação direta com os temas definidos. No total 38 artigos foram considerados elegíveis para esta revisão (Figura 14.1).



Figura 14.1 Esquema representativo da busca de artigos para o estudo.

O texto apresenta uma pesquisa qualitativa com análise de dados do tipo descritivo. Cabe destacar que a presente revisão bibliográfica, por contemplar o cenário global, não discrimina estudos em razão do tipo de agricultura analisada. Ou seja, não há distinção na análise entre agricultura de clima temperado e agricultura tropical.

14.3 O SISTEMA AGROALIMENTAR GLOBAL E AS MUDANÇAS DO CLIMA

O sistema agroalimentar global (SAG) contempla toda a gama de processos e atores, desde a produção primária de alimentos e produtos não alimentícios na agricultura, na pesca e na silvicultura até a comercialização e o consumo de alimentos (Ericksen, 2008; Lamine, 2015; Popkin, 2017; Moragues *et al.*, 2017; Marsden *et al.*, 2019).

A agricultura industrial se baseia em práticas como lavoura intensiva, monocultura, irrigação, aplicação de fertilizantes inorgânicos, controle de pragas, manipulação genética de plantas domesticadas e animais e confinamento de animais (Gliessman, 2014). Além de essas práticas serem dependentes de recursos naturais (água, energia, terra e insumos exógenos), elas promovem externalidades socioambientais e climáticas que impulsionam críticas à sua longevidade e hegemonia no futuro próximo (Moura, 2016; FAO, 2018).

14.3.1 Emissões de GEE do SAG

Em grande medida, a produção agrícola é um fator crucial e determinante na emissão de gases de efeito estufa (GEE), como aponta o relatório do IPCC sobre uma estimativa que entre 21% e 37% das emissões GEE estão associadas aos sistemas agroalimentares, desde o preparo para a produção ao pós-produção (IPCC, 2020).

A literatura aponta para três caminhos principais pelos quais o sistema alimentar contribui para as emissões de GEE. São eles: (i) atividades agrícolas e pecuárias; (ii) ordenamento do território e dinâmicas de uso do solo; e (iii) processos de pré e pós-produção. Este último envolve as etapas de transporte de alimentos, processamento e fabricação de insumos, bem como de consumo familiar e descarte de resíduos (Mbow *et al.*, 2019; Tubiello *et al.*, 2021; Zurek, 2022).

As emissões de gases de efeito estufa (GEE) são tratadas em equivalência de dióxido de carbono (CO₂), a medida padrão para comparar as emissões de diferentes gases (IPCC, 2007). A medida se baseia no Potencial de Aquecimento Global (PAG) de

cada um dos gases em relação ao CO_2 , sendo expressa pela quantidade de emissões de uma mistura de gases durante um determinado horizonte de tempo, em geral 100 anos, que causaria o mesmo impacto que o CO_2 . De modo geral, o cálculo considera as emissões de dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O), por serem mais expressivas.

A maior parte das emissões de metano (CH_4) é produzida por fermentação entérica durante os processos digestivos de animais ruminantes e pelo cultivo de arroz submerso. As emissões de óxido nitroso (N_2O), se originam principalmente da aplicação de fertilizantes químicos à base de nitrogênio e pelo manejo de dejetos animais. Já as emissões de dióxido de carbono (CO_2) estão relacionadas ao desmatamento, queimadas, e pela conversão de pastagens em terras aráveis, dada demanda cada vez mais alta por alimentos (WRI, 2018; Assad *et al.*, 2019; Mbow *et al.*, 2019).

14.3.2 Impactos das Mudanças do Clima no SAG

Um dos relatórios do IPCC (2022) apresentou um cenário preocupante para o futuro face a mudança do clima que já afeta os quatro cantos do globo com eventos extremos climáticos, como: secas, ondas de calor, inundações e incêndios (IPCC, 2022). A análise aprofundada do relatório aborda duas questões centrais: 1) a emissão de gases de efeito estufa oriunda de nações desenvolvidas; e 2) a exposição dos países em desenvolvimento às mudanças climáticas, que agrava suas vulnerabilidades.

O sistema agroalimentar, que contempla os setores de agricultura e agropecuária, exercem atividades com forte dependência das condições climáticas. Os eventos extremos climáticos são capazes de afetar a produtividade e o manejo das culturas, assim como os fatores sociais, econômicos e políticos, deste modo, são influenciadas pelas mudanças climáticas globais. Essas influências variam conforme cada tipo de cultura e região e podem apresentar-se em diferentes condições de vulnerabilidade, em decorrência dos variados cenários climáticos (Lima; Alves, 2008).

Os países em desenvolvimento são apontados como os mais vulneráveis à mudança do clima, em razão de possuir as atividades agropecuárias como predominantes em suas economias. Além disso, a limitação de capital para tomar medidas de adaptação e a alta exposição dessas nações a condições extremas, assim como a falta de mercados, os colocam na lista de vulnerabilidade (Fischer *et al.*, 2005)

De acordo com o Relatório de Riscos Globais (WEF, 2023), desenvolvido pelo Fórum Econômico Mundial (WEF, sigla em inglês para *World Economic Forum*) as mudanças climáticas têm se destacado como um dos maiores desafios a serem enfrentados nos próximos dois anos e na próxima década pelas sociedades humanas. Esse ponto carrega inúmeras preocupações, uma vez que, além de comprometer as metas do Acordo de Paris, que visam a manter o aumento da temperatura do planeta

abaixo dos 2 °C (Clark, 2020), coloca os componentes do sistema agroalimentar sob estado de vulnerabilidade face a maior frequência e severidade dos eventos extremos, comprometendo também a segurança alimentar (Crippa, 2021).

A mudança do clima tem alterado a estrutura dos ecossistemas, que tem levado a variações fenológicas, alterações nas dinâmicas populacionais e no ciclo de vida de animais e plantas. Esses efeitos, quando adicionado à conversão do uso do solo, tem acelerado a redução de populações nativas, a desativação de serviços ecossistêmicos e até mesmo a extinção de espécies em nível global, incluindo variedades agrícolas locais, raças crioulas e a perda de conhecimentos tradicionais associados aos sistemas agrícolas (Johnson *et al.*, 2017), estes últimos associados, principalmente, à expansão da agricultura industrial, ao crescente êxodo rural e ao surgimento dos novos refugiados do clima (Berchin *et al.*, 2019).

Esses eventos, cada vez mais frequentes e intensos, além de potencializar o aumento da probabilidade de quebras de safra no curto prazo e o declínio na produção no longo prazo, também tem contribuído para a intensificação da degradação da terra por meio do aumento da erosão do solo, especialmente em áreas costeiras, além do aumento da salinidade do solo em terras irrigadas de climas mais áridos e mais propensos à desertificação em algumas áreas secas (Elmqvist *et al.*, 2019; Mirzabaev *et al.*, 2023).

Diante das consequências previstas, por mais de duas décadas os estudos sobre mudanças climáticas se tornaram uma das questões globais mais importantes e desafiadoras, especialmente no que tange a questão da segurança alimentar. Nesse sentido, torna-se necessário entender como a mudança do clima pode afetar a segurança alimentar e analisar as possibilidades de transformação do SAG em linha a resiliência climática.

A segurança alimentar existe quando todas as pessoas conseguem, em qualquer tempo, de forma física e econômica, acessar alimentos seguros e alimentos nutritivos que atendam às suas necessidades alimentares básicas para uma vida ativa e saudável (World Food Summit, 1996).

A partir desse conceito, surgem quatro dimensões principais que devem ocorrer simultaneamente para que possa ser garantida a segurança alimentar local: disponibilidade, acesso, utilização e distribuição.

A disponibilidade física, está associada a oferta de alimentos; o acesso econômico e físico considera as políticas de mercado e preços para garantir o acesso ao alimento; a utilização de alimentos compreende a qualidade e boas práticas de alimentação, preparo dos alimentos, diversidade de dieta e distribuição local de alimentos; e, por fim, a estabilidade, que considera a garantia de disponibilidade, acesso e uso adequado de alimentos por indivíduos e, portanto, engloba as outras 3 dimensões.

O próximo capítulo busca identificar a relação das mudanças climáticas sob essas quatro dimensões.

14.4 Resultados e discussão

Verifica-se que os estudos relacionados aos impactos do clima e da segurança alimentar se concentram para os países em desenvolvimento, cuja população tem baixa capacidade de mitigação dos impactos dos desastres ou adaptação aos riscos climáticos. Desastres induzidos por mudanças climáticas, como enchentes, secas e tempestades severas, são as principais fontes de flutuações de renda para famílias pobres que dependem significativamente de recursos naturais para sua subsistência (Alpino *et al.*, 2022).

Os riscos climáticos projetados para a desnutrição em todas as suas formas estão ligados ao declínio na disponibilidade e qualidade nutricional dos alimentos e ao aumento do custo dos alimentos saudáveis, resultando em três riscos principais: (i) redução da ingestão de energia (medida em calorias); (ii) diminuição da disponibilidade de frutas e vegetais; e (iii) menor disponibilidade de micronutrientes nos principais alimentos básicos, frutas e vegetais devido ao excesso de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera (Beach *et al.*, 2019; Sulz er, 2021). O Quadro 14.1 contempla a relação dos principais impactos das mudanças do clima no sistema agroalimentar e seus reflexos na segurança alimentar e nutricional.

Quadro 14.1 Interação das mudanças climáticas com o sistema agroalimentar e seus efeitos nas seguranças alimentar e nutricional

Pilares da segurança alimentar	Influência das mudanças climáticas	Autores
Disponibilidade	Aumento da frequência e severidade dos eventos extremos, que acarreta redução da produtividade dos cultivos e comprometimento da distribuição de renda dos produtores. Maior demanda de alimentos com o crescimento da população, o que pode comprometer a disponibilidade de alimento.	(Iizumi <i>et al.</i> , 2019; Lauria, 2018; Das <i>et al.</i> 2019)
Acesso	O aumento dos preços dos alimentos devido à queda da produtividade e ao aumento da demanda pode impactar a distribuição e o armazenamento da produção. Comprometimento da capacidade de compra, causada pela instabilidade de renda e pelo preço dos alimentos devido a baixas produtividade e colheitas.	(Lauria, 2018; Baarsch <i>et al.</i> 2020)
Utilização	Efeitos na qualidade nutricional com a redução nas concentrações de micronutrientes (minerais). Menor ingestão de frutas, legumes, peixes e sementes, que pode ocasionar deficiência de zinco, ferro, vitamina A, vitamina B12, vitamina D, proteína e ômega-3 e exposição a desnutrição infantil, nanismo e mortalidade infantil, relacionados à desnutrição, além da redução da expectativa de vida.	(Janes, 2010; Hasegawa <i>et al.</i> 2018)
Estabilidade	Variabilidade interanual da produção de alimentos, comprometendo a quantidade de alimentos disponíveis no mercado, o que, por consequência, aumenta os preços dos alimentos no mercado. Isso ocorre especialmente em áreas rurais, que tendem a ser mais sensíveis às variações climáticas, além dos impactos nas cadeias de abastecimento.	(Whitmee, 2015; Mbow <i>et al.</i> 2019)

Além da perda de produtividade e de terras agricultáveis, os eventos extremos ocasionados pelas mudanças do clima afetam o calendário agrícola e promovem o aumento de pragas e doenças. A quebra de safras, o deslocamento de culturas entre regiões, o aumento do preço de alimentos, a ampliação na mudança do uso da terra com a conversão de florestas e expansão para terras tradicionais, e a geração de conflitos fundiários (HLPE, 2012; Machado Filho *et al.*, 2016).

As alterações nos padrões climáticos, como secas, inundações e ondas de calor, podem afetar negativamente a produção agrícola, o que pode levar à redução da produtividade das culturas e à diminuição da disponibilidade de alimentos. Outro impacto substancial dessas alterações é na disponibilidade hídrica, que afeta a irrigação e o abastecimento de água para a agricultura. Isso pode resultar em escassez de água para as plantações prejudicando a produção de alimentos. Além disso, a mudança do clima pode levar à perda da biodiversidade, habitat naturais e à extinção de espécies e ao aumento de pragas e doenças. Isso afeta a diversidade de culturas e a disponibilidade de alimentos provenientes da natureza, como frutas, verduras e peixes, reduzindo a disponibilidade de alimentos (Alpino *et al.*, 2022).

A instabilidade da cadeia de abastecimento alimentar afeta a segurança alimentar e os meios de subsistência, em razão do aumento de preços e a consequente desigualdade no acesso aos alimentos (Mirzabaev *et al.*, 2023), especialmente em nações emergentes, cujas economias são marcadamente dependentes da agricultura (Oliveira, 2021). Assim, para esses países, a maioria dos modelos de cenários de riscos de mudanças climáticas prevê que os danos impactarão com maior intensidade os pequenos agricultores, que detêm menores recursos e infraestruturas resilientes ao clima (Altieri, 2008).

A Figura 14.2 sintetiza as relações entre sistema agroalimentar e segurança alimentar por meio das mudanças do clima.

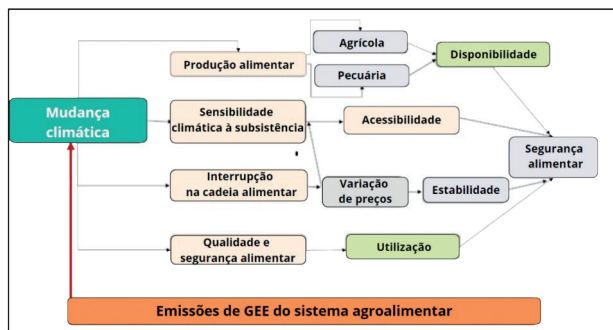


Figura 14.2 Relações entre as mudanças climáticas e o sistema agroalimentar.

Fonte: adaptada de Mirzabaev *et al.* (2023).

A mudança do clima pode, portanto, impulsionar alterações no acesso, disponibilidade, utilização e estabilidade dos sistemas agroalimentares e impactar o estado nutricional das populações, intensificando as diversas formas de má nutrição (Jaacks *et al.*, 2019). Com a menor oferta de alimentos decorrente de potenciais efeitos climáticos na produção, o custo destes pode aumentar, gerando dificuldades no acesso para as populações menos favorecidas financeiramente, o que pode levá-las a consumir alimentos altamente processados, com baixo teor e qualidade nutricional. Essa situação pode aumentar o número de pessoas em situação alimentar e, em alguns casos, refletir em maiores números de obesidade (Mirzabaev *et al.*, 2023), dada a maior ingestão de alimentos industrializados.

Para Alpino *et al.* (2022), os impactos na segurança de insegurança alimentar, ditados pelas mudanças climáticas, levantam reflexões relacionadas ao cumprimento dos objetivos da Agenda 2030, em especial o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) número 2, que trata do enfrentamento à fome diante aos cenários de intensificação dos eventos do clima e do aumento de habitantes. Populações mais pobres se tornam mais vulneráveis quando expostas a novos cenários de risco, agravando ainda mais a pobreza, a desigualdade social e a insegurança alimentar (Alpino

et al., 2022; Rede Penssan, 2022). Os mais pobres têm, em geral, poucos recursos para enfrentamento das crises, além de menos acesso aos serviços de saúde e pouca representatividade nos espaços de formulação e decisões políticas.

Neste cenário, torna-se evidente e urgente a consolidação de agroecossistemas sustentáveis e mais resilientes, que possam contribuir para a adaptação e mitigação das mudanças do clima.

14.4.1 Alternativas de produção para garantir a segurança alimentar e nutricional

Os sistemas de produção de alimentos que visam a melhor fertilidade e aproveitamento do solo, o uso sustentável de recursos naturais, a redução de insumos químicos e a resiliência da produção aos efeitos do clima fazem parte das soluções de adaptação do sistema agroalimentar (Heckelman *et al.*, 2018; Boedecker *et al.*, 2019; Bezner Kerr *et al.*, 2022). Contudo, para serem efetivas, essas estratégias de adaptação devem ser adequadas às necessidades locais, agroecossistema, microclima e contextos socioculturais (Zurek, 2021).

Como parte do processo de adaptação climática, os países precisam melhorar a qualidade nutricional da produção agrícola de alimentos e a diversidade alimentar para consumo local. Nesse contexto, a biodiversidade dos sistemas agroalimentares é considerada um eixo central dos sistemas agroalimentares sustentáveis, pois aumenta sua resiliência (Kremen; Merenlender, 2018; Dainese *et al.*, 2019).

A literatura tem apontado para práticas agrícolas alternativas ao modelo de agricultura industrial, como a agroecologia e a agricultura regenerativa (McGuire; Northfield, 2020; Lal, 2020; Altieri, 2020; Wezel, 2020; Snapp *et al.*, 2021; Gliessman, 2022) como formas de adaptação à mudança do clima e, conseqüentemente, como meios de garantir a segurança alimentar.

A literatura indica que a agroecologia como um meio para transformar os sistemas agroalimentares a partir de uma perspectiva sustentável, enquanto ciência, prática e movimento social (Altieri e Nicholls, 2017; Gliessman, 2017). Alguns autores indicam que a abordagem agroecológica pode oferecer uma dupla resposta às mudanças do clima, tanto como estratégias de adaptação quanto como iniciativas de mitigação. Além da maior resiliência, agroecossistemas embasados em princípios agroecológicos podem reduzir a emissão de GEE pela agricultura a níveis consideravelmente mais baixos do que os atuais, aumentando a contribuição do setor no sequestro de carbono atmosférico, retirando CO₂ da atmosfera (Marchetti *et al.*, 2023).

Para Gliessman (2017), a agroecologia, como ciência se desenvolveu como alternativa e resistência ao modelo industrial de agricultura, e seus fundamentos estão ancorados no conhecimento tradicional, na expressão cultural e nas experiências

agrícolas de longo prazo. Segundo o autor, possui mais ênfase em países com cultura agrária local e tradicional profunda, ou ainda graças a fortes movimentos sociais que vinculam a agroecologia à demanda de acesso à terra, proteção de sementes locais e sua livre troca e resistência à introdução de organismos geneticamente modificados.

Altieri e Nicholls (2017) apontam para as diferentes estratégias agroecológicas adotadas por agricultores de pequena escala para lidar com as mudanças climáticas, entre elas, notoriamente, está o alto nível de biodiversidade “*on farm*”, característica típica das agriculturas tradicionais. Os autores sugerem que o resgate do manejo tradicional combinado com aqueles de base agroecológica, como, por exemplo, a biodiversificação, o acúmulo de matéria orgânica no solo e a captação de água, tem grande potencial para aumentar a resiliência dos sistemas produtivos frente aos distúrbios provocados por eventos climáticos extremos, conferindo, por exemplo, maior capacidade para lidar com a diminuição das chuvas e o aumento das temperaturas. Essas estratégias aumentam a infiltração, a drenagem e a capacidade de retenção de água, diminuem a erosão, fortalecem a atividade biológica e a fertilidade do sistema.

Alguns autores (Gliessman, 2017; Nicholls, 2019; Altieri, 2020) argumentam que existem vários meios de se encontrar maior resiliência nos sistemas agroecológicos por meio de práticas como: diversificação do sistema, da compensação biológica ou o efeito das medidas preventivas de saneamento e podas, da recuperação biológica por causa da maior diversidade de estratos vegetais, e à recuperação ou resiliência humana/camponesa baseada na família, o que pode contribuir fortemente para o consumo e distribuição local de alimentos, garantindo alimentos de qualidade e em quantidades seguras.

Contudo, a transformação do SAG para a abordagem agroecológica requer uma mudança sistêmica, com reformas política e criação de medidas sólidas que contemplem investimentos tecnológicos e científicos para o aumento dos serviços ambientais, proteção da biodiversidade e fortalecimento da agricultura familiar e das práticas agroecológicas (Clemente e Moreira, 2021). Não menos importante, são necessárias a preservação da identidade e a proteção das comunidades tradicionais, que atuam para a manutenção e perpetuação dessas práticas.

A agricultura regenerativa (AR), que tem emergido de forma rápida como uma narrativa dominante na última década, também tem ganhado espaço e sido pauta nos discursos políticos e em fóruns internacionais. Essa abordagem tem sido defendida por agricultores de pequena a grande escala, consumidores e empresas agroalimentares, em virtude de seus benefícios. Entre eles, destacam-se a regeneração do solo, a capacidade de produzir alimentos com melhor teor nutricional e o potencial em capturar carbono do solo, que pode ser um fator decisivo para a agricultura a longo prazo (Lobato, 2019). As práticas preconizadas na AR envolve cobertura do solo,

integração animal, rotação e diversificação de culturas (Lacanne; Lundgren, 2018; Gibbons, 2020 e Anderson, 2021). As culturas de cobertura tem a função de proteger o solo da erosão, revitalizar a biota do solo, adicionar nutrientes para as culturas futuras, sequestrar carbono, melhorar a biodiversidade e evitar o escoamento de água (Yaney-Keller *et al.*, 2022). Enquanto a integração animal nas culturas agrícolas, pode aumentar a qualidade e a fertilidade do solo (Oberc; Schnell, 2020).

Contudo, a literatura aponta alguns desafios para agricultura regenerativa que vai desde a ambiguidade conceitual que o termo apresenta (Newton *et al.*, 2020; Tiftonell, 2022) até a carência de pesquisas que evidenciem o potencial do sequestro de carbono.

A ausência da clareza na definição e práticas da AR e a escassez de pesquisas que tratam dessa abordagem em relação os contributos para mitigar as mudanças do clima, é visto como um obstáculo por gerar implicações para o desenvolvimento de políticas e programas (Newton, 2020) podendo descredibilizar o potencial de uma alternativa promissora frente aos desafios da década, o que inclui a segurança alimentar e as mudanças climáticas.

Pensar em um sistema que seja integralmente regenerativo ou, ainda, agroecológico, é considerado um alto nível de ambição, visto a divergência de princípios que tem com a agricultura convencional. Contudo, considerando a urgência climática, é necessária a ação tempestiva, para que caminhemos gradualmente para um sistema sustentável e resiliente, que possibilite um diálogo inclusivo que ofereça espaço para uma variedade de perspectivas, experiências, conhecimentos e atores no sistema agroalimentar (Kassam e Kassam 2020; Turnhout *et al.*, 2021).

14.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As atividades inerentes ao sistema agroalimentar têm sido responsáveis por uma parcela significativa das emissões de GEE globais, sendo consideradas fontes indutoras das alterações do clima. Por sua vez, as mudanças climáticas têm interações complexas com os sistemas agroalimentares, conduzindo à insegurança alimentar por meio de impactos na disponibilidade, acesso, utilização e estabilidade dos alimentos, que afeta especialmente populações mais pobres, que apresentam maior vulnerabilidade e dependência do clima. Esse desafiador cenário leva à discussão de estratégias de adaptação/mitigação para garantia de cumprimento da agenda 2030 em todo o planeta, especialmente, no que tange a segurança alimentar.

Alguns autores afirmam que a transformação em sistemas agroalimentares por meio da agroecologia ou da agricultura regenerativa pode contribuir para a adaptação às alterações climáticas, ou seja, que tais práticas possam auxiliar no aumento da capacidade adaptativa das culturas agrícolas e em menor grau na redução das emissões de gases de efeito estufa.

Embora ainda a literatura seja escassa em relação a viabilidade dessas práticas para a reduções nas emissões de gases de efeito estufa, especialmente, quando se trata de escalas maiores de produção. As abordagens agroecológicas e regenerativas têm se apresentado como potenciais alternativas para tornar os agrossistemas sustentáveis e resilientes, alinhadas com os ODS e os acordos climáticos. Além de possibilitarem enfrentar as consequências mais trágicas das mudanças climáticas, também podem gerar energia potencializadora para o enfrentamento das diferentes formas de degradação social, ambiental e humana.

A relevância do tema de mudanças climáticas para a agenda da SAN suscita, além da urgência de incentivos para pesquisas, especialmente nos países mais pobres, que serão os mais afetados, políticas públicas de proteção social. Sugere, portanto, que essas pesquisas contemplem uma visão holística do problema, com foco na construção de um sistema agroalimentar mais resistente ao clima, uma vez que, embora sane parte da equação, uma produção suficiente e sustentável de alimentos não garantirá uma população livre da fome, e das formas de má nutrição, como a desnutrição e a obesidade.

REFERÊNCIAS

- ACORDO DE PARIS. 2015. Disponível em: http://www.mma.gov.br/images/arquivos/clima/convencao/indc/Acordo_Paris.pdf. Acesso em: 20 de maio de 2023.
- ALTIERI, M.; NICHOLLS, C. I. Agroecology, and the reconstruction of a post-COVID-19 agriculture. *The Journal of Peasant Studies*, v. 47, n. 5, p. 881-98, 2020.
- ALTIERI, M. ; NICHOLLS, C. I. Do modelo agroquímico à agroecologia: a busca por sistemas alimentares saudáveis e resilientes em tempos de COVID-19. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 57, 2021.
- ALTIERI, M.; NICHOLLS, C. I. Scaling up agroecological approaches for food sovereignty in Latin America. *Development*. v. 51, n. 4, p. 472-80, 2008.
- ANDERSON, M. D.; RIVERA-FERRE, M. Food system narratives to end hunger: extractive versus regenerative. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, v. 49, p. 18-25, 2021.
- ARTAXO, P. Oportunidades e vulnerabilidades do Brasil nas questões do clima e da sustentabilidade. *Revista USP*, n. 135, p. 119-36, 2022.
- ASFAW, B. The role of nuclear power and other alternative energy mixes to mitigate climate change in Ethiopia. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY VIENNA (IAEA). *Climate change and the role of nuclear power*. Proceedings of an international conference. Out. 2019. Disponível em: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1916_web.pdf. Acesso em: 18 nov. 2022.

- ASSAD, E. D. *et al.* Sequestro de carbono e mitigação de emissões de gases de efeito estufa pela adoção de sistemas integrados. In: BUNGENSTAB, D. J. *et al.* (Ed.). *ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta*. Brasília, DF: Embrapa, 2019. p. 153-67. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1112696/1/PLSequestroCarbonoAssad.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2023.
- BAARSCH, F. J. R. *et al.* The impact of climate change on incomes and convergence in Africa, *World Development*, v. 126, p. 104699, 2020.
- BAJZELJ, B. K. S. *et al.* Importance of food-demand management for climate mitigation. *Nature Climate Change*, v. 4, n. 10, p. 924-9, 2014.
- BEACH, R. *et al.* Combining the effects of increased atmospheric carbon dioxide on protein, iron, and zinc availability and projected climate change on global diets: a modelling study. *The Lancet Planetary Health*, v. 3, n. 7, p. e307-e317, 2019.
- BERCHIN, I. I. *et al.* The contributions of public policies for strengthening family farming and increasing food security: the case of Brazil. *Land Use Policy*, v. 82, p. 573-84, 2019.
- BEZNER KERR, R. *et al.* Interplays between changing biophysical and social dynamics under climate change: implications for limits to sustainable adaptation in food systems. *Global Change Biology*, v. 28, n. 11, p. 3580-604, 2022.
- BOEDECKER, J. *et al.* Participatory farm diversification and nutrition education increase dietary diversity in Western Kenya. *Maternal & Child Nutrition*, v. 15, n. 3, p. e12803, 2019.
- BROUWER, I. D.; MCDERMOTT, J.; RUBEN, R. Food systems everywhere: improving relevance in practice. *Global Food Security*, v. 26, p. 10039, 2020.
- BROWN, B.; LLEWELLYN, R.; NUBERG, I. Global learnings to inform the local adaptation of conservation agriculture in Eastern and Southern Africa. *Global Food Security*, v. 17, p. 213-20, 2018.
- CARDUCCI, B. *et al.* Food systems, diets and nutrition in the wake of COVID-19. *Nature Food*, v. 2, n. 2, p. 68-70, 2021.
- CLARK, M. *et al.* Global food system emissions could preclude achieving the 1.5 and 2°C climate change targets. *Science*, v. 370, n. 6517, p. 705-8, 2020.
- CRIPPA, M. *et al.* Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions. *Nature Food*, v. 2, n. 3, p. 198-209, 2021.
- CRONIN, P.; RYAN, F.; COUGHLAN, M. Undertaking a literature review: a step-by-step approach. *British Journal of Nursing*, v. 17, n. 1, p. 38-43. 2008.
- DAINESE, M. *et al.* A global synthesis reveals biodiversity-mediated benefits for crop production. *Science Advances*, v. 5, n. 10, p. eaax0121, 2019.
- ELMQVIST, T. *et al.* Sustainability and resilience for transformation in the urban century. *Nature Sustainability*, v. 2, n. 4, p. 267-73. 2019.

- ERICKSEN, P. Conceptualizing food systems for global environmental change research. *Global Environmental Change*, v. 18, n. 1, p. 234-45, 2008.
- FOLEY, A.; OLABI, A. G. Renewable energy technology developments, trends and policy implications that can underpin the drive for global climate change. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 68, p. 1112-4, 2017.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION DO THE UNITED NATIONS (FAO). *The future of food and agriculture: alternative pathways to 2050*. Roma, 2018. 228 p. Disponível em: <https://www.fao.org/3/I8429EN/i8429en.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2023.
- GIBBONS, L. V. Regenerative – The new sustainable? *Sustainability*, v. 12, n. 13, p. 5483, 2020.
- GILLER, K. *et al.* Regenerative agriculture: an agronomic perspective. *Outlook on Agriculture*, v. 50, n. 1, p. 13-25, 2021.
- GISH, S. Drivers and barriers of the transition to regenerative agriculture within the EU's common agricultural policy reform: comparative analysis with the US farm bill. Independent Study Project (ISP) Collection, p. 1-27, 2022.
- GLIESSMAN, S. Agroecology and social transformation. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, v. 38, n. 10, p. 1125-6, 2014.
- GLIESSMAN, S. How do knowledge systems shape agroecology transitions? *Agroecology and Sustainable Food Systems*, v. 46, n. 8, p. 1115-7, 2022.
- HASEGAWA, K. *et al.* Evaluation of traditional Japanese knotweed mulch farming in the Nishi-Awa steep slope-land agriculture system, Japan. In: *Proceedings of the 5th Conference of East Asia Research Association for Agricultural Heritage Systems*. 2018.
- HEBINCK, A. *et al.* A sustainability compass for policy navigation to sustainable food systems. *Global Food Security*, v. 29, p. 100546, 2021.
- HECKELMAN, A. *et al.* Cultivating climate resilience: a participatory assessment of organic and conventional rice systems in the Philippines. *Renewable Agriculture and Food Systems*, v. 33, n. 3, p. 225-37, 2018.
- HIGH LEVEL PANEL OF EXPERTS (HLPE). *Social protection for food security: a report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security*. Roma, 2012. 100 p.
- HU, Y. *et al.* China's ban on phenylarsonic feed additives, a major step toward reducing the human and ecosystem health risk from arsenic. *Environmental Science & Technology*, v. 53, n. 21, p. 12177-87, 2019.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). *Climate change and land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*. 7 August, 2019. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/08/4.SPM_Approved_Microsite_FINAL.pdf. Acesso em: 7 fev. 2022.

- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). *Report of working group I: the scientific basis*. 2020. Disponível em: <https://archive.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg1/531.htm>. Acesso em: 23 mar. 2024.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). *Climate change 2021: the physical science basis*. Contribution of working group I to the sixth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Genebra, 2021. Disponível em: <https://www.ipcc.ch>. Acesso em: 30 set. 2021.
- IIZUMI, T. Emerging adaptation to climate change in agriculture. In: IIZUMI, T.; HIRATA, R.; MATSUDA, R. (Ed.). *Adaptation to climate change in agriculture – research and practices*. Springer, 2019. p. 3-16.
- JAACKS, L. *et al.* The obesity transition: stages of the global epidemic. *The Lancet Diabetes & Endocrinology*, v. 7, n. 3, p. 231-240, 2019.
- JANES, C.. Failed development and vulnerability to climate change in Central Asia: implications for food security and health. *Asia Pacific Journal of Public Health*, v. 22, n. 3_suppl, p. 236S-245S, 2010.
- JOHNSON, C. *et al.* Biodiversity losses and conservation responses in the Anthropocene. *Science*, v. 356, n. 6335, p. 270-5, 2017.
- KREMEN, C.; MERENLENDER, A. M. Landscapes that work for biodiversity and people. *Science*, v. 362, n. 6412, p. 6020, 2018.
- LACANNE, C.; LUNDGREN, J. Regenerative agriculture: merging farming and natural resource conservation profitably. *Peer. J.*, v. 6, p. e4428, 2018.
- LAL, R. Regenerative agriculture for food and climate. *Journal of Soil and Water Conservation*. v. 75, n. 5, p. 123A-124A, 2020.
- LAMINE, C. Sustainability and resilience in agrifood systems: reconnecting agriculture, food and the environment. *Sociologia Ruralis*, v. 55, n. 1, p. 41-61, 2015.
- LAURIA, V. *et al.* Importance of fisheries for food security across three climate change vulnerable deltas. *Science of the Total Environment*. 640, p. 1566-77, 2018.
- LEITNER, S. *et al.* Closing maize yield gaps in sub-Saharan Africa will boost soil N₂O emissions. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. v. 47, p. 95-105, 2020.
- LOBELL, D. *et al.* Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030. *Science*. v. 319, n. 5863, p. 607-10, 2008.
- LOBOGUERRERO, A. *et al.* Food and earth systems: priorities for climate change adaptation and mitigation for agriculture and food systems. *Sustainability*, v. 11, n. 5, p. 1372, 2019.
- LORING, P. Regenerative food systems and the conservation of change. *Agriculture and Human Values*, v. 39, n. 2, p. 701-13, 2022.
- LIU, Y.; ZHOU, Y. Reflections on China's food security and land use policy under rapid urbanization. *Land Use Policy*, v. 109, p. 105699, 2021.

- MACHADO FILHO, H. *et al.* *Mudança do clima e os impactos na agricultura familiar no Norte e Nordeste do Brasil*. Brasília, DF: Centro Internacional de Políticas para o Crescimento Inclusivo, 2016.
- MARCHETTI, F. F. *et al.* Agroecologia: ciência, movimento político e prática social para mitigação e adaptação às mudanças climáticas. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 18, n. 1, p. 388-415, 2023.
- MARSDEN, T.; FARIOLI, F. Natural powers: from the bio-economy to the eco-economy and sustainable place-making. *Sustainability Science*, v. 10, p. 331-44, 2015.
- MARSDEN, T.; MORAGUES FAUS, A.; SONNINO, R. Reproducing vulnerabilities in agri-food systems: tracing the links between governance, financialization, and vulnerability in Europe post 2007–2008. *Journal of Agrarian Change*, v. 19, n. 1, p. 82-100, 2019.
- MBOW, C.; ROSENZWEIG, C.; BARIONI, H. Food security. In: IPCC. *Climate change and land*. An IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. *INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC)*, 2019.
- MCGUIRE, A. V.; NORTHFIELD, T. D. Tropical occurrence and agricultural importance of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, v. 4, p. 6, 2020.
- MIRZABAEV, A. *et al.* Severe climate change risks to food security and nutrition. *Climate Risk Management*, v. 39, p. 100473, 2023.
- MOHAMMED, A.; WASSIE, S. B.; TEFERI, E. T. Determinants of smallholders' food security status in Kalu district, Northern Ethiopia. *Challenges*, v. 12, n. 2, p. 17, 2021.
- MORAGUES-FAUS, A.; SONNINO, R.; MARSDEN, T. Exploring European food system vulnerabilities: towards integrated food security governance. *Environmental Science and Policy*, v. 75, p. 184-215, 2017.
- MOURA, C. F.; PEREIRA, V. C.; MIRANDA, T. M. Soberania e segurança alimentar e nutricional e a agroecologia: experiências de guardiões de sementes crioulas no Rio Grande do Sul. *Cadernos de Agroecologia*, v. 15, n. 2, 2020.
- MOURA, E. G. *et al.* Improving farming practices for sustainable soil use in the humid tropics and rainforest ecosystem health. *Sustainability*, v. 8, n. 9, p. 841, 2016.
- MUELLER, N. *et al.* Closing yield gaps through nutrient and water management. *Nature*, v. 490, n. 7419, p. 254-7, 2012.
- NEWTON, P. *et al.* What is regenerative agriculture? A review of scholar and practitioner definitions based on processes and outcomes. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, v. 4, p. 194, 2020.
- NICHOLLS, C. I.; ALTIERI, M. A. Agro-ecological bases for the adaptation of agriculture to climate change. *Cuadernos de Investigación UNED*, v. 11, n. 1, p. 55-61, 2019.

- OBERČ, B. P.; ARROYO S. A. *Approaches to sustainable agriculture: Exploring the pathways#-Towards the Future of Farming*. Bruxelas: IUCN EURO, 2020.
- PIMBERT, M. Introduction: thinking about seeds. In: NISHIKAWA; PIMBERT, M. (Ed.). *Seeds for diversity and inclusion: agroecology and endogenous development*. [S. l.]. Palgrave Macmillan, 2022. p. 1-19.
- PENSSAN Rede. (2022). *II Inquérito Nacional sobre Insegurança Alimentar no Contexto da Pandemia da COVID-19 no Brasil [livro eletrônico]: II VIGISAN: relatório final*. Rede Brasileira de Pesquisa em Soberania e Segurança Alimentar – Penssan. São Paulo: Fundação Friedrich Ebert; Rede PENSSAN, 2022
- POPKIN, B. Relationship between shifts in food system dynamics and acceleration of the global nutrition transition. *Nutrition reviews*, v. 75, n. 2, p. 73-82, 2017.
- POSTIGO, C. *et al.* A step forward in the detection of byproducts of anthropogenic organic micropollutants in chlorinated water. *Trends in Environmental Analytical Chemistry*, v. 32, p. e00148, 2021.
- RAGASA, C.; ABERMAN, N.-L.; MINGOTE, C. A. Does providing agricultural and nutrition information to both men and women improve household food security? Evidence from Malawi. *Global Food Security*, v. 20, p. 45-59, 2019.
- RAGHUNATHAN, N. Contrasting climate risks predicted by dynamic vegetation and ecological niche-based models applied to tree species in the Brazilian Atlantic Forest. *Regional Environmental Change*, v. 19, p. 219-32, 2019.
- RHODES, C. Soil erosion, climate change and global food security: challenges and strategies. *Science Progress*, v. 97, n. 2, p. 97-153, 2014.
- RIVERA-AGUILERA, G. *et al.* Las economías solidarias revisadas desde las transformaciones de la subjetividad, la creación de comunidades y la producción de diversidad. *Psico-perspectivas*, v. 19, n. 2, p. 1-6, 2020.
- ROQUE, B. *et al.* Red seaweed (*Asparagopsis taxiformis*) supplementation reduces enteric methane by over 80 percent in beef steers. *PLOS ONE*, v. 16, e0247820, 2021.
- ROSEGRANT, M. *et al.* Agriculture and food security under global change: prospects for 2025/2050. *International Food Policy Research Institute*, v. 89, 2009.
- ROSENZWEIG, C. *et al.* Climate change responses benefit from a global food system approach. *Nature Food*, v. 1, n. 2, p. 94-7,2020.
- RUEL, M.; QUISUMBING, A.; BALAGAMWALA, M. Nutrition-sensitive agriculture: what have we learned so far? *Global Food Security*, v. 17, p. 128-53, 2018.
- SASSI, M.; TRITAL, G. Latent growth curve modelling approach to seasonal and spatial dynamics of food security heterogeneities in rural Lake Naivasha Basin, Kenya. *Food Security*, p. 1-15, 2021.

- SEYMOUR, M.; CONNELLY, S. Regenerative agriculture, and a more-than-human ethic of care: a relational approach to understanding transformation. *Agriculture and Human Values*, v. 40, n. 1, p. 231-244, 2023.
- SILVA, S. P. *A trajetória histórica da segurança alimentar e nutricional na agenda política nacional: projetos, descontinuidades e consolidação*. Brasília, DF; Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 2014.
- SNAPP, S. *et al.* *Agroecology and climate change rapid evidence review. Performance of agroecological approaches in low-and middle-income countries*. Wageningen: CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS), 2021.
- SULZER, M. The future is known. Now what? Using Macbeth to explore the social complexity of the climate crisis and COVID-19. *Changing English*, v. 28, n. 3, p. 271-85, 2021.
- TITTONELL, P. *et al.* Regenerative agriculture – agroecology without politics? *Frontiers in Sustainable Food Systems*, v. 6, p. 844261, 2022.
- TUBIELLO, F. *et al.* Pre-and post-production processes along supply chains increasingly dominate GHG emissions from agri-food systems globally and in most countries. *Earth Syst. Sci. Data Discuss*. 2021.
- VERMEULEN, S. J.; CAMPBELL, B. M.; INGRAM, J. S. S. Climate change and food systems, *Annual Review of Environment and Resources*, v. 37, p. 195-222, 2012.
- WEZEL, A. *et al.* Principios y elementos agroecológicos y sus implicaciones para la transición a sistemas alimentarios sostenibles. *Agronomy for Sustainable Development*, v. 40, n. 40, 2020.
- WHITFIELD, S. *et al.* A framework for examining justice in food system transformations research. *Nature Food*, v. 2, n. 6, p. 383-5, 2021.
- WHITMEE, S. *et al.* Safeguarding human health in the Anthropocene epoch: report of the Rockefeller Foundation-Lancet Commission on planetary health. *The Lancet*, v. 386, n. 10007, p. 1973-2028, 2015.
- WILLET, W. *et al.* Food in the Anthropocene: the EAT-Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet*, v. 393, n. 10170, p. 447-92, 2019.
- WILSON, N. *et al.* Achieving healthy and sustainable diets: a review of the results of recent mathematical optimization studies. *Advances in Nutrition*, v. 10, n. Supplement 4, p. S389-S403, 2019.
- WORLD ECONOMIC FORUM (WEF). *The global risks report 2023*. Genebra, 2023. 98 p.
- WORLD RESOURCES INSTITUTE (WRI). *Criando um futuro alimentar sustentável: menu de soluções para alimentar quase 10 bilhões de pessoas até 2050*. 2018. Disponível em: <https://www.wri.org/research/creating-sustainable-food-future>. Acesso em: 11 jun. 2023.
- YANEY-KELLER, A. *et al.* Patterns of vertebrate biodiversity in a tropical dry and mangrove forest matrix. *Revista de Biología Tropical*, v. 70, n. 1, p. 668-87, 2022.

ZUREK, M.; HEBINCK, A.; SELOMANE, O. Looking across diverse food system futures: implications for climate change and the environment. *Q Open*, v. 1, n. 1, p. q0aa001, 2021.

ZUREK, M.; HEBINCK, A.; SELOMANE, O. Climate change and the urgency to transform food systems. *Science*, v. 376, n. 6600, p. 14, 2022.

CAPÍTULO 15

Ambiente alimentar no transporte público: uma análise sob a perspectiva de idiosincrasias políticas, socioculturais e econômicas

Patrícia Mello Silva¹
André Felipe Simões²

RESUMO

A alimentação vai além do fator biológico, englobando também questões socioeconômicas, políticas e ambientais. Embora deva proporcionar saúde, bem-estar e qualidade de vida, esses aspectos fundamentais são frequentemente negligenciados pelo Estado e por toda a estrutura política e econômica do atual Sistema Alimentar. Como parte desse sistema, o ambiente alimentar exerce influência e contribui para as escolhas alimentares, especialmente quando esses ambientes são compostos por varejistas de alimentos ultraprocessados. Destarte, o estudo de ambientes ali-

-
- 1 A autora agradece à Capes pelo apoio financeiro.
 - 2 O autor agradece à Capes e ao CNPq pelo apoio financeiro, respectivamente, no contexto de Bolsa de Professor Visitante no Exterior (usufruída durante a feitura deste trabalho) e de Bolsa de Produtividade PQ2.

mentares caracterizados pela composição de ultraprocessados e varejistas, como é o caso do sistema de transporte público sobre trilhos de São Paulo, objeto de análise deste trabalho, torna-se cada vez mais relevante, uma vez que esse tipo de ambiente exerce influência sobre as escolhas alimentares e o estado nutricional das pessoas. Nesse contexto, por meio de uma revisão narrativa da literatura, o objetivo deste estudo foi investigar em que medida o ambiente alimentar urbano inerente ao citado objeto interfere e/ou determina o que podemos, enquanto cidadãos, efetivamente acessar. Observou-se que há interesses corporativos no sentido de limitar as ações governamentais em prol de um sistema mais saudável e que, concomitantemente, atenda às necessidades de saúde pública. Conclui-se como de extrema relevância o reconhecimento e a adoção de medidas regulatórias por parte do Estado, particularmente no sentido de proteger e promover a saúde da população; e, concomitantemente, abordando adequadamente todas as doenças crônicas não transmissíveis associadas à má alimentação.

Palavras-chave: ambiente alimentar; alimentos ultraprocessados; transporte público sobre trilhos de São Paulo; externalidades socioeconômicas.

FOOD ENVIRONMENT IN PUBLIC TRANSPORT: AN ANALYSIS FROM THE PERSPECTIVE OF POLITICAL, SOCIOCULTURAL AND ECONOMIC IDIOSYNCRASIES

ABSTRACT

Food goes beyond the biological factor, encompassing socioeconomic, political, and environmental issues. While it should provide health, well-being, and quality of life, the State should address this fundamental aspect and the entire political and economic structure of the current Food System. As part of this system, the food environment influences and contributes to food choices, particularly when these environments consist of retailers of ultra-processed foods. Thus, the study of food environments characterized by the composition of ultra-processed products and retailers, as is the case of the rail-based public transport system in São Paulo, the subject of analysis in this study, becomes increasingly relevant, as this type of environment influences people's food choices and nutritional status. In this context, through a comprehensive narrative literature review, this study aimed to investigate to what extent the urban food environment inherent to the mentioned object interferes with and determines what we, as citizens, can effectively access. It was observed that there are corporate interests in limiting government actions in favor of a healthier system that simultaneously meets public health needs. It was concluded that the State's recognition and adoption of regulatory measures

are critical, especially in protecting and promoting the population's health and, concomitantly, adequately addressing all non-communicable chronic diseases associated with an inadequate diet.

Keywords: food environment; ultra-processed foods; public transport on rails in São Paulo; socioeconomic externalities.

15.1 INTRODUÇÃO

Na transição diária das cidades, emerge um questionamento singular, todavia intrincado, independentemente do horário, do lugar e da condição social: “O que comer?”. A partir desse questionamento (Nestle, 2018; Pollan, 2006), surgiram diversos outros, os quais estão interligados com as infinitas possibilidades de escolhas e que, por vezes, exigem um respaldo profissional e/ou modelos de dietas para nos direcionar (Pollan, 2006).

A alimentação é, sem dúvida, um aspecto biológico (obtenção de nutrientes) fundamental para a sobrevivência e o funcionamento adequado do corpo humano. Para além disso, a construção das dietas alimentares está relacionada a diversos fatores, como a cultura, o meio ambiente, as relações de poder, a geopolítica, a sustentabilidade, o afeto, o prazer e a tradição. As escolhas alimentares estão relacionadas com problemas desafiadores da nossa sociedade, como: pobreza, desigualdade social, racismo, degradação ambiental ou a intensificação das mudanças climáticas; e tudo isso está relacionado à saúde humana coletiva (Nestle, 2018; Ziegler, 2013).

As transformações no sistema alimentar, durante a década de 1990, influenciadas pela globalização e pela financeirização da economia, aceleraram o processo de oligopólio do sistema alimentar global (Wilkinson, 2022). Os novos produtos lançados pelas indústrias, os ultraprocessados, gerados por meio de alterações nutricionais, trouxeram preocupações em relação ao impacto nas dietas alimentares, abrindo, assim, espaço para questionamentos sobre a maneira com a qual estávamos produzindo alimentos e qual era o efeito desses processos sobre a saúde, a justiça, o meio ambiente e sobre as tradições alimentares (Monteiro *et al.*, 2018; Moubarac *et al.*, 2014; Patel, 2012; Wilkinson, 2022).

A popularização dos ultraprocessados tem relação direta com o estilo de vida das populações, sobretudo nas metrópoles, mas também possui relação com os valores de custo tanto de fabricação quanto com os valores de venda dos alimentos ultraprocessados. A abundância de alimentos nos supermercados e nos espaços alimentares urbanos é uma consequência da globalização e da intensificação comercial, que promovem a disseminação de padrões alimentares homogeneizados pelas grandes cadeias multinacionais (McMichael, 2016; Nestle, 2018; Niederle; Wesz Junior, 2018; Scrinis, 2021). Associados a esse contexto, ressalta-se que a escassez de tempo e a demanda crescente por refeições fora de casa resultaram em uma oportunidade para o surgimento e o consumo de alimentos “prontos pro consumo” e acessíveis tanto em termos físicos quanto financeiros (Carneiro, 2005; Pollan, 2006).

A partir do exemplo de como esses múltiplos fatores se manifestam, nos resultados do estudo de Canella *et al.* (2015) – que discorre sobre o número crescente de indivíduos que realizam as refeições fora de suas casas com a distribuição de restaurantes,

bares e lanchonetes no município de São Paulo – pode-se inferir sobre o consumo de alimentos ultraprocessados em zonas mais densas de transporte público e com maior circulação de pessoas. No presente estudo, observações livres in loco também foram adotadas, o que permitiu maior profundidade analítica. Assim, foi possível perceber como os ambientes, somados às redes humanas, afetam o consumo [aumento] de alimentos de alto teor energético.

Já no estudo conduzido por Franco *et al.* (2021), foi identificado que, nas estações do metrô de São Paulo, o ambiente alimentar é caracterizado pela disponibilidade e acessibilidade financeira a alimentos ultraprocessados. Tal situação pode ter um efeito adverso sobre os padrões alimentares cotidianos de um número substancial de indivíduos que utilizam o meio de transporte. A disponibilidade abundante de alimentos ultraprocessados, oferecidos a preços acessíveis, dentro de ambientes fechados com um fluxo contínuo de pessoas, pode se converter em um obstáculo para se tomarem decisões alimentares saudáveis, resultando em uma ameaça significativa tanto à promoção da segurança alimentar e nutricional (SAN) (Franco *et al.*, 2021) quanto à soberania alimentar.

Diversos estudos internacionais, incluindo pesquisas de Burgoine e Monsivais, (2013), Finlay *et al.* (2022), Franco *et al.* (2021), Glanz *et al.* (2007), Robertson *et al.* (2022), Sainsbury, Colagiuri e Magnusson (2017), têm enfatizado a influência da publicidade em ambientes de transporte público. Os resultados indicam que anúncios nas paradas e ao longo de rotas diárias estão associados a um aumento da exposição a alimentos não saudáveis. Essas publicidades também estimulam decisões impulsivas de compra, normalizam escolhas alimentares não saudáveis, moldam percepções e atitudes em relação à comida e, conseqüentemente, dificultam a escolha de alimentos saudáveis (Kelly *et al.*, 2012; Lucan *et al.*, 2017; Moore *et al.*, 2013; Settle; Cameron; Thornton, 2014). Destarte, a promoção da saúde e a prevenção de doenças crônicas não transmissíveis estão intrinsecamente relacionadas ao acesso a alimentos saudáveis, frescos e nutritivos. No entanto, em ambientes urbanos, especialmente em áreas de alta circulação de pessoas, como as proximidades de sistemas de transporte público, predominam alimentos ultraprocessados em detrimento das opções saudáveis (Canella *et al.*, 2015; Franco *et al.*, 2021). Portanto, a análise do ambiente alimentar urbano, especialmente em zonas de transição, e suas complexas interações com a saúde coletiva, é crucial para desenvolver estratégias eficazes que promovam hábitos alimentares saudáveis e melhorem a qualidade de vida nas áreas urbanas.

A expectativa é que, até 2050, cerca de 70% da população estará vivendo em áreas urbanas, tornando as cidades ambientes dinâmicos e complexos, onde as conexões entre saúde, determinantes sociais e meio ambiente se tornam cada vez mais evidentes (Rydin *et al.*, 2012). Essa tendência oferece uma oportunidade única para se

compreenderem as interações entre esses fatores e se implementarem soluções por meio de abordagens intersetoriais, que envolvem diversos setores governamentais, organizações da sociedade civil e a comunidade local. Tais abordagens têm mostrado eficácia na promoção da saúde nas áreas urbanas (Ramirez-Rubio *et al.*, 2019). E, para isso, requer a implementação de políticas públicas apropriadas, conscientização sobre a importância das escolhas alimentares e a criação de ambientes que facilitem o acesso a alimentos saudáveis. É relevante assegurar que a oferta de alimentos em ambientes de transição, como os sistemas de transporte público, seja diversificada e inclua opções saudáveis, a fim de encorajar a adoção de uma dieta equilibrada (Franco *et al.*, 2021).

Desse modo, o objetivo desta pesquisa é aprofundar a discussão acerca da venda de produtos alimentícios em espaços públicos, especialmente no ambiente alimentar do transporte público sobre trilhos da cidade de São Paulo, enfatizando implicações do consumo de alimentos ultraprocessados na saúde coletiva.

15.1.1 Ambiente alimentar

Os sistemas alimentares se referem ao processo de produção de produtos agrícolas alimentares e não alimentares, e às atividades que estão interligadas, desde a produção primária até a obtenção e consumo do produto final pelo indivíduo (Campanhola; Pandey, 2019; FAO, 2021). Dentro desse contexto, o ambiente alimentar desempenha um papel crucial na determinação do acesso aos alimentos e, conseqüentemente, na qualidade da alimentação (Caspi *et al.*, 2012; HLPE, 2017).

O ambiente alimentar se refere aos contextos físico, econômico, político e socio-cultural em que os consumidores interagem com os sistemas alimentares, desde a aquisição até o consumo dos alimentos (HLPE, 2014). O contexto físico abrange a disponibilidade, a qualidade e as promoções dos alimentos. O contexto econômico diz respeito aos custos envolvidos. O contexto político engloba as políticas governamentais e da indústria alimentícia. E o contexto sociocultural está relacionado às normas e aos comportamentos sociais em relação à alimentação. Todos esses contextos influenciam as escolhas alimentares e o estado nutricional, junto com as oportunidades e condições individuais ou grupais de cada pessoa (Swinburn; Egger, 2002). A obesogenicidade do ambiente foi definida como a soma das influências que as circunstâncias, oportunidades ou condições de vida têm sobre a promoção da obesidade em indivíduos ou populações (Swinburn; Egger, 2002). Todos esses fatores podem influenciar o comportamento alimentar das pessoas de maneiras diferentes e complexas.

A influência do ambiente alimentar na saúde e no bem-estar das pessoas tem sido objeto de estudos, com destaque para as interações entre as redes sociais e as regiões

socioeconômicas desfavorecidas (Cummins *et al.*, 2010; Duran *et al.*, 2013; Franco *et al.*, 2009; Jaime *et al.*, 2011; Latham; Moffat, 2007; Moore; Diez Roux, 2006). Outras pesquisas exploram a proximidade, a quantidade e os tipos de estabelecimentos comerciais em áreas residenciais, revelando que a disponibilidade de alimentos saudáveis e a facilidade de acesso a eles estão relacionadas a níveis mais baixos de obesidade (D'Angelo *et al.*, 2011; Gittelsohn *et al.*, 2013; Glanz *et al.*, 2007; Holsten, 2009; Rose; Richards, 2004; Rundle *et al.*, 2009).

Esses resultados, junto com outros estudos, destacam a importância de se considerarem o ambiente alimentar e as redes sociais ao se proporem e implementarem intervenções, como políticas públicas voltadas para uma alimentação saudável, que garantam a eficácia e a aplicabilidade dos recursos utilizados nas intervenções. Concentrar esforços nessas áreas pode ter um impacto relevante na promoção de escolhas alimentares adequadas para a população, especialmente quando a autonomia das escolhas é prejudicada pela escassez de diversidade entre opções saudáveis e não saudáveis (Canella *et al.*, 2015; Franco *et al.*, 2021; Vradis; Bartholl; Filippidis, 2021).

15.2 METODOLOGIA

O presente estudo empregou uma abordagem de revisão narrativa para investigar as inter-relações entre o ambiente alimentar e o consumo de alimentos ultraprocessados no sistema de transporte público sobre trilhos da cidade de São Paulo. A revisão narrativa é uma modalidade de revisão bibliográfica cujo propósito é analisar e sintetizar a literatura existente sobre um tema específico de maneira descritiva e interpretativa. Diferentemente das revisões sistemáticas ou meta-análises, que adotam abordagens sistemáticas e quantitativas, a revisão narrativa se concentra em identificar, avaliar e resumir os principais estudos e argumentos relacionados ao tópico de interesse. Ao contrário das revisões sistemáticas, que seguem protocolos rigorosos para busca e seleção de estudos, a revisão narrativa normalmente apresenta maior flexibilidade em relação aos critérios de inclusão e exclusão, e à análise dos resultados. Isso permite uma abordagem mais interpretativa, na qual os pesquisadores podem explorar diversas perspectivas, teorias e modelos para compreender a complexidade do tema em questão (Rother, 2007).

A etapa inicial compreendeu a definição de termos-chave pertinentes, como “ambiente alimentar” e “transporte público”, para conduzir a busca em bases de dados acadêmicas, incluindo PubMed, Biblioteca Virtual em Saúde, Scopus e Scielo, entre outras relevantes. Os termos “saúde pública”, “soberania alimentar”, “saúde coletiva”, “alimentos ultraprocessados”, “segurança alimentar”, “consumo alimentar” e “políticas públicas” também foram empregados para refinar as buscas. Após a triagem dos títulos e resumos, foram selecionados 58 estudos dos 250 inicialmente

encontrados para uma revisão completa. A análise narrativa dos estudos permitiu identificar padrões e insights sobre a influência do ambiente alimentar nas escolhas alimentares. A seleção criteriosa dos estudos considerou a relevância das publicações para a relação estudada, priorizando estudos que exploraram a interação entre ambiente alimentar e consumo de alimentos, especialmente em contextos urbanos, bem como políticas públicas relacionadas ao acesso a alimentos saudáveis. A revisão narrativa proporcionou uma análise interpretativa da literatura existente, permitindo a exploração de teorias, modelos analíticos e perspectivas diversas para compreender a complexa dinâmica entre o ambiente alimentar e os hábitos alimentares no cenário do transporte público sobre trilhos em São Paulo.

15.3 RESULTADOS

A relevância da análise dos ambientes alimentares presentes nas estações de transporte público sobre trilhos é devida à sua capacidade de exercer influências substanciais nos hábitos alimentares diários dos indivíduos, principalmente ao ter um número considerável – cerca de 155 unidades³ de comércios de alimentos no interior das estações do metrô e 22 unidades⁴ nas estações da CPTM, como quiosques, lanchonetes, lojas e *vending machines* (Figura 15.1). Esse ambiente faz parte, assim como as residências, as áreas de lazer, os parques e a iluminação, dos ambientes construídos nas cidades, os quais podem influenciar de forma significativa, de modo que a alimentação seja mais ou menos saudável e adequada (Claro *et al.*, 2007; Diez Roux; Mair, 2010; Jaime; Monteiro, 2005; Morland *et al.*, 2002).

3 De acordo com o metrô de São Paulo, atualmente existem 155 unidades de comércio distribuídos entre as linhas: 1 (Azul); 2 (Verde); 3 (Vermelha); e 15 (Prata). Essas informações foram coletadas por meio do pedido ao Serviço de Informação ao Cidadão (SIC) de número 650372313240.

4 A CPTM informou, por meio do pedido 470142312808, que existem 22 estabelecimentos alimentares nas estações.



Figura 15.1 Comércios existentes no transporte público sobre trilhos da cidade de São Paulo.

Fonte: arquivo pessoal dos autores, 2023.

Essa influência pode ser percebida por meio dos cinco fatores descritos por Caspi *et al.* (2012): disponibilidade (abastecimento de alimentos); acessibilidade (localização dos estabelecimentos e meios para chegar até eles); acessibilidade financeira (preços dos alimentos e percepção dos indivíduos); aceitabilidade (atitudes dos indivíduos em relação aos atributos do ambiente alimentar local e se o abastecimento de alimentos está ou não atingindo os padrões aceitáveis por esses indivíduos); e acomodação (o quanto as necessidades dos indivíduos estão sendo cumpridas pelos estabelecimentos de alimentos locais) e pelo alto potencial de impacto que os estabelecimentos físicos exercem sobre as escolhas alimentares e na saúde dos indivíduos (Borges; Cabral-Miranda; Jaime, 2018).

No que tange aos estabelecimentos físicos, até o término deste trabalho (mês de fevereiro de 2024), foi possível verificar, também com base no estudo de Franco *et al.* (2021), que os alimentos de conveniência (biscoitos doces e salgados com ou sem recheio, salgadinhos, chocolates, bebidas açucaradas), estavam disponíveis em 100% dos 66 estabelecimentos distribuídos em 19 estações de metrô de São Paulo. Essa presença se estendia não apenas às bombonieres, mas também abrangia todas as *vending machines*, lanchonetes e cafeterias. Portanto, esse tipo de produto estava presente em todos os pontos comerciais de alimentos examinados. Na maioria das situações (75,6%), esses alimentos eram dispostos próximos aos pontos de pagamento. De acordo com essa mesma pesquisa, mais de 80% dos estabelecimentos comercializavam pelo menos um tipo de alimento não saudável, e mais de 50% vendiam bebidas ultraprocessadas. Opções saudáveis incluíam frutas, presentes em 10% das lanchonetes e 4,8% das *vending machines*, e hortaliças, disponíveis apenas como parte de preparações, como sanduíches, em 50% das lanchonetes. Bebidas saudáveis incluíam água mineral, presente em 100% das cafeterias, 85,7% das *vending machines*, 80% das lanchonetes e 40,6% das bombonieres, e suco natural da fruta,

encontrado em 20% das lanchonetes. Itens não saudáveis incluíam sanduíches, presentes em 70% das lanchonetes, 66,7% das cafeterias e 9,5% das *vending machines*; salgados fritos e assados, disponíveis em 100% das cafeterias e 90% das lanchonetes; e refrescos adoçados em bombonas, encontrados em 100% das cafeterias e 60% das lanchonetes (Franco *et al.*, 2021).

Além da influência dos estabelecimentos físicos, é preciso levar em consideração as publicidades que existem nesses lugares, seja por meio de banners, outdoors, painéis eletrônicos, ao longo do caminho ou nos próprios estabelecimentos. Ortigoza (2001, p. 20), destaca que anúncios visuais integram uma estratégia do “mundo da mercadoria”, criando espaços modernos e ágeis para atender à falta de tempo nas cidades. As propagandas habilmente instigam necessidades e comportamentos, resultando em uma população “viciados em marcas, especialmente de comidas, bebidas, vestuário etc., produtos da cultura material elevados à condição de veículos de valores abstratos ou de compulsões introjetadas como parte de uma indução deliberada do vício alimentar” (Carneiro, 2005, p. 74-75). Essas táticas midiáticas são componentes de uma engrenagem produtiva que obscurece o real significado de alimento e alimentação, promovendo produtos da moda com metas de marketing frequentemente em desacordo com a saúde pública (Nestle, 2018).

A organização dos ambientes alimentares está diretamente relacionada aos grupos de interesses. Estudos recentes (Caivano *et al.*, 2017; Mariath; Martins, 2020, p. 07) demonstram que a indústria de alimentos ultraprocessados pertence a um grupo de interesse que possui grande poder econômico e político, agindo com o objetivo de “moldar as políticas públicas de alimentação e nutrição a seu favor”. Essa capacidade de reorganização do sistema público está ligada à alta disponibilidade de recursos e à organização estratégica da política corporativa (Gomes, 2015; Mariath; Martins, 2020; Stuckler; Nestle, 2012).

Mariath e Martins (2020) indicam que o setor utiliza várias estratégias, como informações positivas, incentivos financeiros a políticos, moldagem de opinião pública, enfraquecimento de críticos e processos judiciais, visando a proteger interesses e influenciar ações políticas a seu favor. Essas empresas exercem uma notável influência nas atitudes, percepções e preferências individuais. Decisões que impactam a saúde são moldadas por influências pragmáticas, valores pessoais e hierarquias complexas. A pesquisa de Bhawra *et al.* (2015) revela as dificuldades de se adotar uma alimentação saudável alinhada à cultura, dadas as barreiras como inacessibilidade a alimentos saudáveis, complexidades da baixa renda, dependência do transporte público e limitações na obtenção de alimentos frescos.

Assim, é necessário ampliar o estudo relacionando ao ambiente alimentar das estações do transporte público da cidade de São Paulo, uma vez que elas também

fazem parte das engrenagens do sistema alimentar (Nestle, 2018). O número crescente desses comércios dentro das estações do transporte público é também significativo devido à praticidade (pronto para o consumo) em um ambiente dinâmico, porém, eles geram impactos negativos à saúde ao serem frequentados com regularidade, além de limitarem a autonomia das escolhas alimentares por meio da falta de diversidade entre alimentos saudáveis e não saudáveis (Franco *et al.*, 2021; Vradis; Bartholl; Filippidis, 2021).

A autonomia das escolhas alimentares e a soberania de uma população estão ligadas à capacidade de se produzirem alimentos de acordo com sua cultura e seu estilo de vida em cada território. Harvey (2008) defende a importância de uma luta coletiva por uma cidade mais inclusiva e justa, na qual a mobilização social e a formação de movimentos urbanos desempenhem um papel fundamental na reivindicação do direito à cidade. Isso implica a participação ativa dos cidadãos nas decisões urbanas, na democratização do planejamento urbano e na promoção de políticas que priorizem o bem-estar coletivo em vez do lucro privado. Segundo Harvey, (2008), Claro *et al.* (2007) e Vradis, Bartholl e Filippidis (2021), o desenho urbano, incluindo os ambientes alimentares, é afetado por mecanismos de governança, como ações políticas e incentivos econômicos. Essas ações, combinadas com fatores macro e microsociais, contribuem para a desigualdade urbana.

Sob a égide de tais considerações, é necessário estudar as relações entre Estado e as corporações que controlam o sistema alimentar e, sobretudo, como o acesso a alimentos nas cidades, por meio dos ambientes alimentares, interferem e/ou determinam o que podemos, enquanto cidadãos, efetivamente acessar (Caivano *et al.*, 2017; Mariath; Martins, 2020; Mialon *et al.*, 2021; Vradis; Bartholl; Filippidis, 2021). No caso, das estações do transporte público, não há controle, exceto sanitário, do que será comercializado. De acordo com as duas instituições que controlam as operações, os espaços destinados ao uso de comércios são autorizados por meio do processo licitatório público ou concessão de uso para a iniciativa privada. A análise e o estudo sobre o que comercializar ficam sob responsabilidade da iniciativa privada.⁵

15.4 DISCUSSÃO

A homogeneização e a mercantilização do alimento pelo atual sistema alimentar têm dificultado as escolhas alimentares e restringido a manifestação cultural dos povos, principalmente no que diz respeito à cultura e ao estilo de vida. Ao analisarmos a situação sob a perspectiva da soberania alimentar, surge a questão de se as escolhas

5 Dados colhidos pelo SIC por meio dos protocolos 58091238689, 56622238681, 58229238692 e 57311238684.

nesses ambientes – como o transporte público sobre trilhos em São Paulo – são meramente determinadas pelas preferências individuais ou se há uma engrenagem no sistema alimentar que influencia o consumo de certos produtos. Na verdade, este capítulo sugere que o cerne da questão reside no entendimento de quão eficiente é essa engrenagem. É necessário estudar como os comércios alimentícios se apropriam dos espaços públicos, uma vez que a ocupação da cidade também ocorre por meio do direito de nos alimentarmos com dignidade, respeito, segurança e de forma nutricional adequada.

Quando falamos de alimentos e, de forma mais abrangente, de alimentação, também estamos nos referindo à vida e a todas as condições necessárias para que os indivíduos vivam de maneira saudável e livre. O sistema alimentar atual e a indústria alimentícia têm se mostrado cada vez mais frágeis e ineficientes para a grande maioria da população mundial. Mesmo diante de avanços tecnológicos significativos, eles priorizam o lucro em curto prazo, resultando em fome, desnutrição e obesidade, devido à produção, distribuição e comercialização de alimentos com baixo valor nutricional. Concordamos com Castro (2008) e Ziegler (2013), os quais apontam que a insegurança alimentar possui raízes políticas e econômicas, baseadas em um sistema excludente, especialmente nos países do Sul Global. “A fome é um produto dos homens e pode ser vencida pelos homens”, e somente eles serão capazes de reorganizar todo o sistema econômico e social, adotando ações concretas e coletivas para garantir o direito de acesso a uma alimentação adequada e saudável em todas as camadas sociais (Ziegler 2013, p. 28).

A produção de alimentos pelos oligopólios, envolvendo sua produção, processamento, distribuição e comercialização, resulta na transformação dos alimentos em meras mercadorias, desprovidas de cultura, história e da participação humana como parte integrante da natureza. Sem essas dimensões essenciais, os alimentos se tornam apenas um instrumento de busca pelo lucro no mercado, distante dos princípios estabelecidos na Declaração Universal dos Direitos Humanos (1948) e, portanto, incapazes de promover a soberania popular.

A atuação da indústria alimentícia exerce uma influência significativa nas políticas públicas em todo o mundo. Essa indústria faz parte do poder financeiro em larga escala, detendo um elevado poder econômico, político e, em alguns casos, geopolítico. Nesse contexto, a indústria alimentícia molda, em certa medida, as políticas relacionadas à alimentação e à nutrição de acordo com seus próprios interesses, visando a maximizar seus lucros no menor tempo possível. Isso, evidentemente, vai contra a qualquer estratégia ou ação voltada para a minimização dos impactos socioambientais negativos.

Por esses motivos, demandam-se o reconhecimento e a adoção de medidas regulatórias por parte do Estado, particularmente no sentido de proteger e promover a saúde da população; e, concomitantemente, abordando adequadamente as questões da *Sindemia Global*⁶ e todas as doenças crônicas não transmissíveis associadas à má alimentação. Fica claro que o poder dessas empresas, como um grupo de interesse, influencia amplamente nas decisões governamentais e afeta a saúde pública como um todo. Destarte, a *Sindemia Global* é agravada não apenas pelo aumento de todas as doenças crônicas não transmissíveis relacionadas à alimentação, mas também devido à forte e indissociável relação com os ambientes alimentares e pela maneira pela qual as populações se relacionam com esses ambientes, dentre eles, o ambiente alimentar de transição.

A presente pesquisa desempenhou o objetivo de aprofundar a discussão acerca da venda de produtos alimentícios em espaços públicos, com enfoque específico no contexto do transporte público sobre trilhos da cidade de São Paulo, enfatizando implicações do consumo de alimentos ultraprocessados na saúde coletiva. Outrossim, buscou-se explorar de que maneira as políticas públicas podem desempenhar um papel na promoção de hábitos alimentares mais saudáveis para a população que utiliza esses espaços, especialmente considerando-se a realidade das grandes cidades. Nesse contexto, a análise do ambiente alimentar no sistema de transporte público sobre trilhos de São Paulo revelou que o uso desses espaços como meio de incentivo ao consumo de alimentos ultraprocessados ocorre de diversas maneiras. Isso engloba a presença significativa de estabelecimentos de venda de alimentos, bem como estratégias agressivas de marketing que frequentemente induzem ao consumo. Além disso, a facilidade de acesso a esses produtos, mesmo que não saudáveis, desempenha um papel relevante. À medida que consideramos todas essas variáveis, torna-se evidente a influência da indústria de alimentos ultraprocessados, que muitas vezes contribui para a intensificação do conflito entre a soberania alimentar e o aumento do consumo desses alimentos.

Diante dessas considerações, surge a indagação sobre como as cidades podem estruturar ambientes construídos que promovam o bem-estar e incentivem escolhas alimentares saudáveis nos espaços públicos e de transição, como é o caso do transporte público sobre trilhos. E, da mesma maneira, surge a pergunta sobre se as políticas públicas podem contribuir por meio da regulação da oferta de alimentos nesses espaços, da promoção de informações nutricionais claras e da implementação de campanhas educativas que abordem os riscos associados ao consumo excessivo de

6 *Sindemia Global* é o conjunto das pandemias de obesidade, desnutrição e mudanças climáticas decorrentes do sistema alimentar e dos fatores sociais.

alimentos ultraprocessados. Em última análise, este estudo buscou contribuir para a compreensão das complexas interações entre o ambiente alimentar, as políticas públicas e a saúde coletiva, especialmente em ambientes urbanos.

REFERÊNCIAS

- BHAWRA, J. *et al.* Community perspectives on food insecurity and obesity: focus groups with caregivers of métis and off-reserve first nations children. *International Journal for Equity in Health*, v. 14, n. 1, p. 96, dez. 2015.
- BORGES, C.; CABRAL-MIRANDA, W.; JAIME, P. C. Urban food sources and the challenges of food availability according to the Brazilian dietary guidelines recommendations. *Sustainability*, v. 10, n. 12, p. 4643, dez. 2018.
- BURGOINE, T.; MONSIVAIS, P. Characterising food environment exposure at home, at work, and along commuting journeys using data on adults in the UK. *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, v. 10, p. 85, 27 jun. 2013.
- CAIVANO, S. *et al.* Conflitos de interesses nas estratégias da indústria alimentícia para aumento do consumo de alimentos ultraprocessados e os efeitos sobre a saúde da população brasileira. *DEMETRA: Alimentação, Nutrição & Saúde*, v. 12, n. 2, p. 349-60, maio 2017.
- CAMPANHOLA, C.; PANDEY, S. *Sustainable food and agriculture*. Roma: Elsevier, 2019. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/C20160012123>. Acesso em: 16 maio 2023.
- CANELLA, D. S. *et al.* Does the circulation of people influence the availability of restaurants, bars and snack bars? Findings from the city of São Paulo. *DEMETRA: Alimentação, Nutrição & Saúde*, v. 10, n. 1, p. 109-18, 24 abr. 2015.
- CARNEIRO, H. S. Comida e sociedade: significados sociais na história da alimentação. *História: Questões & Debates*, v. 42, n. 1, p. 71-80, jun. 2005.
- CASPI, C. *et al.* The local food environment and diet: a systematic review. *Health & Place*, v. 18, n. 5, p. 1172-87, set. 2012.
- CASTRO, J. *Geografia da fome – o dilema brasileiro: pão ou aço*. 8. ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2008.
- CHONCHOL, J. A soberania alimentar. *Estudos Avançados*, v. 19, n. 55, p. 33-48, 1 dez. 2005.
- CLARO, R. M. *et al.* Renda, preço dos alimentos e participação de frutas e hortaliças na dieta. *Revista de Saúde Pública*, v. 41, n. 4, p. 557-64, ago. 2007.
- CUMMINS, S. *et al.* Neighbourhood deprivation and the price and availability of fruit and vegetables in Scotland. *Journal of Human Nutrition and Dietetics: The Official Journal of the British Dietetic Association*, v. 23, n. 5, p. 494-501, out. 2010.

- D'ANGELO, H. *et al.* Access to food source and food source use are associated with healthy and unhealthy food-purchasing behaviours among low-income African-American adults in Baltimore City. *Public Health Nutrition*, v. 14, n. 9, p. 1632-39, set. 2011.
- DIEZ ROUX, A. V.; MAIR, C. Neighborhoods and health. *Annals of the New York Academy of Sciences*, v. 1186, n. 1, p. 125-45, 2010.
- DURAN, A. C. *et al.* Neighborhood socioeconomic characteristics and differences in the availability of healthy food stores and restaurants in Sao Paulo, Brazil. *Health & Place*, v. 23, p. 39-47, 1º set. 2013.
- FAO. *The state of food and agriculture 2021: making agrifood systems more resilient to shocks and stresses*. Roma: FAO, 2021. Disponível em: <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cb4476en>. Acesso em: 05 abr. 2023.
- FINLAY, A. H. *et al.* An analysis of food and beverage advertising on bus shelters in a deprived area of Northern England. *Public Health Nutrition*, v. 25, n. 7, p. 1-12, 3 jan. 2022.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). *The state of food and agriculture 2021: making agrifood systems more resilient to shocks and stresses*. Roma, 2021. Disponível em: <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cb4476en>. Acesso em: 5 abr. 2023.
- FRANCO, J. V. *et al.* Food environment at subway stations: a study in the municipality of São Paulo, Brazil. *Ciencia & Saude Coletiva*, v. 26, n. 8, p. 3187-98, 2021.
- FRANCO, M. *et al.* Availability of healthy foods and dietary patterns: the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis. *The American Journal of Clinical Nutrition*, v. 89, n. 3, p. 897-904, mar. 2009.
- GITTELSON, J. *et al.* A food store-based environmental intervention is associated with reduced bmi and improved psychosocial factors and food-related behaviors on the Navajo Nation. *The Journal of Nutrition*, v. 143, n. 9, p. 1494-1500, set. 2013.
- GLANZ, K. *et al.* Nutrition environment measures survey in stores (NEMS-S): development and evaluation. *American Journal of Preventive Medicine*, v. 32, n. 4, p. 282-9, abr. 2007.
- GOMES, F. S. Conflitos de interesse em alimentação e nutrição. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 31, p. 2039-46, out. 2015.
- HARVEY, D. The right to the city. *New Left Review*, n. 53, p. 23-40, 1º out. 2008.
- HIGH LEVEL PANEL OF EXPERTS (HLPE). *Food losses and waste in the context of sustainable food systems*. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security. Roma, 2014. Disponível em: <https://www.fao.org/3/i3901e/i3901e.pdf>. Acesso em: 16 maio 2023.
- HIGH LEVEL PANEL OF EXPERTS (HLPE). *Nutrition and food systems*. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World

- Food Security. Roma, 2017. Disponível em: <https://www.fao.org/documents/card/en/c/I7846E>. Acesso em: 20 maio 2023.
- HOLSTEN, J. E. Obesity and the community food environment: a systematic review. *Public Health Nutrition*, v. 12, n. 3, p. 397-405, mar. 2009.
- JAIME, P. C.; MONTEIRO, C. A. Fruit and vegetable intake by Brazilian adults, 2003. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 21, n. suppl 1, p. S19-S24, 2005.
- JAIME, P. C. *et al.* Investigating environmental determinants of diet, physical activity, and overweight among adults in Sao Paulo, Brazil. *Journal of Urban Health: Bulletin of the New York Academy of Medicine*, v. 88, n. 3, p. 567-81, jun. 2011.
- KELLY, B. *et al.* Derailing healthy choices: an audit of vending machines at train stations in NSW. *Health Promotion Journal of Australia: Official Journal of Australian Association of Health Promotion Professionals*, v. 23, n. 1, p. 73-5, abr. 2012.
- LATHAM, J.; MOFFAT, T. Determinants of variation in food cost and availability in two socioeconomically contrasting neighbourhoods of Hamilton, Ontario, Canada. *Health & Place, Part Special Issue: Environmental Justice, Population Health, Critical Theory and GIS*, v. 13, n. 1, p. 273-87, 1º mar. 2007.
- LUCAN, S. C. *et al.* Unhealthful food-and-beverage advertising in subway stations: targeted marketing, vulnerable groups, dietary intake, and poor health. *Journal of Urban Health: Bulletin of the New York Academy of Medicine*, v. 94, n. 2, p. 220-32, abr. 2017.
- MARIATH, A. B.; MARTINS, A. P. B. Atuação da indústria de produtos ultraprocessados como um grupo de interesse. *Revista de Saúde Pública*, v. 54, p. 107, 14 dez. 2020.
- McMICHAEL, P. *Regimes alimentares e questões agrárias*. São Paulo: Editora Unesp, 2016.
- MIALON, M. *et al.* A consistent stakeholder management process can guarantee the “social license to operate”: mapping the political strategies of the food industry in Brazil. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 37, n. suppl 1, p. e00085220, 2021.
- MONTEIRO, C. A. The UN decade of nutrition, the NOVA food classification and the trouble with ultra-processing. *Public Health Nutrition*, v. 21, n. 1, p. 5-17, jan. 2018.
- MOORE, K. *et al.* Home and work neighbourhood environments in relation to body mass index: the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis (MESA). *Journal of Epidemiology and Community Health*, v. 67, n. 10, p. 846-53, out. 2013.
- MOORE, L. V.; DIEZ ROUX, A. V. Associations of neighborhood characteristics with the location and type of food stores. *American Journal of Public Health*, v. 96, n. 2, p. 325-31, fev. 2006.
- MORLAND, K. *et al.* Neighborhood characteristics associated with the location of food stores and food service places. *American Journal of Preventive Medicine*, v. 22, n. 1, p. 23-9, jan. 2002.

- MOUBARAC, J.-C. *et al.* Food classification systems based on food processing: significance and implications for policies and actions: a systematic literature review and assessment. *Current Obesity Reports*, v. 3, n. 2, p. 256-72, 1 jun. 2014.
- NESTLE, M. *Unsavory truth: how food companies skew the science of what we eat*. 1st ed. Nova Iorque: Basic Books, 2018.
- NIEDERLE, P. A.; WESZ JUNIOR, V. J. *As novas ordens alimentares*. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2018.
- ORTIGOZA, S. A. G. *O tempo e o espaço da alimentação no centro da metrópole paulista*. 2001. 208 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. Disponível em: http://www1.rc.unesp.br/igce/newpos/new_geo/downloads/2002/o_tempo.pdf. Acesso em 20 abr. 2023.
- PATEL, R. *Stuffed and starved: the hidden battle for the world food system*. 2nd ed. Nova Iorque: Melville House Pub, 2012.
- POLLAN, M. *The omnivore's dilemma: a natural history of four meals*. Nova Iorque: Penguin Press, 2006.
- RAMIREZ-RUBIO, O. *et al.* Urban health: an example of a “health in all policies” approach in the context of SDGs implementation. *Globalization and Health*, v. 15, n. 1, p. 87, 18 dez. 2019.
- ROBERTSON, T. *et al.* Socio-economic patterning of food and drink advertising at public transport stops in Edinburgh, UK. *Public Health Nutrition*, v. 25, n. 5, p. 1131-39, maio 2022.
- ROSE, D.; RICHARDS, R. Food store access and household fruit and vegetable use among participants in the US Food Stamp Program. *Public Health Nutrition*, v. 7, n. 8, p. 1081-8, dez. 2004.
- ROTHER, E. T. Revisão sistemática X revisão narrativa. *Acta Paulista de Enfermagem*, v. 20, p. v–vi, jun. 2007.
- RUNDLE, A. *et al.* Neighborhood food environment and walkability predict obesity in New York City. *Environmental Health Perspectives*, v. 117, n. 3, p. 442-7, mar. 2009.
- RYDIN, Y. *et al.* Shaping cities for health: complexity and the planning of urban environments in the 21st century. *The Lancet*, v. 379, n. 9831, p. 2079-2108, 2 jun. 2012.
- SAINSBURY, E.; COLAGIURI, S.; MAGNUSSON, R. An audit of food and beverage advertising on the Sydney metropolitan train network: regulation and policy implications. *BMC Public Health*, v. 17, n. 1, p. 490, 22 maio 2017.
- SCRINIS, Gyorgy. *Nutricionismo: a ciência e a política do aconselhamento nutricional*. São Paulo: Elefante, 2021.
- SETTLE, P. J.; CAMERON, A. J.; THORNTON, L. E. Socioeconomic differences in outdoor food advertising at public transit stops across Melbourne suburbs. *Australian and New Zealand Journal of Public Health*, v. 38, n. 5, p. 414-8, out. 2014.

- STUCKLER, D.; NESTLE, M. Big food, food systems, and global health. *PLOS Medicine*, v. 9, n. 6, p. e1001242, 19 jun. 2012.
- SWINBURN, B.; EGGER, G. Preventive strategies against weight gain and obesity. *Obesity Reviews: an Official Journal of the International Association for the Study of Obesity*, v. 3, p. 289-301, 1 dez. 2002.
- VRADIS, A.; BARTHOLL, T.; FILIPPIDIS, C. *Favela, resistência e a luta pela soberania alimentar*. Rio de Janeiro: Consequência, 2021.
- WILKINSON, J. *O sistema agroalimentar global e brasileiro face à nova fronteira tecnológica e às novas dinâmicas geopolíticas e de demanda*. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz, 2022. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/52363>. Acesso em: 15 abr.2023.
- ZIEGLER, J. *Destrução em massa – geopolítica da fome*. São Paulo: Cortez, 2013.

CAPÍTULO 16

Riscos, vulnerabilidades, desigualdades e (in)justiça ambiental: o caso da comunidade Jardim Keralux (São Paulo-SP)

Jackson Cruz Magalhães

Sylmara Lopes Francelino Gonçalves-Dias

RESUMO

A comunidade Jardim Keralux, localizada na zona leste do município de São Paulo, é atravessada por uma multiplicidade de questões que, envolvendo a área socioambiental, configuram-se como problemas latentes: a escassez de serviços e equipamentos; o histórico de injustiça ambiental; os riscos e as vulnerabilidades socioambientais. Este capítulo busca, a partir do histórico de ocupação e estabelecimento da comunidade, trazer aspectos que conduziram a uma realidade marcada por risco, vulnerabilidade e injustiça ambiental, fatores importantes para que sejam pensadas estratégias de mitigação desses impactos. Percebeu-se que o estabelecimento da população em área contaminada, a partir da compra de lotes provenientes de grileiros, e a ausência de infraestrutura que atenda às necessidades, em sua integralidade, da população ali estabelecida, são fatores cruciais e que potencializam a exposição a riscos e vulnerabilidades socioambientais dessa população.

Palavras-chave: vulnerabilidade socioambiental; risco socioambiental; comunidades vulnerabilizadas; exposição a riscos.

ABSTRACT

The Jardim Keralux community, located on the east side of the municipality of São Paulo, is crossed by a multitude of issues which, involving the socio-environmental area, are latent problems: the scarcity of services and facilities; the history of environmental injustice; the socio-environmental risks and vulnerabilities. Based on the history of the community's occupation and establishment, this chapter seeks to reveal aspects that have led to a reality marked by risk, vulnerability and environmental injustice, which are important factors for thinking about strategies to mitigate these impacts. It was noted that the establishment of the population in a contaminated area, through the purchase of plots from land grabbers, and the lack of infrastructure to meet the needs of the population established there, are crucial factors that increase the exposure of this population to socio-environmental risks and vulnerabilities.

Keywords: socio-environmental vulnerability; socio-environmental risk; vulnerable communities; exposure to risks.

16.1 INTRODUÇÃO

A comunidade Jardim Keralux, localizada na zona leste do município de São Paulo, é atravessada por uma multiplicidade de questões que, envolvendo a área socioambiental, configuram-se como problemas latentes: a escassez de serviços e equipamentos; o histórico de injustiça ambiental; e os riscos e vulnerabilidades socioambientais. Essa comunidade, cujo histórico de ocupação já se deu em função das dinâmicas de periferização e deslocamento de grupos sociais vulnerabilizados para as bordas da cidade, foi atravessada e tem sofrido as consequências das políticas de descaso do Estado. Tais fatos se comprovam a partir de elementos constituintes do seu histórico, como a grilagem, a deposição de dejetos tóxicos no solo e em seus corpos d'água, a existência de um sistema de coleta de resíduos sólidos urbanos que não atende com integridade a toda a população. No entanto, cabe destacar as lutas de cunho socioambiental travadas no território, a partir das articulações promovidas pelos(as) próprios(as) moradores(as) locais.

Desse modo, quando o tema abordado é a vulnerabilidade socioambiental, é importante destacar a definição apresentada por Wisner *et al.* (2004, p. 11, tradução nossa), que associa esse termo às “características de uma pessoa ou grupo e a situação que influenciam a sua capacidade de antecipar, lidar, resistir e se recuperar do impacto de um risco natural (um evento ou um processo extremo)”. Mendes *et al.* (2011) pontuam que, para além dos perigos naturais, os riscos tecnológicos também são fatores que conduzem à vulnerabilidade ambiental, ao passo que a interligam à capacidade de resistência e resiliência¹ dos indivíduos e das comunidades mais afetadas por intempéries.

Entretanto, é importante atentar-se ao fato de que há características que podem diminuir a capacidade de grupos expostos às condições mais intensas de vulnerabilização em relação à proteção diante desses riscos amplificados por eventos climáticos. Por exemplo, a distribuição desigual das populações no tecido urbano, causada pelas dinâmicas políticas, sociais e econômicas, tem impacto direto sobre os riscos ambientais aos quais a população é submetida. Nesse sentido, é importante considerar que tal debate não perpassa apenas a esfera técnica, há um viés social, que engloba os contextos históricos e as características de alguns grupos populacionais

1 Resiliência é a capacidade de um sistema em reagir à determinada perturbação, considerando que aspectos sociais, culturais, econômicos e ambientais são de significativa importância para a compreensão dessa reação (Holling, 1986). A resiliência social é definida por Adger (2000) como a capacidade que sociedades humanas possuem de suportar perturbações externas que sejam comuns à sua infraestrutura social, como uma variabilidade social ou ambiental (ou socioambiental), da economia e como consequência da política.

em detrimento de outros. Desse modo, nem todos os grupos sociais são atingidos de igual modo pelos riscos socioambientais.

Vargas (2006) já destacava que havia uma carência de estudos que considerem a relação direta entre “riscos” e “desigualdade”, no sentido de identificar quais atores sociais estão distribuídos nos contextos em que os conflitos são evidenciados e de que forma eles são atingidos, trazendo à tona, inclusive, o viés político dessa discussão. A partir da literatura apresentada e das condições inicialmente verificadas no local, este estudo pretendeu, por meio da apresentação do histórico de ocupação da comunidade Jardim Keralux, trazer aspectos que conduziram a uma realidade marcada pelo risco, vulnerabilidade e injustiça ambiental, fatores importantes para que sejam pensadas estratégias de mitigação desses impactos.

16.2 METODOLOGIA

O presente estudo possui abordagem qualitativa, exploratória e descritiva. Nesse sentido, entre os anos de 2018 e 2020, foram realizadas visitas à comunidade Jardim Keralux, a fim de se compreenderem as dinâmicas socioespaciais tecidas na comunidade.

Além disso, os levantamentos documental e bibliográfico foram utilizados em todas as etapas do estudo, para se obter suporte teórico ao entendimento do fenômeno estudado e também para a execução da pesquisa. Assim, o levantamento documental buscou dados associados ao histórico desse bairro e à contaminação deixada no território em que a comunidade se estabeleceu. Para compreensão do caso, cabe destacar que é importante considerar as categorias em que os resíduos sólidos urbanos podem ser agrupados no contexto da gestão municipal. Nesse viés, é relevante entender a origem dos resíduos, as características, sua composição físico-química e a potencialidade de risco socioambiental (Braga; Oliveira; Givisiez, 2012). Apesar das múltiplas possibilidades em relação à classificação, Barbosa e Ibrahim (2014, p.19) consideram que os principais critérios são a origem do resíduo e sua periculosidade, pois permitem a realização de um mapeamento que considere o local, os tipos de impactos ambientais e, ainda, como podem eles potencializar a poluição e suas consequências. O Quadro 16.1 traz classificações que se referem à origem dos resíduos.²

2 Além da origem, Barbosa e Ibrahim (2014, p. 21-2) classificam os resíduos quanto à sua periculosidade. Os resíduos ainda podem ser agrupados em relação às suas características físicas, químicas e biológicas. Para mais informações, consultar a bibliografia referida.

Quadro 16.1 Classificação dos resíduos sólidos quanto à origem

Classificação	Descrição
Resíduos domiciliares	<ul style="list-style-type: none"> • Secos (embalagens plásticas, papéis, metais, vidros e embalagens longa vida). • Úmidos (restos de alimentos, folhas, cascas, sementes e outros resíduos orgânicos industrializados).
Resíduos de limpeza pública	Varrição, limpeza de patrimônios públicos, bueiros, bocas de lobo, feiras livres, eventos públicos, parques, cemitérios etc.
Resíduos da construção civil	Restos de alvenarias, argamassas, concreto, asfalto, solo, gesso e detritos como madeira, fiação elétrica, tubos, metais etc.
Resíduos dos serviços de saúde	Produtos biológicos e infectantes, peças anatômicas, rejeitos radioativos, materiais perfurocortantes etc.
Resíduos industriais	<ul style="list-style-type: none"> • Orgânicos (resíduos das plantações, abate nas criações de animais, bovinos, caprinos, ovinos, suínos, aves etc.), gerados nas pastagens e em outras atividades florestais. • Inorgânicos (agrotóxicos, fertilizantes, produtos farmacêuticos e diversas formas de embalagens).
Resíduos dos serviços terrestres	Gerados em atividades de transporte rodoviário, ferroviário, aéreo, aquaviário, e também das instalações de trânsito dos usuários, como rodoviárias, portos, aeroportos e passagens de fronteiras.
Resíduos de mineração	Provenientes do beneficiamento, da pesquisa e da extração de minérios, inclusive das atividades de suporte, como desmonte de rochas, manutenção de equipamentos e de veículos pesados e atividades administrativas.

Fonte: baseado em Barbosa e Ibrahim (2014, p. 21-2).

Diante das variadas categorias, neste capítulo foram considerados resíduos sólidos provenientes das atividades humanas no espaço urbano em conformidade com Braga, Oliveira e Givisiez (2012, p. 3); ou seja, consideraram-se os resíduos domiciliares, comerciais, ainda aqueles decorrentes de atividades industriais e de prestação de serviços. Também foram considerados urbanos os resíduos decorrentes de limpeza pública, dos serviços de saúde, os restos de construção civil e aqueles gerados em terminais de embarque e desembarque. Desse modo, o Quadro 16.2 mostra as principais referências utilizadas para a obtenção dos dados secundários que fundamentaram estudar o caso do Jardim Keralux.

Quadro 16.2 Referências dos dados secundários consultados

Tema	Fonte	Referência
Passivo ambiental deixado no Jardim Keralux	Mapa de conflitos envolvendo injustiça ambiental e saúde no Brasil	Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz). Mapa de conflitos envolvendo injustiça ambiental e saúde no Brasil. Duas empresas deixam grave passivo ambiental na região leste de São Paulo. 2015. Disponível em: http://mapadeconflitos.ensp.fiocruz.br/conflito/spduas-empresas-deixam-grave-passivo-ambiental-na-regiao-leste-da-cidade-de-sao-paulo/ . Acesso em 11 set. 2021.
	Relatório final da comissão parlamentar de inquérito para apurar denúncias de áreas contaminadas na cidade de São Paulo – indicação líderes partidários, forma do art. 94 do Regimento Interno.	São Paulo, Relatório final da comissão parlamentar de inquérito para apurar denúncias de áreas contaminadas na cidade de São Paulo. São Paulo: Câmara Municipal de São Paulo/SGP/Secretaria de Documentação/ Disponibilizado pela Equipe de Documentação do Legislativo, SGP. 1, Secretaria das Comissões. PROCESSO RDP Nº 38-2013 Disponível em: http://documentacao.saopaulo.sp.leg.br/iah/fulltext/relatoriocomis/RELFINRDP08-0038-2013.pdf .
	Gestão dos riscos urbanos em São Paulo: as áreas contaminadas	Ramires, J.; Ribeiro, W. C. Gestão dos riscos urbanos em São Paulo: as áreas contaminadas. <i>Confins</i> , Paris, n. 13, p. 7323, 2011. Disponível em: https://journals.openedition.org/confins/7323?lang=pt . Acesso em: 11 set. 2021.
Histórico e dados do Jardim Keralux	Site do Inker – Instituto União Keralux	Instituto União Keralux. Quem somos... [s.d]. Disponível em: http://inker-institutokeralux.blogspot.com/p/quem-somos.html . Acesso em: 11 set. 2021.
	Documentário Keralux	Trommer, Júlia. São Paulo: Projeto Keralux, Câmera e Ação e Corja Filmes 2011/Doc./ aprox.36'/Cor, 2011 Disponível em https://www.youtube.com/watch?v=_SE3zDYmee4 .
	Censo da vizinhança USP	Silva, Eliana Sousa; Peçanha, Érica; Gonçalves, Dalcio Marinho (Orgs.). Censo Vizinhança USP [livro eletrônico]: características domiciliares e socioculturais do Jardim Keralux e Vila Guaraciaba. São Paulo: Instituto de Estudos Avançados, 2022. Disponível em: https://censovizinhanca.iea.usp.br/arquivos/censokeraluxguaraciaba.pdf .

Fonte: Dados da pesquisa.

No Jardim Keralux, até 2019 existiam cerca de 2.900 domicílios – totalizando mais de 9.000 pessoas (Silva *et al.*, 2022, p. 45-48). A comunidade, que tem os seus limites definidos a partir dos conceitos de favela e de loteamentos irregulares³ (Habitampa, 2016), está localizada na zona leste do município de São Paulo, periferia que concentra, também, outras formas dos denominados “assentamentos precários” (Figura 16.1).

3 Loteamento irregular – Habitampa: Os loteamentos irregulares se caracterizam por assentamentos em que a ocupação se deu a partir da iniciativa de um agente promotor e/ou comercializador, sem a prévia aprovação dos órgãos públicos responsáveis, ou, quando aprovados ou em processo de aprovação, implantados em desacordo com a legislação ou com o projeto aprovado. Do ponto de vista das condições urbanas, os loteamentos irregulares ocupados majoritariamente por população de baixa renda sofrem com algum tipo de desconformidade, como largura das ruas, tamanho mínimo dos lotes, largura de calçadas e implantação de infraestrutura urbana, que configuram uma paisagem árida em que predomina o espaço construído, com alta densidade construtiva, carente de arborização e de espaços livres e de uso comum. Data: 1º jan. 2016. Responsável: Prefeitura de SP/ Sehab/HabitaSampa.

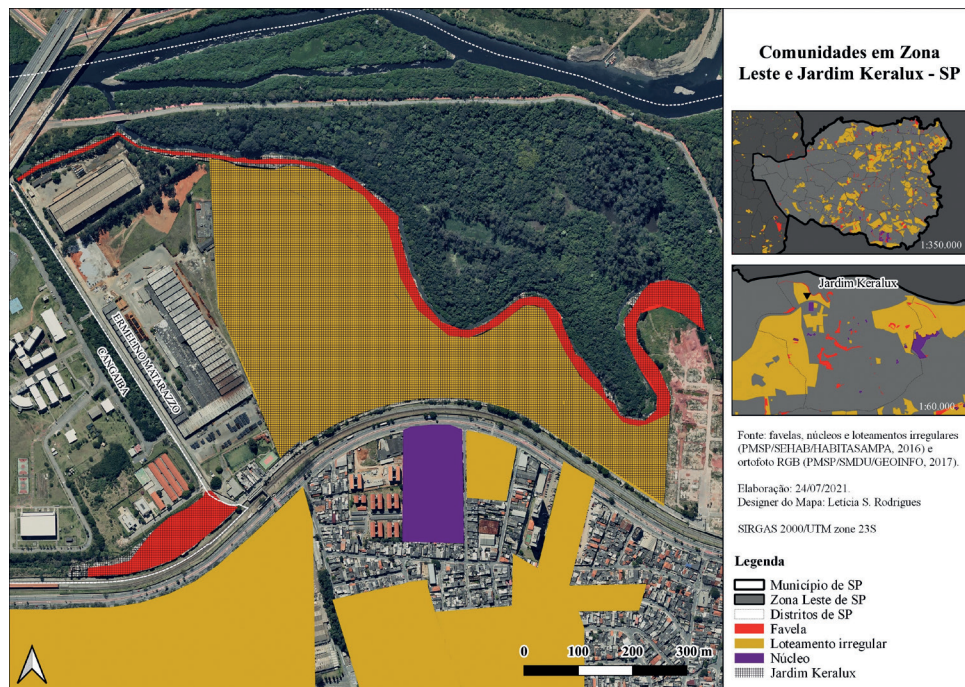


Figura 16.1 Comunidades na zona leste e no Jardim Keralux.

Fonte: elaborada por Leticia S. Rodrigues, 2020.

Nas áreas contíguas ao território, situam-se equipamentos importantes, como a estação de trem USP-Leste e a Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH-USP). Esses equipamentos, por vezes, são alvos de críticas advindas da própria população, uma vez que a estação de trem, embora localizada nos limites da comunidade, restringe o acesso dos moradores à comunidade, sendo permitido apenas em determinados horários e mediante apresentação de documentos. Além disso, alguns moradores relatam que há uma evidente distância entre a universidade e a comunidade, seja na promoção e implantação de cursos que dialoguem de formas mais próximas com a realidade local, seja pela aproximação e criação de laços solidificados entre os docentes e a comunidade, no intuito de fornecer apoio às demandas e às reivindicações da população.

16.3 OS TERMOS RISCO, VULNERABILIDADE, (IN)JUSTIÇA E RACISMO AMBIENTAL

Risco, vulnerabilidade e adaptação têm sido tratados por extensa literatura pelo menos desde a década de 1940, com o desenvolvimento de um campo de pesquisas marcadamente multidisciplinares dedicadas à ocupação humana em áreas/zonas de risco (Iwama *et al.* 2016). A partir da década 1980, o termo “vulnerabilidade” surge com mais frequência no âmbito da pesquisa sobre riscos e perigos (Wisner, 2009).

Esses temas têm se tornado mais relevantes, além de serem mais frequentemente citados, no contexto das mudanças climáticas, no que tange à exposição e à adaptação diante dos eventos climáticos extremos.

A noção de risco remete às possibilidades de ocorrências de situações agravantes a grupos expostos a quaisquer características, sem que sejam considerados outros fatores marcadores (Acsehrad, 2004). Beck (2009) considera que riscos socioambientais associados a fatores decorrentes da poluição ambiental, tecnologia e de outros fatores, como as mudanças climáticas, podem atingir todas as pessoas e não possuem fronteiras.

Já a noção de vulnerabilidade, por sua vez, demarca condições que agravam a exposição de determinados grupos, tornando-os mais suscetíveis a intercorrências (Acsehrad, 2006). O conceito de vulnerabilidade é amplo, relativo e, muitas vezes, utilizado de forma superficial, como o conceito de sustentabilidade, sendo aplicado em diferentes áreas e diferentes contextos (Wisner *et al.*, 2004). Também conhecida como “ecologia política dos desastres”, tal ciência concentra o seu foco na intersecção entre os campos da economia política marxista, da ecologia humana e dos estudos sobre o desenvolvimento (Wisner; Walker, 2005, p. 89).

Antropólogos, nas últimas décadas, analisaram a intersecção entre vulnerabilidade e exposição a riscos, considerando os efeitos do colonialismo vivenciado na América Latina, e das condições de subdesenvolvimento, degradação ambiental e os fatores econômicos que potencializavam a marginalização de alguns grupos humanos (Hanson, 2003). Trata-se de uma combinação de fatores que são determinantes para que a vida e as condições de subsistência de alguém ou algum grupo sejam postos em risco, por conta de eventos da natureza, lugares, infraestruturas ou ecossistemas. Entre estes, podem ser citados os fatores históricos, políticos, econômicos, ambientais e demográficos (Wisner *et al.*, 2004; Acsehrad, 2006).

No campo das Ciências Biológicas e da Terra, eventos e perigos ambientais normalmente podem estar associados a outros fatores causais e, como consequência, podem acarretar perdas de vida e danos à propriedade. Portanto, existem populações que estão mais propensas a serem atingidas por esse tipo de situação, e isso se deve a questões sociais que potencializam a situação de vulnerabilidade das pessoas e possuem raízes advindas de processos sociais, econômicos e políticos, que, por sua vez, podem ser determinantes para o nível no qual as pessoas são afetadas (Wisner *et al.*, 2004, p.7).

Desse modo, riscos de desastres surgem de uma combinação entre fatores que determinam o potencial das pessoas a exposição a tipos específicos de perigos (Wisner *et al.*, 2004, p.7). Nesse contexto, consideram-se aspectos e relações de poder que comprometem diferentes grupos sociais (gênero, classe, etnia etc.). Assim, a

compreensão dos desastres passa pelo entendimento da noção dos tipos de perigos que afetarão cada um desses grupos sociais.

Acselrad (2006), por outro lado, considera que a definição de condições de vulnerabilidade dos sujeitos apresenta duas dificuldades: a primeira delas se refere à leitura da vulnerabilidade enquanto um processo, e a segunda, como uma relação. No que tange à primeira, entende-se que está atrelada a três elementos: individuais, político-institucionais e sociais. Quando o foco no indivíduo é considerado, trilha-se o caminho das escolhas individuais, o que significa dizer que uma situação de vulnerabilidade foi estabelecida por conta de escolhas e condutas arriscadas.

Essa tendência se estende, ainda que se atente para as causas sociopolíticas que estão ligadas à produção e à reprodução da vulnerabilidade. Nesse sentido, os sujeitos são única e exclusivamente culpabilizados, sem que seja realizada uma análise dos processos e circunstâncias que motivaram esta situação. É coerente pontuar que considerar as condições e os processos que expõem os sujeitos à vulnerabilidades não significa “aliviá-los” das suas capacidades de defesa: não se deve destituir ou analisar esses fatores isoladamente, uma vez que é necessário direcionar o olhar para o cumprimento das obrigações do Estado e as suas implicações na sobrevivência e manutenção dos direitos básicos dos grupos humanos (Acselrad *et al.*, 2004; Acselrad, 2006). Desse modo, é necessário que o Estado direcione atenção aos meios que condicionam a vulnerabilização e, assim, adote estratégias permanentes de minimização desses processos e de provimento de proteção e justiça social. Por outro lado, caso o foco se mantenha no indivíduo, o Estado alega preencher lacunas, ou “dar o que o indivíduo não tem”, o que pode caracterizar ações pontuais e rasas, sem a compreensão dos processos e estruturas que expõem as pessoas a riscos (Acselrad, 2006).

No que tange à vulnerabilidade enquanto uma relação, entende-se que esse processo advém de uma relação histórica e do estabelecimento de relações de poder; convém a somatória de esforços para que as privações sofridas por indivíduos ou grupos sociais sejam superadas, além de uma reestruturação das relações definidas no contexto do espaço social em que estão inseridos, de forma mais ampla (Acselrad *et al.*, 2004; Acselrad, 2006).

Para Bolin (2007, p. 114), a exposição de populações a riscos ambientais – sejam eles de quaisquer tipos – é atravessada, diretamente, pelos marcadores de raça, classe e etnia. Por tal motivo, essa não é uma questão que deve ser analisada isoladamente, mas, sim, considerando-se as condições econômicas e socioespaciais que orientaram os processos de estabelecimentos dos grupos humanos na sociedade.

As implicações dos fatores que conduzem à vulnerabilidade podem ter raízes objetivas ou subjetivas. As raízes objetivas estão atreladas à desigualdade na oferta de mecanismos de proteção a riscos ou agravos. Há indivíduos ou grupos que possuem

condições de se proteger e, assim, reduzir o grau de exposição aos riscos. Por outro lado, não se pode negar a característica subjetiva da vulnerabilidade, uma vez que existem concepções ou pontos de vistas que definem o grau de tolerância ou intolerância do outro à situação de agravo. Por isso, há uma construção social por trás da noção de vulnerabilidade (Acsehrad, 2006).

O campo da vulnerabilidade social articulada com as questões ambientais ou dos desastres está associado a uma exposição diferenciada diante dos riscos e designa a maior suscetibilidade de certos grupos populacionais enfrentarem ou sofrerem as consequências de algum tipo de perigo (Herculano, 2002; Cartier *et al.*, 2009). Portanto, num sentido mais alargado, a vulnerabilidade socioambiental resulta de estruturas socioeconômicas que produzem simultaneamente condições de vida precárias e ambientes deteriorados, expressando-se também como menor capacidade de redução de riscos e baixa resiliência (Freitas *et al.*, 2012). Em relação à sua origem, esse conceito surge a partir de uma crítica às noções convencionais no campo da análise dos desastres (Mendes *et al.*, 2011) e propõe uma análise das conjunturas econômicas e espaciais que submetem grupos humanos à marginalização, na qual se inclui a ocupação de áreas sujeitas a riscos e perigos ambientais (Bolin, 2007).

A partir disso, pode-se entender que, quanto maior a invisibilidade pública da comunidade, menor é sua infraestrutura e mais intenso é o seu fardo ambiental. A falta de infraestrutura (energia elétrica, água potável, saneamento, internet), conectividade espacial com deficiências e o escasso acesso aos serviços e equipamentos públicos contribuem para vulnerabilidade social, uma vez que são fatores determinantes para a exposição a riscos ambientais (WHO, 2019; Unicef, 2021). Desse modo, as comunidades mais expostas e que se encontram em risco de contaminação são as que, no espaço da distribuição do poder da sociedade capitalista, detêm menor poder político; mas a busca pela equidade ambiental não está embasada na lógica do capitalismo, que é quem mais se beneficia com a desigual divisão do risco. Por sua vez, a esfera econômica influencia a esfera estatal, que, sem a mobilização da sociedade civil, permanece omissa e inoperante (Fraga, 2005).

Cartier *et al.* (2009) ressaltam que a escolha de moradia diante dos riscos ambientais geralmente está relacionada com a capacidade financeira dos grupos sociais. Se grupos sociais mais abastados podem abandonar áreas cujo ambiente oferece algum tipo de risco, a camada populacional mais pobre é impelida a permanecer nesses espaços, fortalecendo o laço entre a vulnerabilidade social e a vulnerabilidade ambiental, além da questão financeira. Discriminações étnicas podem influenciar a concentração e a segregação de determinados grupos populacionais em áreas de maior degradação e risco ambiental (Bullard, 1983; Cartier *et al.*, 2009).

A legislação ambiental, ao instituir restrições ao uso e à ocupação do solo em áreas protegidas, por exemplo, impede o acesso do mercado imobiliário; mas, por outro lado, é nesses espaços que as populações que não dispõem de condições socioeconômicas suficientes para se estabelecerem em áreas planejadas para moradias acabam ocupando. Tais áreas podem ser locais com a presença de mananciais, margens de cursos-d'água, encostas e fundos de vale, as quais são, muitas vezes, áreas de risco. Nesse contexto, Campos *et al.* (2016) consideram que a vulnerabilidade é a coexistência, cumulatividade ou sobreposição espacial de situações de pobreza (ou privação social) e de situações de exposição a riscos e/ou degradação ambiental.

Desse modo, os riscos ambientais acabam sendo destinados às comunidades mais vulnerabilizadas, e com menor capacidade para a mobilização política (Bullard, 2005). Também é importante salientar que aquilo que parece uma “escolha” não é: em uma sociedade permeada pela desigualdade socioeconômica, alguns grupos são postos à margem, a partir do momento que o Estado os torna invisíveis e não direciona ações e políticas públicas que concedam dignidade à sobrevivência desses grupos.

Para Acselrad *et al.* (2010), a justiça ambiental é definida como um conjunto de princípios e práticas que asseguram: (i) que nenhum grupo social suporte uma parcela desproporcional das consequências negativas de operações econômicas, de decisões políticas e de programas federais, estaduais, locais, assim como ausência ou omissão de tais políticas; (ii) que todos tenham acesso justo e equitativo direto e indireto, aos recursos ambientais do país; (iii) assegurar amplo acesso as informações relevantes sobre o uso dos recursos naturais, destinação de rejeitos e localização das fontes de riscos ambientais; e (iv) favorecer que os sujeitos coletivos de direitos, movimento sociais e organização populares contribuam com a construção de modelos de desenvolvimento alternativos e que assegurem a democratização do acesso aos recursos ambientais e a sustentabilidade do seu uso.

A injustiça ambiental é o mecanismo pelo qual sociedades desiguais, do ponto de vista econômico e social, destinam a maior carga dos danos ambientais do desenvolvimento às populações de baixa renda, aos grupos sociais discriminados, aos povos étnicos tradicionais, aos bairros operários, às populações marginalizadas e vulneráveis (Acselrad *et al.*, 2010). Nesse sentido, as variáveis usadas para a mensuração de injustiças ambientais incluem, entre outras: a média da renda familiar, a população de não brancos, o percentual da população abaixo do nível de pobreza, a população de afro-brasileiros e hispânicos, a renda doméstica média e o percentual de negros (Cartier *et al.* 2009).

Nesse sentido, a desigualdade – que se estende em diversos campos da vida social – atinge de forma diferenciada os grupos populacionais, inclusive no que diz respeito à forma como esses grupos são afetados pelos riscos e impactos ambientais

e às condições de proteção em relação a esses eventos. Sob esse viés, um conceito que surgiu na década de 1980, a partir de uma experiência vivenciada pelo movimento negro atuante nos Estados Unidos, denominado *racismo ambiental*, denunciava a ocorrência de depósitos de lixo tóxico ou de indústrias poluentes majoritariamente em territórios que eram habitados pela população negra. Tal relação evidenciava a ligação existente entre a devastação do meio ambiente e a injustiça social e, para além disso, trazia à tona a lógica política que envolve os impactos causados à natureza: não há democracia na distribuição desses eventos, pois eles atingem de forma mais drástica aquelas populações que, em virtude de condições socioeconômicas menos favorecidas, se estabelecem em áreas próximas a locais com maiores probabilidades de ocorrência de riscos (Acselrad *et al.* 2010, p. 131). O termo está associado à existência de políticas, práticas ou diretivas – nos âmbitos governamental, jurídico, econômico, político e/ou militar – que, ainda que de forma involuntária, causam danos às pessoas, grupos ou comunidades, comprometendo as condições ambientais de acesso à moradia, trabalho ou lazer (Bullard, 2005).

Desse modo, pensar a justiça ambiental requer a elaboração de estratégias de redução da distribuição desigual dos impactos ambientais; o envolvimento de todos os grupos sociais – independente das suas características – nos processos de decisão dos usos destinados aos recursos ambientais e a distribuição equânime dos benefícios associados à política de desenvolvimento que, no modelo de sociedade atual, concentra-se apenas nos grupos mais privilegiados socialmente, enquanto aqueles menos privilegiados, atingidos pelos impactos e danos ambientais, permanecem sem acesso a essas políticas.

16.4 JARDIM KERALUX: RISCOS, VULNERABILIDADES E (IN)JUSTIÇAS SOCIOAMBIENTAIS

O Jardim Keralux possui um histórico que revela desigualdades sociais e negligências da parte do Estado, sendo esse aspecto evidente desde a sua formação, momento em que a venda de lotes de forma irregular, por meio da grilagem, esteve presente, associada à uma área contaminada por grandes empresas que possuíam as suas bases de operação no local. Até os dias atuais, a população se mobiliza em torno do processo de regularização fundiária e de outras melhorias para o bairro. Algumas dessas melhorias têm sido implantadas pouco a pouco e se desdobram por meio das lutas e mobilizações comunitárias.

O loteamento da comunidade se deu, de forma irregular, no ano de 1995, momento em que diversas famílias adquiriram lotes com dimensões de 25m x 25m, em locais cujo acesso era dificultado e onde não se dispunha da oferta dos serviços básicos de água e energia elétrica. A ocupação dos terrenos foi motivada por grileiros

que, agindo de má-fé em relação à população sem moradia, dividiram e venderam os lotes com o discurso de que eram terras regularizadas, até que o poder público surpreendeu os moradores, com o pedido de reintegração de posse. Os terrenos vendidos não haviam passado por nenhum tipo de avaliação técnica, não seguiam as diretrizes do planejamento urbano, e não dispunham de infraestrutura adequada para o estabelecimento de grupos populacionais, a exemplo do abastecimento de água e fornecimento de energia, que eram providos de forma clandestina. Além disso, os lotes foram comercializados a baixo custo, o que, certamente, permitiu que as famílias em situação de vulnerabilidade socioeconômica conquistassem o sonho da moradia própria (Instituto Keralux, 2019; Fiocruz, 2015).

Conforme afirma Iwama *et al.* (2016), três eixos podem ser utilizados como ferramentas de análise da vulnerabilidade, sendo eles: risco físico, vulnerabilidade social e protagonismo. O risco físico está associado à probabilidade de ocorrência de perigos de ordens geológica ou hidrológica; a vulnerabilidade social, em decorrência da segregação socioespacial, em função da marginalização de grupos situados em áreas com riscos; e o protagonismo (ou a ausência dele), associado a fatores culturais, experienciais, ativistas etc. Ao evocar a forma como o bairro se constituiu, totalmente desprovido de atenção, da parte de órgãos públicos, em relação à oferta de infraestrutura básica para a sobrevivência das pessoas que ali se estabeleceram, e, mais ainda, da escassez de recursos para a compra de moradias em locais seguros, é evidente o grau de vulnerabilidade social ao qual essa população foi exposta.

A ausência total de infraestrutura básica perdurou por um tempo significativo, com o paralelo e desordenado crescimento da comunidade: como em diversas periferias, a autoconstrução passou a ser o meio predominante de edificação de moradias na comunidade. A autoconstrução, realizada sem a análise de riscos associados às inundações, deslizamentos, entre outros fatores, também revela a exposição dessas pessoas e famílias aos riscos físicos que ali pudessem ocorrer.

A área que hoje é denominada Jardim Keralux possui um histórico de contaminação do solo por uma empresa que teria descartado e aterrado produtos químicos no passado, quando as suas atividades eram realizadas na área. Em 1997, uma vistoria realizada constatou a presença de hexaclorociclohexano (substância presente no HCB), período em que a Cetesb comunicou à Secretaria de Habitação a respeito dos riscos que a população que ali vivia corria, por conta da contaminação do solo. Ainda no mesmo ano, cerca de 7 meses decorridos da constatação da contaminação, foram retirados e encaminhados para o aterro sanitário São João aproximadamente 22 toneladas de resíduos, em uma ação de descontaminação que envolveu o estado e o município (Fiocruz, 2015). A maioria dos moradores entrevistados tem ciência a respeito dessa contaminação no bairro e relata, inclusive, o medo da comunidade em

virtude de possíveis ocorrências de doenças, futuramente, relacionadas à toxicidade do solo. Além disso, é possível realizar uma conexão entre a contaminação do solo e a demora para a regularização fundiária, que compreende uma das bandeiras de lutas da comunidade. Esses fatores também destacam os riscos físicos vivenciados ali pela comunidade local.

O histórico de constituição da comunidade, dos passivos ambientais deixados e as marcas da injustiça ambiental parecem refletir a forma como a oferta de equipamentos e serviços básicos chegam àquela população. O Quadro 16.3 traz alguns dados relativos ao censo realizado entre 2019 e 2020 nas comunidades Jardim Keralux e Vila Guaraciaba – territórios adjacentes. No que se refere ao Jardim Keralux, foram visitados 2.736 domicílios, percebendo-se que 2.713 domicílios possuem acesso à rede de saneamento, e que 179 famílias enfrentam problemas referentes à oferta de água na residência (USP, 2019).

Quadro 16.3 Formas de eliminação de esgoto e destino do lixo no Jardim Keralux

Variáveis		Nº de domicílios	%
Número total de domicílios visitados		2.736	100%
Forma de eliminação de esgoto	Ligado à rede de esgoto Sabesp.	2311	84,47%
	Fossa séptica (concretada).	20	0,73%
	Fossa rudimentar (direto no solo).	7	0,26%
	Lançado em rio, córrego.	311	11,37%
	Vala a céu aberto.	4	0,15%
	Outra.	5	0,18%
	Sem informação.	78	2,85%
Destino do lixo	Coletado na porta (não seletiva).	1384	50,58%
	Coletado na porta (com coleta seletiva de orgânicos e/ou recicláveis).	1154	42,18%
	Depositado em local indicado pelo serviço de coleta de lixo.	170	6,21%
	Deixado (jogado) em terreno baldio ou logradouro.	11	0,40%
	Jogado em canal, rio córrego etc.	4	0,15%
	Queimado na propriedade.	5	0,18%
	Outro.	2	0,07%
	Sem informação.	6	0,22%

Fonte: Censo Vizinhança USP, dados de 2019. Disponível em: <https://censovizinhanca.iea.usp.br/dados.php>. Acesso em: 25 mar. 2024.

Conforme demonstram os dados no Quadro 16.3, os serviços de saneamento básico e coleta de resíduos não abrangem com totalidade a população, fato que pode ter relação direta com características associadas às vulnerabilidades socioeconômicas e ambientais pelas quais a comunidade tem sido, historicamente, submetida. Refletir

sobre uma comunidade que vive em área contaminada, como se já não bastasse a escassez em relação à implantação de serviços básicos para a manutenção da qualidade de vida da população é, também, pontuar a existência da injustiça e do racismo ambiental. Assim, quer seja de forma intencional ou não intencional, a aparente ineficiência de políticas públicas que considerem as condições de moradia sob as quais as famílias que residem no Jardim Keralux estão submetidas pode causar danos expressivos sobre a qualidade de vida, saúde e condições de moradia dessa população.

No que diz respeito aos serviços de saneamento básico, é necessário salientar a relação entre a distribuição destes serviços e determinados marcadores sociais e econômicos distribuídos no espaço urbano. De acordo com Garcia (2007), a prestação desses serviços não ocorre de forma igualitária, e mesmo que os dados apresentados revelam baixo percentual, isso não significa dizer que o atendimento dos serviços ocorre da mesma maneira como ocorre nas áreas mais nobres da cidade. Assim, ainda que todos os domicílios do Jardim Keralux estivessem conectados à rede de distribuição de água e à coleta de esgotos, em uma área marcada pela ineficiência dos serviços públicos, o atendimento às necessidades da população também se refletiria de forma ineficiente.

A Fiocruz, instituição pública que criou, em 2015, o Mapa de Conflitos envolvendo injustiça ambiental e saúde no Brasil (Fiocruz, 2015), discute que, em virtude da intensa explosão de fábricas e indústrias que povoam a zona leste do município de São Paulo durante o processo de urbanização, a região compreende um dos territórios que mais possuem contaminação por meio de resíduos tóxicos e passivos. Paralelamente, a região também é conhecida como uma das mais populosas do município de São Paulo, o que evidencia uma grande exposição de populações periféricas – não apenas o Jardim Keralux – a dejetos tóxicos que foram deixados por indústrias que se estabeleceram nesses locais. Tal realidade também configura o reflexo do descaso e da ineficiência do poder público no que se refere à fiscalização e à adoção de estratégias que impeçam as empresas de lançarem os seus dejetos tóxicos nessas áreas.

Tal fator endossa ainda mais a intensa carga de danos ambientais destinada às populações vulnerabilizadas: as indústrias, enquanto forças-motrices impulsionadoras do capitalismo, ao se estabelecerem nessas regiões, despejam os seus dejetos em áreas que, posteriormente, em função da dinâmica que “empurra” as populações atravessadas por uma série de marcadores sociais – questões étnico-raciais, econômicas e sociais – serão ocupadas por grupos que não possuem capital econômico para construir as suas moradias em locais protegidos de riscos. Tais questões reforçam a intrínseca relação existente entre a vulnerabilidade social e a periferização da pobreza.

Embora esse panorama seja comum quando se observam outras localidades, o Jardim Keralux representa um dos casos mais graves de herança de passivo ambiental

na zona leste. Por meio da análise ambiental solicitada pela Companhia Metropolitana de Habitação (Cohab) a uma empresa de consultoria ambiental, constatou-se a presença de elementos químicos tóxicos, a exemplo de cádmio, alumínio, bário e níquel em vários locais da comunidade, além da presença de manganês e HCB (hexaclorobenzeno) em toda a extensão do bairro. A prefeitura alegou a retirada deste último ainda em 1997, mas ainda foi encontrado em três poços de monitoramento. O laudo apresentado relatou a inexistência de riscos de doenças como câncer e outras formas de contaminação à comunidade. Entretanto, de forma aparentemente paradoxal, o mesmo documento recomendava que não houvesse o consumo das águas subterrâneas existentes na comunidade, do contrário haveria a probabilidade de ocorrência de câncer e altos níveis de toxicidade à população (Fiocruz, 2015). Em relação a isso, se o próprio Estado se posiciona de forma alheia a esses riscos, sem a busca de estudos e soluções efetivas para a mitigação dos perigos evidenciados e constatados, há que se concordar que a cidade se retroalimenta a partir de uma política que fomenta, a todo o momento, o genocídio desses grupos populacionais, à medida que se coloca de forma passiva em relação à emergência desses problemas.

16.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo permitiu notar que o Jardim Keralux, desde a sua fundação, foi atravessado por questões de cunho socioambiental, demonstrando a exposição dos grupos populacionais ali estabelecidos a riscos biofísicos e à vulnerabilidade socioambiental. Esses fatores se fazem presentes a partir de uma ocupação territorial – em virtude da segregação socioespacial – em um local destituído de quaisquer avaliações técnicas e estruturais que possibilitassem e assegurassem a alocação dessas pessoas ali. Além disso, a contaminação local, promovida por empresas destituídas de quaisquer compromisso e responsabilidade socioambiental, potencializa os riscos locais, expondo a população a riscos, inclusive, relacionados à própria saúde das moradoras e dos moradores. Tais fatores são endossados pelo posicionamento passivo do Estado, evidente na escassa oferta de equipamentos e serviços públicos que ofereçam dignidade à sobrevivência da população local e no adiamento na tomada de decisões efetivas.

A discussão sobre os riscos cotidianos vivenciados nas periferias e favelas configura apenas uma fração de um universo maior: essa questão, além de perpassar pelas condições de moradias, muitas vezes desprovidas de dignidade, envolve questões relacionadas ao saneamento básico, que influencia diretamente a saúde das pessoas, sobretudo aqueles grupos populacionais que se encontram em condições de vulnerabilidade em relação a diversos aspectos. Tal discussão se entrelaça ao conceito de construção social do risco, que estabelece que a exposição a desastres e riscos socioambientais ultrapassam questões técnicas: historicamente, as populações

que habitam locais próximos a encostas, margens de rios, territórios contaminados, lixões etc. possuem alguns marcadores sociais reproduzidos ao longo da história, e a pobreza constitui um deles. Assim, é notória a presença de riscos biofísicos e de vulnerabilidade socioambiental na comunidade Jardim Keralux. Apesar da agenda de reivindicações locais, pautadas no protagonismo social dos moradores locais, a comunidade ainda necessita de melhorias relacionadas a diversos aspectos.

Apesar disso, convém ressaltar que muitas das melhorias implantadas até hoje – energia elétrica, água encanada, projetos sociais, transporte público municipal, revitalização de áreas, asfaltamento, pintura de muros, implantação de unidade básica de saúde, escolas, iluminação entre outros – correspondem a resultados de protestos e diálogos frequentes e exaustivos com o setor público. A comunidade se organizou de diversas maneiras em prol de diferentes lutas por justiça ambiental, porém, todas elas estão sempre ligadas ao combate à vulnerabilidade socioambiental e à melhoria da qualidade de vida da população que ali reside.

REFERÊNCIAS

- ACSELRAD, H. Vulnerabilidade ambiental, processos e relações. In: II ENCONTRO NACIONAL DE PRODUTORES E USUÁRIOS DE INFORMAÇÕES SOCIAIS, ECONÔMICAS E TERRITORIAIS, 2006, Rio de Janeiro. *Anais [...]*. Rio de Janeiro: IBGE, 2006, p. 5.
- ACSELRAD, H. Ambientalização das lutas sociais – o caso do movimento por justiça ambiental. *Estudos Avançados*, v. 24, n. 68, p. 103-119, 2010.
- ACSELRAD, H.; HERCULANO, S.; PÁDUA, J. A. A justiça ambiental e a dinâmica das lutas socioambientais no Brasil – uma introdução. In: ACSELRAD, H.; HERCULANO, S.; PÁDUA, J. A. (Org.). *Justiça ambiental e cidadania*. Rio de Janeiro: Relume-Dumará, 2004.
- BARBOSA, R. P.; IBRAHIN, F. I. D. *Resíduos sólidos: impactos, manejo e gestão ambiental*. São Paulo: Editora Érica, 2014.
- BRAGA, T. M.; OLIVEIRA, E. L.; GIVISIEZ, G. H. N. Avaliação de metodologias de mensuração de risco e vulnerabilidade social a desastres naturais associados à mudança climática. *São Paulo em Perspectiva*, v. 20, n.1, p. 81-95, 2006.
- BECK, U. *World of risk*. Cambridge: Polity Press, 2009.
- BOLIN, B. Race, class, ethnicity, and disaster vulnerability. In: RODRIGUEZ, H.; DONNER, W.; TRAINOR, J. (Org.). *Handbook of disaster research*. Nova Iorque: Springer, 2007. p. 113-29.
- BULLARD, R. D. Solid waste sites and the black Houston community. *Sociological Inquiry*, v. 53, n. 2-3, p. 273-288, 1983.

- BULLARD, R. D. *The quest for environmental justice: human rights and the politics of pollution*. Nova Iorque: Counterpoint, 2005.
- CAMPOS, I. S. et al. Climate adaptation, transitions, and socially innovative action-research approaches. *Ecology and Society*, v. 21, n.1, p. 13, 2016.
- CARTIER, R. et al. Vulnerabilidade social e risco ambiental: uma abordagem metodológica para avaliação de injustiça ambiental. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 25, n. 12, p. 2695-2704, dez. 2009.
- CHAKRABORTY, J.; ARMSTRONG, M. Exploring the use of buffer analysis for the identification of impacted areas in environmental equity assessment. *Cartography and Geographic Information Systems*, v. 24, n. 3, p. 145-57, 1997.
- CUTTER, S. L.; HOLM, D.; CLARK, L. The role of geographic scale in monitoring environmental justice. *Risk Analysis*, v. 16, n. 4, p. 517-26, 1996.
- FRAGA, S. O. Justiça ambiental como espaço para concretização da cidadania. *Revista da Faculdade de Direito UFPR*, v. 43, n. 0, p. 1-13, 2005.
- FREITAS, C. M. et al. Vulnerabilidade socioambiental, redução de riscos de desastres e construção da resiliência. Brasil. *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 17, n. 6, p. 1557-86, jun. 2012.
- FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ (FIOCRUZ). *Mapa de conflitos envolvendo injustiça ambiental e saúde no Brasil*. Duas empresas deixam grave passivo ambiental na região leste de São Paulo. São Paulo: Fiocruz, 2015. Disponível em: <http://mapadeconflitos.ensp.fiocruz.br/conflito/sp-duas-empresas-deixam-grave-passivo-ambiental-na-regiao-leste-da-cidade-de-sao-paulo>. Acesso em: 11 set. 2021.
- GARCIA, A. dos S. Desigualdades raciais e urbanas em Bangu: de senzala a vila operária, de vila operária a bairro/cidade negra. In: CUNHA JÚNIOR, H.; RAMOS, M. E. R. (Org.). *Espaço urbano e afrodescendência: estudo da espacialidade negra urbana para o debate das políticas públicas*. Fortaleza: Edições UFC, 2007. p. 17-46.
- HABITASAMPA. *Habitação*. São Paulo: HabitaSampa, [s.d]. Disponível em: <http://www.habitasampa.inf.br/habitacao/>. 2016. Acesso em: 3 ago. 2021.
- HANSON, R. Politics, social movements, and the State. *Contemporary Sociology*, v. 32, n. 2, p. 223-5, 2003.
- HERCULANO, S. Riscos e desigualdade social: a temática da justiça ambiental e sua construção no Brasil. 2002. In: I ENCONTRO DA ANPPAS – GT TEORIA E AMBIENTE, 2002, São Paulo. *Anais [...]*. São Paulo: Associação Nacional de Pós-graduação em Ambiente e Sociedade, 2002.
- INSTITUTO UNIÃO KERALUX. *Quem somos...* São Paulo: Instituto União Keralux, [s.d]. Disponível em: <http://inker-institutokeralux.blogspot.com/p/quem-somos.html>. Acesso em: 11 set. 2021.

- MENDES, J. M. *et al.* A vulnerabilidade social aos perigos naturais e tecnológicos em Portugal. *Revista Crítica de Ciências Sociais*, n. 93, p. 95-128, jun. 2011.
- RAMIRES, J. Z. dos S.; RIBEIRO, W. C. Gestão dos riscos urbanos em São Paulo: as áreas contaminadas. *Confins*, n. 13, p. 7323, 2011. Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/7323?lang=pt>. Acesso em: 11 set. 2021.
- SILVA, E. S.; PEÇANHA É.; GONÇALVES, D. M. (Org.). *Censo Vizinhança USP: características domiciliares e socioculturais do Jardim Keralux e Vila Guaraciaba*. [livro eletrônico] São Paulo: Instituto de Estudos Avançados, 2022. Disponível em: <http://www.iea.usp.br/publicacoes/ebooks/censo-vizinhanca-usp-jardim-keralux-e-da-vila-guaraciaba>. Acesso em 17 fevereiro 2024.
- TROMMER, Júlia. Keralux. São Paulo: Projeto Keralux, Câmera e Ação e Corja Filmes 2011. 1 vídeo (36 min). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=_SE3zDYmee4. Acesso em 20 maio 2022.
- UNITED NATIONS CHILDREN'S FUND (UNICEF). *The climate crisis is a child rights crisis: introducing the children's climate risk index*. Nova Iorque: United Nations Children's Fund, 2021. Disponível em: <https://www.unicef.org/media/105376/file/UNICEF-climate-crisis-child-rights-crisis.pdf>. Acesso em: 7 set. 2021.
- VARGAS, M. A. R.. Construção social da moradia de risco: a experiência de Juiz de Fora (MG). *R.B. Estudos urbanos e regionais*, v. 8, n. 1, p. 59-78, 2006.
- VINUTO, J. A amostragem por bola de neve na pesquisa qualitativa: um debate em aberto. *Temáticas*, Campinas, v. 22, n. 44, p. 203-20, 2014.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). *Healthy environments for healthier populations: why do they matter, and what can we do?* Genebra: World Health Organization, 2019. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-CED-PHE-DO-19.01>. Acesso em: 7 set. 2021.
- WISNER, B. Vulnerability. In: *International encyclopedia of human geography*. Amsterdã: Elsevier Science, 2009. p. 176-82.
- WISNER, B.; BLAIKIE, P.; CANNON, T.; DAVIS, I. *At risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters*. 2nd ed. Londres: Routledge, 2004.
- WISNER, B.; WALKER, P. The World Conference on Disaster viewed through the lens of political ecology: a dozen big questions for Kobe and Beyond the World Conference on Disaster viewed questions for Kobe and Beyond. *Capitalism, Naturalism, Socialism*, v. 5752, n. Apr., p. 89-95, 2005.

CAPÍTULO 17

Perspectivas em aplicações da teoria dos campos estratégicos para a sustentabilidade: o caso da comunidade acadêmica brasileira

Ana Jane Benites
André Felipe Simões
Tania Pereira Christopoulos

RESUMO

A teoria dos campos estratégicos (TCE) harmoniza referenciais neoinstitucionalistas da sociologia econômica, alternativos aos modelos econômicos neoclássicos, incorporando a imersão social em seu quadro analítico, o que lhe assegura papel promissor em pesquisas para elaboração de estratégias voltadas à sustentabilidade e à inovação socioambiental. No panorama latino-americano e, em particular, no contexto brasileiro, em que a habilidade social dos atores é limitada historicamente por condicionantes neoestruturalistas, prevalece a lacuna de conhecimento sobre a efetividade da apropriação da TCE por instituições de pesquisa a favor da agenda do desenvolvimento sustentável. Tal hiato é contemplado neste trabalho por uma análise *quali-quantitativa* de publicações científicas geradas por essas instituições nas últimas duas décadas. Os resultados revelam, dentre outros achados, que há demasiada

ênfase na habilidade social dos agentes sem a devida ponderação às mazelas estruturais históricas impostas às nações em desenvolvimento do Hemisfério Sul, como a desigualdade na distribuição de renda e heterogeneidade estrutural, que tendem a restringir sobremaneira atores hábeis e empreendedores em comparação com o cenário de países desenvolvidos do Norte geopolítico, onde a TCE foi concebida.

Palavras-chave: teoria dos campos estratégicos; inovação para a sustentabilidade; empreendedorismos social e ambiental no Brasil.

PERSPECTIVES ON APPLICATIONS OF THE THEORY OF STRATEGIC FIELDS FOR SUSTAINABILITY: THE CASE OF THE BRAZILIAN ACADEMIC COMMUNITY

ABSTRACT

The theory of fields (TF) harmonizes neo-institutionalist frames of economic sociology, alternative to neoclassical economic models, incorporating social immersion in its analytical framework, which ensures it a promising role in the research for elaboration of strategies aimed at sustainability and socio-environmental innovation. In the Latin American scenario and, particularly, in the Brazilian context, in which the social ability of actors is historically limited by neostructural conditions, a knowledge hiatus prevails on the effectiveness of the TF appropriation by research institutions in favor of the sustainable development agenda. Such a gap is filled in this work through a quali-quantitative analysis of scientific publications from these institutions in the last two decades. The results reveal, among other findings, that there is an over emphasis on the social ability of agents without considering the historical structural dilemmas imposed on developing nations of the Southern Hemisphere, such as inequality in income distribution and structural heterogeneity, which tend to greatly restrict socially skilled and entrepreneurial actors when compared to the circumstances of developed countries in the geopolitical North where the TCE was conceived.

Keywords: theory of fields; sustainability innovation; social and environmental entrepreneurship in Brazil.

17.1 INTRODUÇÃO

Enquanto a inovação de ruptura introduz elementos totalmente novos em seu domínio de aplicação, a inovação de continuidade reaproveita aqueles já existentes, combinando-os e/ou aprimorando-os (Tushman; Murmann, 1998; Malerba; Mani, 2009). Fligstein e McAdam, sociólogos americanos, ao proporem, há cerca de duas décadas, sua teoria dos campos estratégicos (TCE), não criaram um quadro cognitivo totalmente novo para a ciência econômica, mas harmonizaram referenciais já consolidados por outros sociólogos. Dentre eles, destacam-se a teoria da estruturação, do britânico Giddens, e a das redes sociais, do norte-americano Granovetter (Fligstein, 2001).

Não obstante, com seu compêndio teórico-analítico, Fligstein e McAdam preconizaram a mais ampla e meticulosa contestação provavelmente já perpetrada aos modelos econômicos clássicos e neoclássicos, os quais empregam visões subsocializadas das relações entre atores, ou mesmo neoinstitucionalistas, sugerindo aproximações supersocializadas (Granovetter, 1985).

Talvez esse tenha sido o diferencial de ruptura logrado pela dupla de sociólogos estadunidenses com relação aos modelos neoclássicos, pois sua inovadora compilação de arquétipos se compromete a abordar e tratar todas as limitações clássicas e neoclássicas que obscurecem a compreensão do contexto de imersão social (Granovetter, 1985) inerentes aos processos econômicos.

Outro destaque é que, enfatizando a agência não necessariamente subordinada à racionalidade e à otimização de lucros ou alocação de recursos pelos agentes econômicos, o arcabouço teórico-analítico de Fligstein e McAdam se converte em ideal para a elaboração de estratégias para a sustentabilidade (Ruggerio, 2021, p. 4-9). Também abarca políticas socioambientais, programas e arranjos de impacto e inovação social, além de outras iniciativas profícuas aos desenvolvimentos sustentáveis (Ruggerio, 2021, p. 2-4) local e global (Jerneck; Olsson, 2020, p. 25-27).

A teoria da inovação, entretanto, sugere, como parte de seu ciclo de vida, também a difusão e uso (Vargo, Akaka; Wieland, 2020). E estas são dependentes dos usuários e de suas práticas e ambientes de utilização (Malerba; Mani, 2009). Assim, duas décadas após a publicação do primeiro manuscrito sobre a TCE de Fligstein e McAdam, a inovação por eles desencadeada a partir do panorama geopolítico de países desenvolvidos do Hemisfério Norte continua propagando-se, alcançando cada vez mais adeptos, agora entre a comunidade acadêmica das nações em desenvolvimento ao Sul do globo terrestre. Por exemplo, uma busca na ferramenta Google Scholar pelos termos “Fligstein” e “teoria dos campos” aponta, apenas entre os manuscritos veiculados em português, o que inclui autores brasileiros, uma taxa de cerca de 47% de crescimento anual em publicações entre os anos de 2012 e 2023.

Não obstante, na conjuntura econômica dos países pobres do Sul, ao contrário do que acontece com as nações ricas do Norte, os impasses da desigualdade socioeconômica e do hiato técnico-científico histórico adquirem proporções estruturais que impelem os agentes econômicos à supersocialização. Isto é, a habilidade social de atores isolados que desafia os estruturalismos e neoestruturalismos, central para a TCE, tende a ser neutralizada sob o cenário dos mercados periféricos latino-americanos. Ademais, a importância do Estado como ator regulador e empreendedor institucional, um arquétipo neoestruturalista, amplia-se sobremaneira (Pérez Caldentey, 2016).

Dessa forma, é oportuna uma investigação sobre as contribuições do emprego da TCE de Fligstein e McAdam quanto ao desenvolvimento sustentável e empreendedorismo social (Saebi; Foss; Linder, 2018; Van Lunenburg; Geuijen; Meijer, 2020) sob tais realidades estruturais antagônicas aos fundamentos sociológico-econômico-neoinstitucionalistas da teoria (Nee, 2005).

Particularmente no caso brasileiro, em que se tem observado o avanço de políticas neoliberais igualmente contrárias aos neoestruturalismos recomendados aos Estados latino-americanos (Pérez Caldentey, 2016), a apuração das condições de difusão e uso da TCE pela sua comunidade-chave de usuários, a acadêmica, poderia evidenciar oportunidades de aprimoramento na administração local da TCE de maneira a norteá-la para influenciar positivamente o desenvolvimento sustentável da nação. E, assim, acumular lições aprendidas que poderiam ser reaproveitadas por outros países latino-americanos e periféricos.

17.2 PROBLEMA DE PESQUISA E OBJETIVO

Sob a égide das considerações pormenorizadas na seção anterior, o presente trabalho almeja ampliar a ainda incipiente análise sobre a efetividade da aplicação, voltada à sustentabilidade, pela comunidade acadêmica brasileira, da TCE de Fligstein e McAdam no contexto nacional.

Dessa forma, a interpretação para efetividade, reconhecida pela Engenharia de Sistemas como uma combinação de eficácia (disponibilização de características funcionais necessárias para cumprir objetivos – “o que”) e eficiência (otimização da performance no oferecimento de funções – “como”) (Ackoff, 1971; Hitchins, 2007; Stevens Institute of Technology, 2023), converte-se, aqui, na competência para direcionar o uso da TCE a influenciar positivamente a sociedade brasileira rumo a inovações socioambientais. Isto se materializa na produção cada vez mais ampla de estudos sob a TCE alinhados com as áreas de conhecimento socioambientais (“o que”) e ensejando, nelas, análises enriquecidas pela sensibilização ao enredo neoestruturalista local, induzindo transformações nos regimes socioambientais que favoreçam a conquista de objetivos do desenvolvimento sustentável (“como”).

Destarte, o objetivo geral em preencher a lacuna de conhecimento detectada é desdobrado nos objetivos específicos de (i) elencar as principais instituições brasileiras de ensino superior que originaram trabalhos científicos referenciando a TCE de Fligstein e McAdam; (ii) apurar a quantidade e variedade desses trabalhos publicados; (iii) identificar as áreas de conhecimento que mais publicaram trabalhos científicos aplicando a teoria, verificando seu vínculo com as ciências ambientais e da sustentabilidade; e (iv) analisar as mais relevantes formas de aplicação da TCE nesses trabalhos e suas implicações para a formulação de estratégias de sustentabilidade no contexto brasileiro.

17.3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

17.3.1 Fundamentos da teoria dos campos de Fligstein

A teoria dos campos de Fligstein deriva de princípios da sociologia econômica, dos movimentos sociais e das teorias institucionais sociológica e política (Fligstein; McAdam, 2012, p.03). Ela integra elementos dessas áreas de conhecimento - ação coletiva, espaço social, cultura, organização, Estado e mobilização (Fligstein; McAdam, 2012, p.06) - para melhor compreender as origens da estabilidade e mudança em campos de ação estratégicos (Fligstein; McAdam, 2012, p.10). Estes, por sua vez, são entendidos como arenas socialmente construídas nas quais os atores, munidos de competências e recursos diversos, buscam vantagens, como recompensas materiais, de poder e status (Fligstein; McAdam, 2012, p. 5, 10). Nessa competição entre atores imersos socialmente, tais campos de batalha dão origem a novos campos, transformam-se ou se estabilizam em processos de institucionalização (Fligstein; McAdam, 2012, p. 5) pelos quais regras evoluem de abstrações para a base de padrões de interação nos campos (Fligstein, 2001, p. 108).

Naturalmente, estas regras ou significados compartilhados que fundamentam as instituições afetam e restringem as circunstâncias dos atores em seus embates (Fligstein, 2001, p. 108). Mas isso não necessariamente implica numa agência sempre determinada passivamente pela obediência a sistemas de normas e valores internalizados pelos atores (Granovetter, 1985, p. 483,485) sob o enquadramento em estruturas ou categorias sociais que eventualmente ocupem (Granovetter, 1985, p. 487), como a teoria neoinstitucionalista propõe sob o mecanismo de supersocialização (Fligstein, 2001, p. 107,110). Por outro lado, igualmente não há total consistência no modelo neoclássico subsocializado de agência sob concorrência perfeita em que atores atomizados se comportam exclusivamente de maneira racional e utilitária, defendendo interesses próprios na busca da maximização de lucros (Granovetter, 1985, p. 483,484,506).

Em lugar dessas aproximações atomizadas (Granovetter, 1985, p. 485), Fligstein elabora uma nova concepção socialmente construída de agência, com raízes na interação simbólica, chamada de habilidade social (Fligstein, 2001, p. 105). Por meio dela, atores hábeis, sob os papéis de incumbentes (dominantes), unidades de governança ou desafiadores (desafiantes), são capazes de, empaticamente, absorver a perspectiva de outros atores, persuadindo-os à cooperação (Fligstein; McAdam, 2012, p. 13-14; Fligstein, 2001, p. 106-108).

Assim, grupos de atores incumbentes, que detém maior influência num campo de ação estratégico, utilizam habilidades como edificação de identidades e significados compartilhados pela apropriação de recursos materiais e existenciais (Fligstein; McAdam, 2012, p. 15, 18) para legitimar sua posição privilegiada no campo, forjando regras que os favoreçam (Fligstein; McAdam, 2012, p. 13) e defendendo a manutenção de seus recursos e poder superiores (Fligstein; McAdam, 2012, p. 20). Para isso, esses atores coletivos contam, tipicamente, com grupos de apoio à reprodução da ordem vigente, as unidades de governança internas (Fligstein; McAdam, 2012, p. 13-14). Essas unidades, também atores hábeis, facilitam a manutenção do sistema, sua gestão, liderança e estabelecimento da lógica e regras do campo e na conexão com outros campos, geralmente alimentando a todos os demais atores com informações padronizadas para nortear decisões e ações (Fligstein; McAdam, 2012, p. 14). Dentre seus papéis mais relevantes na perpetuação do domínio dos incumbentes, porém, está o de preservar o status quo durante períodos de conflito (Fligstein; McAdam, 2012, p. 14) gerados por grupos desafiadores da estrutura e lógica do sistema (Fligstein; McAdam, 2012, p. 13). Estes últimos, ocupantes de nichos menos beneficiados no campo e, por isso, frequentemente aproveitando vantagens limitadas que o sistema oferece, também recorrem às dimensões cognitivas, empáticas e comunicativas das habilidades sociais para articular visões alternativas do campo, revertendo ou forjando coalisões e alianças políticas. Desta maneira, procuram assegurar cooperação intersubjetiva e melhorar sua posição no campo, por vezes estabelecendo novas ordens ou campos após períodos de disputa (Fligstein; McAdam, 2012, p. 13, 15, 17).

Os períodos ou episódios de disputa ou conflito, por sua vez, são iniciados por mudanças desestabilizadoras desencadeadas no próprio campo ou por choques exógenos provenientes de campos próximos (a partir dos quais são percebidos impactos de ações e/ou com os quais são mantidas ligações recorrentes), distantes (dos quais não se recebem influências e/ou com os quais não se conservam laços), verticais (aninhados hierarquicamente dentro de campos maiores), horizontais (alinhados paralelamente na hierarquia de campos), dependentes, interdependentes ou independentes (os quais experimentam influência de outros campos, entre si ou nenhuma influência, respectivamente) (Fligstein; McAdam, 2012, p. 18-19). Se os desafiadores

e incumbentes identificam uma oportunidade ou ameaça nesses momentos de instabilidade e mobilizam recursos organizacionais (apropriação social) para sustentar ação e os desafiadores insistem em interagir sob formas coletivas inovadoras durante tais ocasiões, a crise ou episódio de disputa se instala, alimentando incerteza compartilhada sobre as regras e balanço de poder estabelecidos no campo (Fligstein; McAdam, 2012, p. 20-21).

O estágio seguinte, de liquidação ou retorno à estabilidade, só é atingido quando a incerteza conflitiva é superada, o que pode significar, ocasionalmente, a instituição de novas práticas e regras, incluindo a inversão de papéis entre incumbentes e desafiadores e/ou novos atores e campos, fusão, desmembramento e *spin-off* entre campos e atores (Fligstein; McAdam, 2012, p. 21-23). Ou, comumente, para períodos de conflito corriqueiros e repetitivos no ciclo de vida dos campos, cujo processo de transformação não seja tão profundo, mas apenas incremental, há uma retomada da ordem anterior com possíveis pequenas vantagens atribuídas aos desafiadores, quando incumbentes e unidades de governança internas são bem-sucedidos no emprego de suas vantagens materiais, culturais e políticas para perpetuar seu domínio (Fligstein; McAdam, 2012, p. 12, 22).

As Figuras 17.1 e 17.2 salientam mais detalhadamente, na Linguagem de Modelagem Unificada (UML, sigla para o inglês *Unified Modeling Language*) (Fowler, 2004), esses e outros componentes principais da teoria dos campos e seus inter-relacionamentos, estaticamente (Figura 17.1) e na dinâmica de um episódio de disputa num campo de ação estratégico (Figura 17.2).

Portanto, a teoria dos campos é de nível meso, implicando em que a ação ocorre dentro de grupos organizados locais (Fligstein; McAdam, 2012, p. 7) e se ocupa em esclarecer como os atores se engajam em ações coletivas, como constroem a oportunidade para fazê-lo, as competências que carregam consigo para os episódios de disputa nas arenas estratégicas, como conquistam vitórias e, ao obtê-las, como estabilizam e mantêm a ordem resultante (Fligstein; McAdam, 2012, p. 12).

Nesse sentido, a teoria de Fligstein está sintonizada com a neoinstitucionalista em que as instituições são o resultado da interação social entre atores que se confrontam em arenas ou campos (Fligstein, 2001, p. 107) e se divorcia dos teóricos da escolha racional na importância que atribui ao histórico da construção social de identidades, interesses, ações e estruturas (Fligstein, 2001, p. 111-112). Mas, primordialmente, adiciona a essas duas correntes teóricas uma nova perspectiva para o problema da agência-estrutura fundamentada na passividade da iniciativa em atores do mundo real (Fligstein, 2001, p. 107, 110). Ao contrário, enfatiza as capacidades de manobra desses agentes para a mobilização social e sustentação de poder em ambientes mais estáveis e, em cenários turbulentos, a contribuição dessas habilidades sociais com

o papel do empreendedor institucional, que pode ser um incumbente, desafiador ou unidade de governança interna competente na criação de novos sistemas de significado para mobilizar estrategicamente os demais atores e induzir mudanças ou inovações radicais na estrutura de campos (Fligstein, 2001, p. 106-107,110,116 ; Fligstein; McAdam, 2012, p. 4, 7, 17, 28, 84, 178-183).

Esses aspectos da teoria dos campos são essenciais para o entendimento de como acontecem mudanças políticas, como leis existentes são questionadas por lobby nos governos, como ordens hierárquicas são sustentadas em campos (Fligstein; McAdam, 2012, p. 12) e, de maior interesse para este capítulo, como podem respaldar estratégias, políticas e iniciativas em favor da sustentabilidade, a exemplo do que ocorre nos empreendedorismos social e ambiental: o primeiro é caracterizado pela inovativa criação de valor social e/ou cultural em que a geração de renda e/ou lucro, isto é, valor econômico-financeiro, é condição necessária mas não suficiente (Saebi, Foss; Linder, 2018, p. 73). No segundo, a preservação e/ou conservação ambiental é fator preponderante sobre a perspectiva econômica (Saebi, Foss; Linder, 2018, p.74). Ambos, que podem manifestar-se concomitantemente sob o constructo de empreendedorismo socioambiental, são forjados não somente a partir de organizações privadas, públicas ou híbridas, mas, igualmente, de iniciativas individuais e/ou movimentos de base (Saebi, Foss; Linder, 2018, p. 72; 75-76; Van Lunenburg, Geuijen; Meijer, 2020, p. 1014).

Todavia, independentemente da procedência, a extrapolação das inovações introduzidas por tais empreendedorismos para escalas mais amplas do que as locais tende a lograr transições de regime mais significativas para a sustentabilidade no longo prazo, cujos mecanismos são explicados em grande detalhe pela TCE, desde que devidamente aplicada sob contextos de estudo específicos.

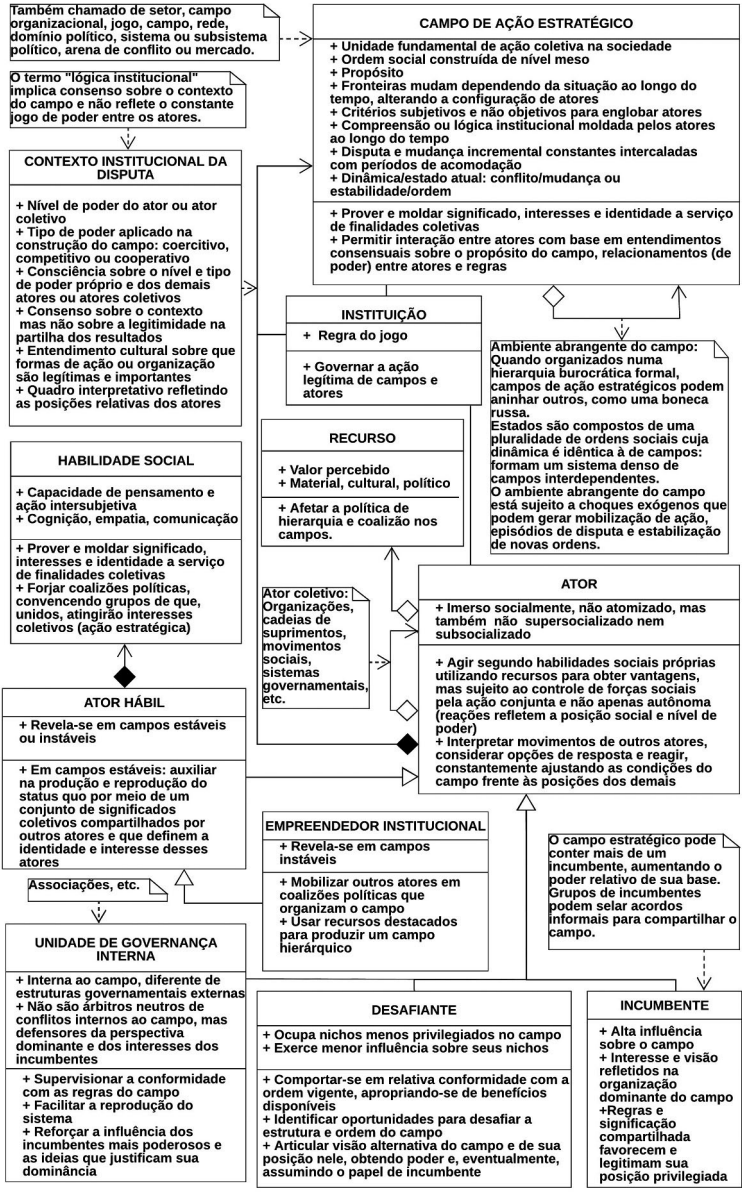


Figura 17.1 Modelo de domínio para a teoria dos campos de Fligstein.

Fonte: elaborada com base em Fligstein e McAdam (2012, p. 3-56) e Fowler (2004).

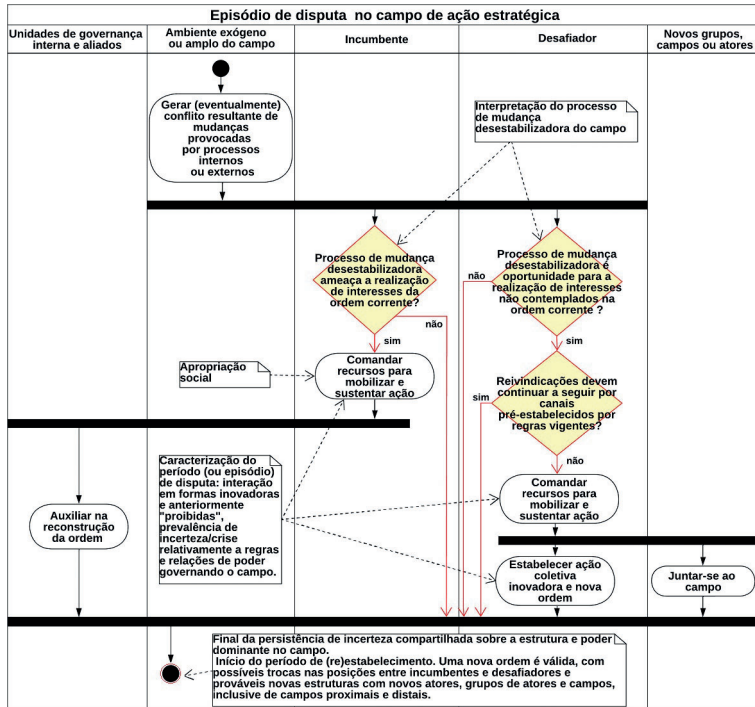


Figura 17.2 Dinâmica de um episódio de disputa.

Fonte: elaborada com base em Fligstein e McAdam (2012, p. 3-56) e Fowler (2004).

17.3.2 O neoestruturalismo sob a perspectiva da teoria dos campos de Fligstein

A teoria dos campos estratégicos de Fligstein e McAdam é resultado da compilação de referenciais cognitivos oriundos das escolas de pensamento neoinstitucionalistas de influência americana e europeia. São, portanto, arcabouços interpretativos criados a partir de cenários de nações desenvolvidas e centrais economicamente (Fligstein; Vandebroek, 2014).

No caso da América Latina e Caribe, grupo de países periféricos do sul geopolítico, impera a tradição da escola de teorias econômicas ligadas ao estruturalismo e neoestruturalismo, pois estas melhor explicam o mundo em desenvolvimento (Pérez Caldentey, 2016, p. 32).

O pensamento estruturalista é centrado em temas que, com ênfases diferenciadas, constituíram seus pilares essenciais ao longo da história latino-americana: relações de poder e dependência organizada na dualidade centro-periferia, crítica da lei de vantagens comparativas e a predominância da restrição externa, o caráter dual do desenvolvimento econômico em diferentes níveis (conforme revelado em fenômenos como a heterogeneidade estrutural), a existência de uma oferta ilimitada de trabalho (que afeta a distribuição de renda), uma visão do desenvolvimento como mudança

estrutural, a necessidade de desenvolvimento orientado pelo Estado em relação ao investimento em infraestrutura e desenvolvimento da produção, inflação como problema de desenvolvimento econômico e necessidade de integração na economia regional e internacional para superar o problema de subdesenvolvimento (Pérez Caldentey, 2016, p. 45-46).

O neoestruturalismo se desenvolveu para integrar no pensamento estruturalista as mudanças ocorridas na região e, internacionalmente, a partir do final da década de 1980, incluindo a abertura comercial, mobilidade de capitais, privatização e desregulamentação em um contexto de relações mais estreitas com o resto do mundo na globalização e maior integração regional (Pérez Caldentey, 2016, p. 47).

Longe de ser um conjunto de ideias autocontidas, estruturalismo e neoestruturalismo são sistemas abertos que se prestam ao diálogo com outras tradições de pensamento econômico, como as escolas heterodoxas. Estas incluem um conjunto heterogêneo de abordagens que abrangem as evolucionistas e institucionalistas, a escola de regulação, marxistas e radicais, e pós-keynesianos (Pérez Caldentey, 2016, p. 32).

Todas essas escolas identificam, amplamente, três falhas básicas no funcionamento das economias de mercado: (a) sua incapacidade de garantir o pleno emprego e criar empregos decentes como padrão; (b) sua tendência em gerar uma distribuição arbitrária e desigual de renda e riqueza, e (c) sua propensão à fragilidade e à instabilidade financeiras (Pérez Caldentey, 2016, p. 32).

Entretanto, uma diferença marcante entre o neoestruturalismo e o neoinstitucionalismo, incluindo, particularmente, o novo institucionalismo em sociologia econômica sobre o qual se apoia a teoria de Fligstein, é que, nestes últimos, o papel dos atores socialmente hábeis e empreendedores institucionais é central para mudanças qualitativas nos mercados (Fligstein; McAdam, 2012, p. 3-4). No caso dos países desenvolvidos esse arquétipo pode explicar grande parte das transformações nos campos econômicos, mas na conjuntura das nações em desenvolvimento, em especial na América Latina e Caribe, onde predomina o neoestruturalismo, a tendência é que a influência individual seja obscurecida pela estrutura, por restrições institucionais endêmicas e históricas, sendo a intervenção do Estado de maior relevância para reverter essas limitações (Pérez Caldentey, 2016, p. 69).

17.4 METODOLOGIA

Para atingir os objetivos enumerados na Seção 17.2, uma pesquisa bibliográfica foi conduzida com busca de referências sob a ferramenta Google Scholar a partir do texto [“teoria dos campos” Fligstein], limitada a resultados apenas em português para focalizar o caso do Brasil, levando em conta que a expressiva maioria das publicações de autores brasileiros sob tal enfoque se encontram nesse idioma.

Além disso, foram selecionados registros datados a partir do ano de 2012, em que Fligstein e McAdam publicaram seu livro, formalizando conceitos e experiências acumulados desde a primeira publicação sobre a teoria, em 2001. Com isso, aplicações mais amadurecidas da TCE puderam ser examinadas.

A busca inicial assim configurada retornou 258 trabalhos científicos que foram submetidos a um critério adicional de seleção, descartando-se aqueles que: (i) não apresentassem estrutura completa além do resumo, impossibilitando análise mais detalhada do uso da teoria; (ii) citassem vagamente a teoria de Fligstein, concentrando-se majoritariamente em outros temas e teorias; (iii) não focassem o escopo brasileiro; (iv) não pudessem ser consultados por restrição de acesso, por indisponibilidade do servidor do conteúdo ou que fizessem parte de compilações de materiais dificultando sua localização unívoca; e (v) que não se caracterizassem como manuscrito publicado em evento ou periódico científico, tese de doutorado, dissertação de mestrado, trabalho de conclusão de curso (TCC), ou capítulo de livro.

Esses procedimentos reduziram o repositório de exemplares para análise a 208 obras. Todas elas foram examinadas em seu resumo, introdução, conclusão e corpo do texto quanto ao modo de emprego dos diferentes elementos da TCE conforme descritos na Subseção 17.3.1.

Os resultados da codificação e avaliação da efetividade na aplicação da teoria para essa compilação de amostras, bem como as conclusões da pesquisa são delineados nas próximas Seções.

17.5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 17.3 lista as 28 instituições de ensino brasileiras cujos cursos de pós-graduação mais estimularam autores a empenharem trabalhos aplicando a TCE de Fligstein e McAdam a partir de 2012. A Universidade Federal de São Carlos (UFScar), particularmente por meio de seu Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, lidera o ranking. Mas menos de 20% de seus trabalhos, entre os quais se destaca Mundo Neto, Ramos e Dalla Antonia (2019), voltam-se a iniciativas de empreendedorismo socioambiental, instalando inovações em que a cooperação entre atores desafiante subverte a ordem de assimetrias de poder no campo investigado, garantindo melhoria em condições socioeconômicas para grupos sociais menos privilegiados.

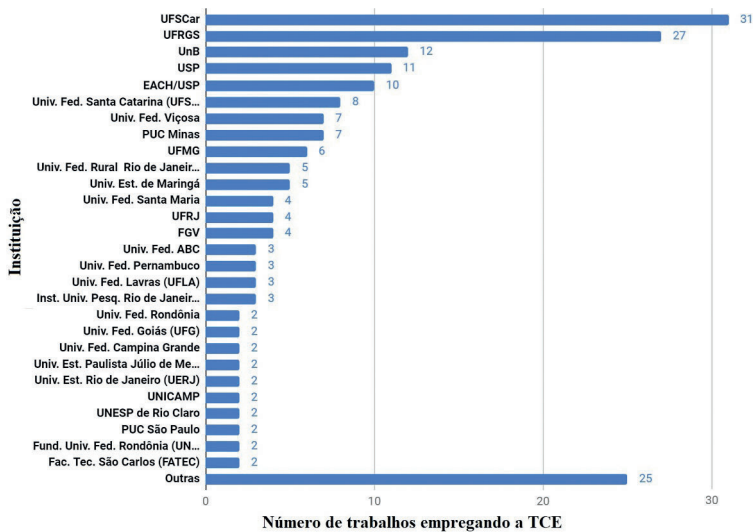


Figura 17.3 Instituições de ensino superior que realizaram trabalhos sob a TCE (janeiro de 2012 a junho de 2023).

Fonte: elaborada com base nos procedimentos da Seção 17.4.

As pós-graduações em sociologia, desenvolvimento regional e políticas públicas, além de outras, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) ocupam a segunda posição. A USP se destaca na sequência, somando 21 contribuições. Dez delas são salientadas no gráfico como provenientes da unidade EACH, mais especificamente de seu Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade, em que há maior ênfase aliando o emprego da TCE às demais dimensões do desenvolvimento sustentável que não apenas a econômica, como a ambiental, social, institucional e cultural.

A UnB também se sobressai nessa perspectiva e aparece em seguida, como a quarta instituição que mais recorreu à TCE para o quadro analítico de pesquisas, distribuindo as respectivas publicações especialmente em cursos superiores de administração, políticas públicas, ciências sociais, direito e agronegócio.

Ademais, casos nas áreas da saúde (Pereira, 2021) e educação (Rodrigues, 2015), e abordagens como de questões relacionadas ao equilíbrio fiscal e combate à corrupção (Souza, 2015), dentre outras, alinham trabalhos das diversas universidades estudadas aos pilares social e cultural, além do institucional, respectivamente.

A consolidação de produções científicas ilustrando referências mais comuns à TCE por área de conhecimento, em que os estudos de caso são a enorme prevalência, é ressaltada na Figura 17.4. Ali se confirma que a utilização da TCE a partir de programas dedicados às ciências ambientais e sustentabilidade, independentemente da instituição acadêmica de origem, atinge o sexto lugar apenas, perfazendo 7,58% do total de publicações.

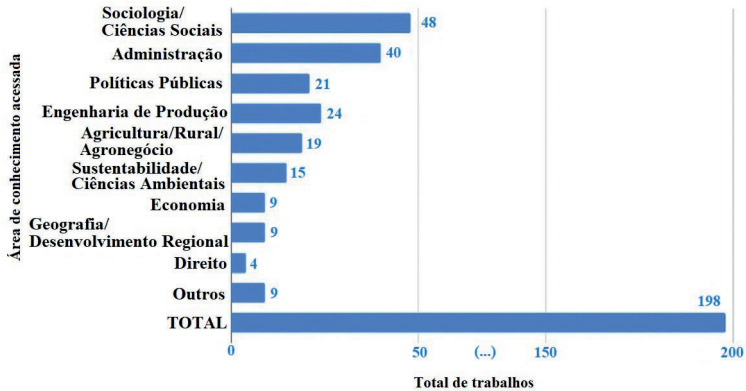


Figura 17.4 Número de publicações empregando TCE por área de conhecimento (janeiro de 2012 a junho de 2023).

Fonte: elaborada com base nos procedimentos da Seção 17.4.

A Figura 17.5 realça as quantidades de exemplares analisados por categoria de publicações derivadas desses trabalhos. Particularmente, as teses de doutorado, as dissertações de mestrado e os TCC permitiram verificar em mais detalhe como os distintos componentes da TCE foram empregados em cada trabalho por seus autores.

No conjunto dessas obras, em várias situações os papéis de atores como dominantes, desafiadores e unidades de governança são utilizados para mapear agentes e/ou suas redes e campos nos estudos de caso especificados. Alguns autores se ocupam apenas de registrar o surgimento de um novo campo recorrendo aos componentes da TCE. Um deles chega até a apontar futuras configurações possíveis de campos a partir de um estado corrente de distribuição de poder numa arena de disputa entre atores, explorando a técnica de *forecasting* (Cseh, 2018).

As unidades de governança internas e o conceito de atores coletivos estão entre os conceitos menos acessados nas análises sob a TCE estudadas. Por outro lado, atributos de habilidades sociais, construção de significados compartilhados e indução à cooperação por atores empreendedores sociais constam em praticamente todos os conteúdos analisados.

De maneira geral, entretanto, essas abstrações se manifestam por meio de fatos estilizados simplificados por generalizações induzidas pelo framework analítico da TCE: se não ocorre a cooperação entre agentes pelos atores hábeis de grupos desafiadores, a justificativa dos autores é de que os grupos dominantes estão providos de atores ainda mais hábeis, já que mobilizam recursos em maior quantidade e qualidade do que os desafiadores. Mas não porque estes desafiadores, muitas vezes, são limitados, restritos por estruturas institucionais. Ou porque os dominantes são privilegiados pelo mesmo aparato institucional.

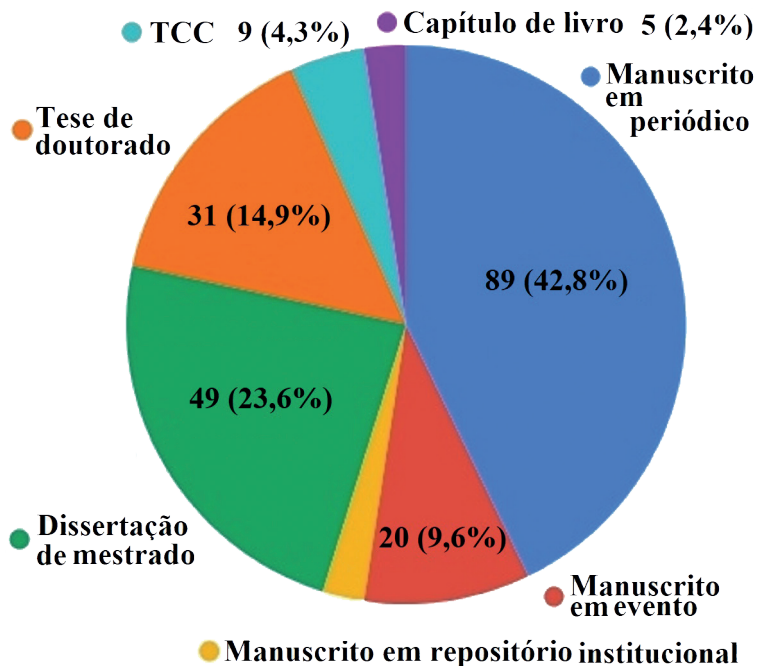


Figura 17.5 Proporção de publicações por categoria (janeiro de 2012 a junho de 2023).

Fonte: elaborada com base nos procedimentos da Seção 17.4.

Há, portanto, uma tendência ao rompimento com o estruturalismo e o neoestruturalismo do ambiente latino-americano e uma inclinação ao enfoque neoliberalista e clássico/neoclássico norte-americano, em que todos os agentes econômicos competem em igualdade de condições sob cenário institucional neutro. Os melhores recursos dos dominantes lhes são garantidos por habilidades próprias e não – ao menos em parte – pelo favorecimento da conjuntura institucional. E os desafiantes detêm recursos em número e qualidade inferiores, pela sua inabilidade social e não por condicionantes históricas das instituições que permeiam seu campo e suas arenas de embate por poder.

Nesse sentido, permanece igualmente invisível o papel do Estado como imprescindível para equilibrar tais assimetrias de poder e compensar a restrição institucional ao empreendedorismo social dos desafiantes nas arenas de conflito. A intervenção estatal por paridade nos episódios de disputa poderia estimular a emergência de novas ordens ao final desses períodos, eventualmente elegendo novos incumbentes ou invertendo os papéis entre dominantes e desafiadores nos mesmos campos ou em campos novos.

Assim, não coincidentemente, nenhum caso analisado culminou em uma evolução qualitativa após um embate por poder, estabelecendo nova ordem. As vitórias nos jogos de poder conquistadas por desafiantes foram sempre aquelas menores e

quantitativas, atribuindo-lhes vantagens limitadas. E as contribuições do Estado na transformação institucional para que mudanças qualitativas ocorressem não foram explicitadas na massiva maioria das análises observadas.

Analogamente, os autores frequentemente não indicam com exatidão quais recursos caracterizam os incumbentes como tal. Subentende-se, por exemplo, que as grandes empresas detentoras de volumes mais elevados em capital são sempre dominantes no campo. A lógica dessa asserção, geralmente, pode ser desafiada em algumas arenas de disputa em que os desafiantes, normalmente empresas de menor porte ou pequenos produtores individuais, apropriam-se de recursos inovadores como as tecnologias de informação e comunicação (TIC) das redes sociais, sensibilizando a opinião popular e alcançando vantagens políticas, além de outras manobras.

Dessa forma, análises ainda mais ricas poderiam classificar papéis incumbentes e desafiadores não como permanentemente fixos ou estáveis, mas dinamicamente assinalados aos atores no instante de sua entrada e de suas interações nas arenas de disputa. Incumbentes e desafiadores seriam identificados de acordo com os recursos de que se apropriam para competir nos jogos de poder e, claro, segundo as condicionantes da infraestrutura institucional que os fortalecem ou os enfraquecem para as batalhas nos campos. O capital figuraria como um dentre vários recursos, e o Estado, assim como as unidades internas de governança, necessariamente seria avaliado quanto à sua influência no incremento ou atenuação de poder dos incumbentes no decurso de cada embate.

Isto posto, dada uma vitória ou derrota de quaisquer desses atores em episódios de disputa, seria factível apurar qual o nível de contribuição da agência ou habilidade social individual dos agentes, de seus recursos, das instituições e, particularmente, do próprio Estado. Com isso, as inovações sociais bem-sucedidas poderiam ser reproduzidas com maior eficácia, e a experiência de aprendizado institucional seria mais tangível e representativa.

De fato, uma das obras examinadas similarmente critica o realce excessivo à habilidade social dos atores nos usos (ou abusos) do apelo ao referencial analítico da TCE. Nela, o autor demonstra a participação decisiva do Estado na ação regulatória contra vantagens econômicas indevidamente mantidas pelo poder excedente dos incumbentes em campos de ação (Carneiro, 2016).

17.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo analisou a efetividade da aplicação, pela comunidade acadêmica brasileira, da teoria dos campos estratégicos (TCE), arcabouço metodológico proposto por Fliigstein e McAdam no início dos anos 2000.

A inovação metodológica formalizada pela publicação, em 2012, de tal framework em sua íntegra começa pela abrangência em combinar quadros cognitivos derivados da sociologia econômica, dos movimentos sociais e das teorias institucionais sociológica e política para contrapor-se aos modelos clássicos e neoclássicos que circunscrevem os agentes econômicos a posições subsocializadas ou supersocializadas. O desfecho esperado é que, destacando o contexto de imersão social nos processos de transformação de mercados, nem sempre subordinados à racionalização e à otimização de lucros ou alocação de recursos pelos atores econômicos, a TCE se notabilize como referencial teórico-analítico no apoio a estratégias para sustentabilidade e empreendedorismo social.

Entretanto, a análise bibliográfica efetuada pela pesquisa que respalda este capítulo revela que somente 7,58% das publicações científicas produzidas por autores brasileiros a partir do ano de 2012 e até meados de 2023, em que se supõe amadurecimento no uso da TCE, provêm das áreas de ciências ambientais e sustentabilidade. A maioria dos trabalhos se originam no âmbito da engenharia de produção, sendo que menos de 20% destes focalizam inovações sociais em que a cooperação entre atores transgride assimetrias de poder nos campos investigados, promovendo grupos sociais menos privilegiados a melhores condições socioeconômicas. Por outro lado, há nichos acadêmicos, como o Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade da EACH-USP, que se notabilizam como influenciadores no compartilhamento de experiências com o quadro analítico da TCE dirigindo a totalidade de suas publicações sob tal framework para outras dimensões do desenvolvimento sustentável que não exclusivamente a econômica, ou seja, para a ambiental, a social, a institucional e a cultural.

Grande parte das obras se concentram entre manuscritos de periódicos (42,8%), muitos derivados de dissertações de mestrado (23,6%), seguidas de teses de doutorado (14,9%), sobressaindo-se os Programas de Pós-Graduação da UFSCar, UFRGS, USP e UnB como as principais gêneses dessas fontes.

A perspectiva de estudo de caso exercitada pelos autores, figurando como a massiva maioria das referências observadas, não se atém apenas ao domínio econômico e de mercados, mas as abstrações da TCE sob suas óticas avançam para os outros pilares do desenvolvimento sustentável que não somente o econômico, abordando casos nos setores de saúde e educação, bem como, dentre outras, questões do equilíbrio fiscal e corrupção.

As funções atribuídas à TCE sob tais escopos também são bastante variadas, passando pelo mapeamento de atores nos campos sob os papéis de incumbentes, desafiadores e unidades de governança interna, o surgimento de novos campos e até

a previsão (*forecasting*) de movimentações estratégicas nos campos a partir de uma dada configuração de poder entre os atores.

Em todos esses cenários, o quadro analítico da TCE propicia um enriquecimento inédito e importante à interpretação de resultados empíricos alicerçada sobre as metáforas de jogos de poder em arenas de disputa. Contudo, e em parte pelo seu alcance de nível meso, a TCE também impõe certas limitações à eficácia nas análises, pois, na quase totalidade dos estudos inspecionados, a associação de papéis aos atores nos campos ocorreu por intermédio de fatos estilizados e não devidamente justificados – por exemplo, a detenção de maior volume de capital para identificar como incumbente um agente no campo, quando outros recursos, comumente os tecnológicos, podem qualificar atores, mesmo desafiantes, como mais poderosos nas arenas de disputa por poder. Curiosamente, a racionalidade explicada pela maximização de recursos financeiros é exatamente uma das subsocializações que a TCE busca superar.

Entretanto, a aplicação que mais compromete a efetividade no emprego da TCE é a agregação exacerbada de relevância à habilidade social dos atores empreendedores: em praticamente todas as bibliografias visitadas, a interpretação é de que os melhores recursos permanecem sob o controle dos incumbentes por suas habilidades próprias, da mesma forma que os desafiantes mobilizam recursos em número e qualidade inferiores por habilidade social insuficiente. A preponderância do aparato institucional nessas assimetrias de poder é negligenciada e a responsabilidade do Estado, obscurecida.

Mas no Brasil, assim como em outros países latino-americanos, não predomina o clima econômico tipicamente estável dos países desenvolvidos do Norte geopolítico, o berço da TCE, em que a infraestrutura institucional e a relativa neutralidade do Estado preservam uma certa igualdade entre agentes nos embates por poder, engendrando um neoliberalismo localmente menos corrosivo. Ao contrário, na América Latina, conforme vislumbram os estruturalistas e neoestruturalistas, mazelas históricas prevalecem institucionalmente, decorrentes das relações duais centro-periferia, como dependência e restrições externas, heterogeneidade estrutural e desigualdade na distribuição de renda, dentre outras.

Tais condicionantes, que seguem omissas nas obras exploradas, são decisivas na inibição de atores sociais hábeis entre os desafiantes e no empoderamento dos incumbentes no panorama das nações em desenvolvimento latino-americanas.

Outrossim, evidenciar o posicionamento estatal como agente de equilíbrio no delineamento dos jogos de poder pela TCE é uma oportunidade que pode ser aproveitada pela comunidade acadêmica brasileira em sua difusão da metodologia inovadora de Fligstein e McAdam. Tal prática disseminaria lições aprendidas e melhores práticas que estimulariam transformações qualitativas edificadoras de novas ordens

nos campos estratégicos, homogeneizando a distribuição de poder entre atores e, eventualmente, promovendo desafiantes a incumbentes.

Esses empregos da TCE melhor conciliarão a realidade neoestruturalista latino-americana aos novos institucionalismos em economia e sociologia de viés norte-americano da TCE, auxiliando-a no cumprimento de seu potencial virtuoso, que transcende a análise econômica de mercados para ferramenta de suporte ao empreendedorismo e inovação social e ao atingimento dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável.

REFERÊNCIAS

- ACKOFF, R. L.. Towards a system of systems concepts. *Management Science*, v. 17, n. 11, 1971.
- CARNEIRO, M. S. Mercado e contestação: a atuação da crítica social e as transformações nas estratégias das empresas siderúrgicas de Carajás (1988-2012). *Política & Sociedade*, v. 15, n.33, p. 282-313, 2016.
- CSEH, A. *Mapeamento do campo da gestão de resíduos orgânicos na cidade de São Paulo*. 2019. Tese (Doutorado em Sustentabilidade) – Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo, 2019.
- FLIGSTEIN, Neil. Social skill and the theory of fields. *Sociological Theory*, v.19, n.2, p. 105-25, 2001.
- FLIGSTEIN, N.; McADAM, D. *A theory of fields*. Oxford: Oxford University Press, 2012.
- FLIGSTEIN, N.; VANDEBROECK, D. The frenzy of fields: an interview with Neil Fligstein on field-theory and social skill. *Irish Journal of Sociology*, v. 22, n.1, p. 107-29, 2014.
- FOWLER, M. *UML distilled: a brief guide to the standard object modeling language*. [S.l.] Addison-Wesley Professional, 2004. Disponível em: https://ptgmedia.pearsoncmg.com/images/9780321193681/samplepages/9780321193681_Sample.pdf. Acesso em: 19 jun. 2023.
- GRANOVETTER, M. Economic action and social structure: the problem of embeddedness. *American Journal of Sociology*, v. 91, n.3, p. 481-510, 1985.
- HITCHINS, D. K. *Systems engineering: a 21st century systems methodology*. Nova Iorque: Wiley, 2007.
- JERNECK, A.; OLSSON, L. Theoretical and methodological pluralism in sustainability science. In: MINO, T.; KUDO, S. (Ed.). *Framing in sustainability science: theoretical and practical approaches*. Springer, 2020. p. 17-33.
- MALERBA, F.; MANI, S. *Sectoral systems of innovation and production in developing countries: actors, structure and evolution*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2009.
- MUNDO NETO, M.; RAMOS, R. F.; DALLA ANTONIA, L. Parceiros na expansão da agroecologia em São Paulo. *Revista Interface Tecnológica*, v. 16, n. 1, p. 393-405, 2019.

- NEE, V. The new institutionalisms in economics and sociology. In: SMELSER, N. J.; SWEDBERG, R. (Ed.). *The handbook of economic sociology*. 2nd ed. Princeton: Princeton University Press, 2005. p. 49-74.
- PEREIRA, T. J. E. *A gestão de uma epidemia: estabilidade e mudança no campo do HIV/Aids no Brasil (1980-2013)*. 2021. 344 f. Tese (Doutorado em Políticas Públicas) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.
- PÉREZ CALDENTEY, E. A time to reflect on opportunities for debate and dialogue between (neo) structuralism and heterodox schools of thought. In: HÁRCENA, A.; PRADO, A. (Ed.). *Neosstructuralism and heterodox thinking in Latin America and the Caribbean in the early twenty-first century*. Santiago: ECLAC, 2016. p. 31-83.
- RODRIGUES, S. G. *A emergência do “campo” da educação permanente em saúde no Brasil: o ordenamento da formação de recursos humanos no Sistema Único de Saúde 2003-2007*. 2015. 116 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Coletiva) – Escola de Enfermagem, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.
- RUGGERIO, C. A. Sustainability and sustainable development: a review of principles and definitions. *Science of the Total Environment*, v. 786, 2021.
- SAEBI, T.; FOSS, N. J.; LINDER, S. Social entrepreneurship research: past achievements and future promises. *Journal of Management*, v. 45, n.1, p.70-95, 2019.
- STEVENS INSTITUTE OF TECHNOLOGY. *The guide to the systems engineering body of knowledge (SEBoK)*. v. 2.9. Nova Jersey, 2023. Disponível em: [https://sebokwiki.org/wiki/Guide_to_the_Systems_Engineering_Body_of_Knowledge_\(SEBoK\)](https://sebokwiki.org/wiki/Guide_to_the_Systems_Engineering_Body_of_Knowledge_(SEBoK)). Acesso em: 18 fev. 2024.
- SOUZA, T. S. C. *Ideias, atores e campos estratégicos: a transferência de ideias e práticas entre o campo de combate à corrupção e o campo da política fiscal no Brasil*. 2015. 251 f. Tese (Doutorado em Sociologia) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.
- TUSHMAN, M. L.; MURMANN, J. P. Dominant designs, technology cycles, and organization outcomes. *Academy of Management Proceedings*, v. 1998, n. 1, p. A1-A33, 1998.
- VAN LUNENBURG, M.; GEUIJEN, K.; MEIJER, A. How and why do social and sustainable initiatives scale? A systematic review of the literature on social entrepreneurship and grassroots innovation. *International Journal of Voluntary and Nonprofit Organizations*, v. 31, n.5, p. 1013-14, 2020.
- VARGO, S. L.; AKAKA, M. A.; WIELAND, H. Rethinking the process of diffusion in innovation: a service-ecosystems and institutional perspective. *Journal of Business Research*, n.116, 2020.

Eixo 5:
Propostas teórico-metodológicas

CAPÍTULO 18

Análise sociológica do discurso como procedimento metodológico para o estudo de campos de ação estratégica

Érico Luciano Pagotto

Sylmara Lopes Francelino Gonçalves-Dias

RESUMO

O objetivo deste capítulo é apresentar uma proposta metodológica para operacionalização da análise sociológica do discurso no mapeamento da estrutura e da dinâmica de campos de ação estratégica. Trata-se de uma proposta teórico-metodológica considerando a análise comparativa entre técnicas e métodos de pesquisa qualitativa, sintetizada em um modelo conceitual. Ao final, apresenta-se como exemplo a aplicação desse modelo conceitual na análise de políticas públicas de produção e consumo sustentáveis. O modelo proposto se mostrou bastante consistente para subsidiar pesquisas futuras cujos domínios substantivos sejam apoiados pela teoria dos campos como domínio conceitual com utilização da análise sociológica do discurso como estratégia metodológica.

Palavras-chave: teoria dos campos; Análise do Discurso; metodologia; sustentabilidade.

SOCIOLOGICAL DISCOURSE ANALYSIS AS A METHODOLOGICAL FRAMEWORK FOR STRATEGIC ACTION FIELDS STUDY

ABSTRACT

This study aims to present a methodological proposal for the operationalization of Sociological Discourse Analysis in the mapping of structure and dynamics of Strategic Action Fields. It is a theoretical-methodological proposal which considers the comparative analysis between qualitative research techniques and methods, synthesized in a conceptual model. In the end, it is presented as example, the application of this conceptual model in the public policy analysis of Sustainable Production and Consumption. The proposed model proved to be very consistent to subsidize future research in which the substantive domains are supported by the Field Theory as a conceptual domain, with the use of sociological discourse analysis as a methodological strategy.

Keywords: theory of fields; Discourse Analysis; methodology; sustainability.

18.1 INTRODUÇÃO

A Nova Sociologia Econômica é uma abordagem interdisciplinar e abrangente, com diversos autores e correntes de pensamento, dentre elas a chamada “teoria de campos”, que privilegia o interacionismo simbólico e tem origem nos trabalhos desenvolvidos pelo psicólogo alemão Kurt Lewin a partir da década de 1940 e, mais tarde, pelo sociólogo francês Pierre Bourdieu. Nesse contexto, os sociólogos estadunidenses Neil Fligstein e Doug McAdam (2012) propuseram a chamada teoria de campos de ação estratégica (TCAE), que busca compreender como a ordem social se desenvolve e como as mudanças sociais ocorrem em uma *mesoescala* de ação em que determinadas regras sociais são produzidas e mantidas, ainda que não claramente expostas. Sob essa perspectiva teórica, visam a aprofundar a discussão sobre o papel de atores coletivos e sua dinâmica na transformação do espaço social, aproximando sua teoria de campos da de outros pesquisadores que estudam os movimentos sociais.

Do ponto de vista metodológico, Fligstein e McAdam (2012) propõem que a TCAE traz um conjunto flexível de conceitos e relações aplicáveis não apenas a uma ampla gama de contextos, mas também do ponto de vista da filosofia das ciências e de diferentes técnicas de pesquisa, sejam elas mais positivistas ou realistas, quali- ou quantitativas, desde que a pesquisa se mantenha ancorada numa clara compreensão sobre a TCAE. Dessa maneira, o objetivo deste estudo foi apresentar uma proposta metodológica para operacionalização da análise do discurso, em particular da análise sociológica do discurso (ASD), para pesquisas cuja fundamentação seja a teoria de campos de ação estratégica (TCAE). Tratou-se de uma proposta teórico-metodológica, considerando-se a análise comparativa entre técnicas e métodos de pesquisa qualitativa, sintetizada em um modelo conceitual.

Para responder a tal objetivo, o presente capítulo foi organizado em quatro Seções, além desta Introdução. Na 18.2, são apresentados o conceito e os principais elementos da TCAE. A 18.3 traz uma síntese da ASD, seus principais autores e apresenta como aplicá-la de forma operacional, organizada em etapas. A 18.4 apresenta um modelo teórico-metodológico integrador que pode ser empregado de forma empírica para análise de campos de ação estratégica e, por fim, a 18.5 traz as considerações finais.

18.2 TEORIA DE CAMPOS DE AÇÃO ESTRATÉGICA: UM BREVE PANORAMA

Pela definição de Fligstein e McAdam (2012), os campos de ação estratégica (CAE) são ordens sociais de “mesonível”, estruturantes da organização social como um todo, incluindo sociedade civil, mercados e Estado, as quais partilham um conjunto de pressupostos ou regras que caracterizam a dinâmica que nele se estabelece. Os CAE têm a característica de estarem “imersos” em um campo maior, formado por

inúmeros outros campos inter-relacionados por meio de diferentes níveis de conexão e que, no conjunto, formam um sistema intrincado de campos de ação estratégica, sendo que cada ator busca estabelecer para si o melhor nível possível de imersão e conexão a partir das configurações dos campos. O Quadro 18.1 traz os principais construtos teóricos da TCAE.

Quadro 18.1 Principais construtos teóricos da TCAE

Construtos	Definição
Campos de ação estratégica	São ordens sociais de <i>mesonível</i> , estruturantes da organização social como um todo, incluindo sociedade civil, mercados e Estado. Os CAE possuem um conjunto compartilhado de pressupostos ou regras que caracterizam a dinâmica que nele se estabelece. Estão sempre imersos em outros campos, e sua estabilidade depende da relação que mantém com outros campos.
Atores sociais	Incumbentes: são aqueles que dispõem de maior poder, e assim suas visões e interesses tendem a ser os que prevalecem em dado campo.
	Desafiantes: ocupam posição menos privilegiada e têm menor influência sobre o campo.
	Estatais: o Estado representa um conjunto formado por diversos CAEs, cujos atores reivindicam para si o poder de estabelecer regramentos em um dado território geográfico.
Unidades Internas de Governança – UIG	Institucionalização de conjuntos de regras tácitas ou explícitas construídas por atores incumbentes e utilizadas para manter sua dominância no campo, permitindo que o sistema funcione e se reproduza.
Estágios	Os atores disputam recursos ao longo do tempo investindo esforços para atingir seus objetivos. À medida que performam, o campo pode configurar um dos três estágios: emergente, estável ou em transformação.

Fonte: elaborado com base em Fligstein e McAdam (2012).

Os trabalhos de Fligstein (2007) e Fligstein e McAdam (2012) trazem indicações sobre como esses conceitos podem ser operacionalizados em estudos empíricos para revelarem a lógica de um CAE, dada pela confluência dos valores em disputa, pelas “regras do jogo”, pelo poder de cada ator social e pela leitura própria que cada ator faz a partir de sua posição em relação às demais. Nesse sentido, os autores recomendam:

- identificar a existência do campo, seus atores participantes, como ele funciona e quais são as ferramentas disponíveis para que os atores estratégicos reforcem sua existência no status quo;
- dentre os atores sociais, identificar quais são seus recursos e as regras que orientam a possibilidade de ação;
- identificar os principais conflitos existentes e quem são seus defensores;
- procurar os empreendedores institucionais e examinar suas táticas. Como eles divulgam suas ideias, constroem cooperações políticas, persuadem os outros e criam novas identidades?

Portanto, para que a TCAE seja operacionalizada do ponto de vista empírico, os métodos devem permitir revelar quem são os atores, quais são os conflitos, alianças e valores em disputa, quais as unidades internas de governança e como se movimentam os atores no campo. A Seção 18.3 traz uma breve revisão teórica sobre análise do discurso, e destaca como um tipo específico, a análise sociológica do discurso, pode ser aplicada no mapeamento e análise de um CAE.

18.3 ANÁLISE SOCIOLÓGICA DO DISCURSO: ABORDAGEM E CARACTERÍSTICAS

Godoi, Coelho e Serrano (2014) falam sobre as diferentes “tradições” na prática da Análise do Discurso (AD). Dentre as mais conhecidas, as autoras citam quatro: a americana, a britânica, a alemã e a francesa. As autoras tratam também de uma quinta tradição, menos utilizada que as anteriores, que é a espanhola, conhecida como “Análise Sociológica do Discurso” (ASD) ou “Análise Socio-hermenêutica do Discurso”, desenvolvida desde o início da década de 1970 (Quadro 18.2).

Quadro 18.2 Características das principais abordagens da Análise do Discurso

Abordagem	Característica	Referência
Americana	Gramática gerativa.	Chomsky (1999)
Britânica	Análise crítica do discurso.	Fairclough (1995)
Francesa	Análise das formações discursivas e da semântica materialista.	Pêcheux (1969)
Alemã	Ênfase na racionalidade comunicativa.	Habermas (1986)
Espanhola	Análise sociológica do discurso, contextual e “externalista”.	Conde (2009)

Fonte: elaborado com base em Godoi, Coelho, Serrano (2014) e Borchardt, Siena (2016).

Há, portanto, diferentes abordagens da AD, e mesmo dentro da ASD há diversas possibilidades metodológicas. Conde (2009) aponta, no entanto, que duas características são comuns às diversas correntes da ASD e distinguem-na das demais tradições da AD. A primeira é o fato de estar focada em evidenciar as relações de poder a partir de quem emite os discursos e seu contexto sócio-histórico, numa abordagem mais contextual e “externalista”. A segunda é o foco no “corpo dos textos” em sua totalidade, sem recortes e levando-se em consideração o poder dos próprios discursos e seus respectivos atores sociais, decorrentes de sua força simbólica intrínseca. Ou seja, na ASD se busca compreender não apenas os discursos, mas também os papéis protagonizados pelos atores sociais que os emitem e seus respectivos contextos.

Tanto Conde (2009) como Godoi e Coelho (2011) destacam que, por um lado, a ASD se aproxima do olhar crítico das tradições francesa e britânica, mas por outro se diferencia ao valorizar o contexto histórico em que o discurso ocorre e por levar em

conta os interesses dos atores sociais envolvidos. Para Rodríguez Victoriano (2003, p. 25), a ASD “consiste na reconstrução crítica de seu sentido ligada à contextualização histórica de sua enunciação”. Ruiz Ruiz (2009) sintetiza afirmando que a ASD permite estabelecer uma conexão com o social em seu sentido mais amplo. Godoi, Coelho e Serrano (2014) consideram que a ASD se fundamenta em fenomenologia, etnologia e teoria crítica, buscando compreender o texto e o contexto social, reconstruindo os interesses dos atores numa perspectiva histórica. Dessa maneira, a importância atribuída ao contexto pelas análises do discurso de caráter pragmático amplia a possibilidade de interpretação do discurso (e transformação do contexto), mas não garante o encontro de objetivações e regularidades, ao contrário, amplia o campo de incertezas. Outros autores que têm utilizado a ASD são, por exemplo, Garcia, Ibáñez e Alvira (1986), Ibáñez (1979; 1990), Conde (2002; 2009) e, no Brasil, Godoi e Coelho (2011), Borchardt, Siena (2016), entre outros. Para fins operacionais, Ruiz Ruiz (2009) propõe um modelo para ASD em três etapas, que devem ser compreendidas de forma integrada e dialógica: análise textual, contextual e interpretação sociológica.

Na análise textual, parte-se do texto integral em sua forma e estrutura para se investigar “o que se diz”. Godoi e Coelho (2011) explicam que a ASD busca no texto integral evidências dos conteúdos que busca revelar. Já o contexto é a dimensão mais ampla do texto, suporte das interpretações, que envolve as subjetividades, as ações, os objetos e os efeitos discursivos. O contexto é criado pelo próprio texto para constituir o discurso (Godoi *et al.*, 2014). Assim, na análise contextual, busca-se desvelar as intenções discursivas investigando-se dois contextos: um situacional e outro intertextual (Ruiz Ruiz, 2009). O situacional considera quem diz e em que contexto diz. O intertextual considera as interrelações do discurso, ou seja, as conexões com outros discursos e atores sociais – o que Conde (2009) chama de “sistema de discursos”. O uso de determinados jargões, por exemplo, pode ter efeitos distintos sobre diferentes audiências. Por fim, a interpretação sociológica busca revelar aspectos ideológicos do discurso, ou seja, o que está em jogo do ponto de vista sociológico, o que se quer dizer “por trás das palavras”, que Conde (2009) chama configurações narrativas.

Por outro lado, Godoi e Coelho (2011) ressaltam que os procedimentos metodológicos da ASD têm uma lógica temporal, mas é sempre permeável a alterações, podendo inclusive realizar alguns de forma simultânea. No Quadro 18.3, os procedimentos de análise baseados em ASD estão sintetizados.

Quadro 18.3 Procedimentos de análise em ASD

Etapas	Breve descrição das etapas
Análise das posições discursivas	<ul style="list-style-type: none"> • Perspectiva ou pontos de vista que os participantes adotam para abordar o tema. • Respostas às perguntas: Quem fala? De qual posição se fala (lugar social)? • Guia geral para a análise e construção dos discursos.
Análise das configurações narrativas	<ul style="list-style-type: none"> • Tensões, conflitos, diferenças de posições e de opiniões expressadas pelos participantes. • Respostas às perguntas: O que está em jogo no que se fala? O que se quer dizer com o que disse? • Geração de uma primeira hipótese sobre dimensões, eixos ou vetores dos textos. • Relaciona-se com a análise de posições discursivas, podendo ocorrer simultaneamente.
Análise dos espaços semânticos	<ul style="list-style-type: none"> • Configuração e delimitação dos principais conteúdos e suas materialidades verbais. • Análise dos atores semânticos, dos segmentos argumentativos e discursivos. • Respostas às perguntas: De que se fala? Como se organiza a fala? • Análise do uso da língua, dos discursos concretos dos participantes e de como esse discurso se vincula ou se dissocia as diferentes formas de abordar o objeto de investigação. • Relaciona-se com o “campo semântico” – conjunto de unidades léxicas, dotadas de organização estrutural subjacente, consideradas como hipóteses de trabalho.
Relação entre configurações narrativas e espaços semânticos	<ul style="list-style-type: none"> • Análise dos desajustes e distanciamento entre a análise das configurações narrativas e dos espaços semânticos, em função dos objetivos da pesquisa.

Fonte: elaborado com base em Godoi, Coelho e Serrano (2014).

Com os procedimentos metodológicos esquematizados, não se pretende engessar a análise que, na verdade, é um processo criativo, intuitivo e reflexivo, mas guiar o/a pesquisador/a, pois a ASD não tem uma forma ou padrão fechado de realização, mas diferentes formas, dependendo da pesquisa e do pesquisador.

Até aqui, procurou-se demonstrar que as três etapas da análise sociológica do discurso preconizam um processo contínuo e iterativo de coleta, interpretação, reflexão e reconfiguração das análises com muitas idas e vindas para identificar padrões, diferenças, interesses e disputas. A Seção 18.4 discute as aproximações entre a ASD e a TCAE.

18.4 APROXIMAÇÕES TEÓRICO-METODOLÓGICAS ENTRE A TEORIA DE CAMPOS DE AÇÃO ESTRATÉGICA E A ANÁLISE SOCIOLÓGICA DO DISCURSO

Uma das principais forças da TCAE é a sua capacidade interpretativa e analítica a respeito da dinâmica de atores em disputas em um enquadramento de *mesoescala*, ou seja, uma escala que permite “enxergar” a forma como organizações mobilizam recursos (humanos, financeiros, políticos etc.) para manterem ou disputarem espaço no campo com outros atores sociais. Já a ASD, enquanto estratégia metodológica, permite identificar, a partir de discursos de atores sociais em determinados contextos, o que está por trás das palavras, ou seja, uma interpretação sociológica das disputas e interesses.

Por sua vez, Brinberg (1982) propõe que o processo de pesquisa de um determinado fenômeno envolve três domínios: o substantivo, o teórico e o metodológico. Domínio substantivo se refere aos fenômenos e processos que constituem a realidade a ser investigada. Domínio teórico se refere às bases teóricas da pesquisa, incluindo os conceitos e interrelações dentro de determinado campo do conhecimento. Por fim, domínio metodológico se refere ao conjunto de procedimentos e técnicas para observação e interpretação do fenômeno estudado.

Com base nisso, é possível propor que a TCAE constitui um amplo domínio teórico que pode ser analisado por meio da ASD como domínio metodológico para investigar fenômenos em diferentes domínios substantivos, como políticas públicas, disputas mercadológicas, conflitos urbanos, entre outros. Tomando-se como referência a proposta de Ruiz Ruiz (2009) para a ASD e os principais construtos teóricos da TCAE de Fligstein e McAdam (2012), pode-se propor um modelo integrativo como o apresentado na Figura 18.1.

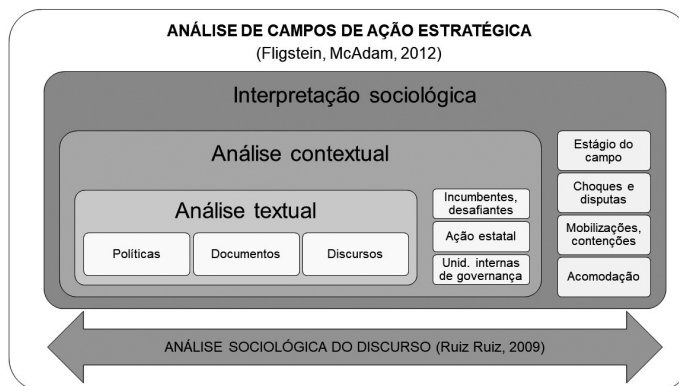


Figura 18.1 Modelo conceitual de integração entre a teoria de campos de ação estratégica e a análise sociológica do discurso.

Fonte: adaptada de Fligstein, McAdam, 2012.

De acordo com esse modelo, a etapa de análise textual parte de elementos como discursos emitidos por diferentes representantes dos atores sociais, documentos produzidos ao longo do processo de surgimento e transformação do campo e de políticas estatais ou organizacionais. Na etapa contextual, são identificados os atores sociais do CAE e seus papéis (incumbentes, desafiantes, estatais), bem como as Unidades Internas de Governança (UIG). Muito embora existam UIG formalizadas em documentos, acordos, políticas etc., é na etapa de análise contextual que elas são analisadas em relação aos incumbentes que as criaram e seu poder de legitimação sobre os desafiantes. Por fim, na etapa de interpretação sociológica são identificadas as crises, choques e conflitos entre incumbentes e desafiantes, as mobilizações,

alianças e (tentativas de) contenção de cada ator social em busca de uma melhor acomodação no campo.

Vale destacar que esse modelo é apenas sugestivo de como a integração entre ASD e TCAE pode se dar, sem a pretensão de estabelecer restrições ou precedências entre as etapas, uma vez que o processo de análise é dinâmico e iterativo. Assim, por exemplo, a análise contextual e interpretação sociológica podem ocorrer simultaneamente para identificar os atores, seus papéis, interesses, visões de mundo, posições no campo, interrelações sistêmicas com outros atores, cooperações, conflitos, crises existentes no campo, como os atores agem em busca da manutenção da ordem, como persuadem outros atores e como exploram oportunidades a partir das crises.

Essa integração entre ASD e TCAE foi utilizada por Pagotto (2019) em uma pesquisa cujo objetivo foi mapear e analisar um CAE emergente, chamado de “Produção e Consumo Sustentáveis” (PCS). As fontes de dados utilizadas foram documentos, relatórios, atas e planos elaborados durante a formação do campo. Como instrumento de análise, além da ASD, a pesquisa utilizou também técnicas de codificação temática (Gibbs, 2009; Strauss; Corbin, 2008). A Figura 18.2 apresenta um resumo das etapas metodológicas utilizadas pelo autor.

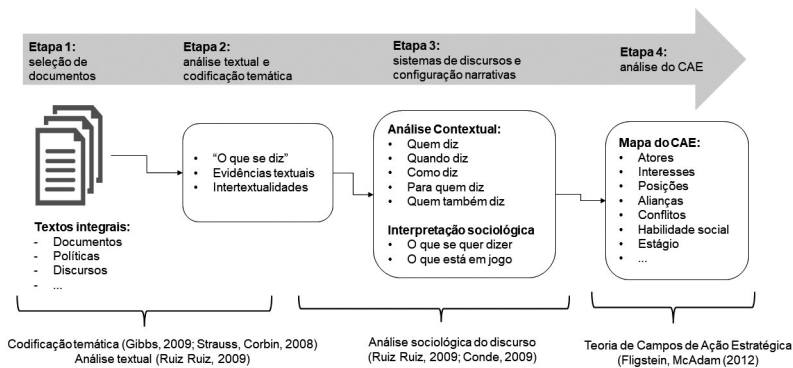


Figura 18.2 Procedimento metodológico para integrar análise sociológica do discurso, codificação temática e teoria de campos de ação estratégica.

Fonte: adaptada de Pagotto (2019).

Os documentos levantados pelo autor sobre as políticas de PCS permitiram rastrear todo o seu processo histórico de surgimento, desde a década de 1990 até 2019, ano de realização da pesquisa. Foram dezenas de documentos, incluindo decretos, atas, relatórios, transcrições de reuniões e planos que revelaram como o campo foi se constituindo à medida que cada um dos diversos atores estatais e não estatais ingressaram no campo e estruturaram-no por meio da criação de diversas Unidades

Internas de Governança (UIG). Assim, por exemplo, uma importante UIG foi o Comitê Gestor de Produção e Consumo Sustentáveis (CGPCS), composto por atores estatais, do setor privado e da sociedade civil, cuja composição mudou ao longo do tempo e que foram responsáveis por produzir diversas outras UIG, como os planos do primeiro e do segundo ciclos de avaliação de PCS.

A etapa de análise contextual da ASD procurou analisar os discursos de cada ator social, verificando quem diz o que, como, quando, onde, para quem e quem também diz. Isso revela, em um primeiro momento, quais são os interesses, alianças, coalizões, conflitos, dinâmicas no campo e, também, em um segundo momento, quem são os atores dominantes e quem são os desafiantes.

Como exemplo, Pagotto (2019) destaca que consta em uma das atas de reuniões do CGPCS que o representante do setor industrial solicita a retirada de expressões como “combate à obsolescência programada” e “aumento da durabilidade dos produtos” justificando que esta última “não pode ou deve ser empregada para todos os produtos, pois em alguns momentos, pode inibir a inovação”. Por outro lado, uma das representantes da sociedade civil pontua que:

Nós não vamos ter consumo sustentável se nós não tivermos uma produção sustentável [...]. Temos um Plano [PPCS] que está quase que completamente embasado em iniciativas voluntárias. O Estado está se isentando do papel de formulador de política pública estruturante de regular e de fiscalizar. Eu fico meio com receio de ter um plano que seja só como se fosse uma vitrine de boas práticas (Pagotto, 2019, p. 137).

Este caso demonstra como analisar as posições de diferentes atores sociais sobre temas relacionados à PCS permite identificar as configurações narrativas de acordo com os respectivos interesses, e como esses interesses podem influenciar e dar forma às UIG que vão sendo criadas no campo.

Por fim, na terceira etapa da ASD, que é interpretação sociológica do discurso, procura-se revelar os valores em disputa, ou seja, “o que está em jogo” para cada um dos atores sociais no campo. A integração de todas as configurações narrativas em um campo permite traçar um mapa de como os atores estão posicionados naquele CAE. A pesquisa elaborada por esse autor revelou os interesses dos atores no campo, e de que forma os incumbentes têm impedido a emergência de pautas voltadas à redução substantiva da produção e consumo, uma vez que são os principais beneficiários da manutenção da situação atual. As disputas que estão em jogo naquele campo compreendem a regulamentação/desregulamentação dos sistemas de produção e con-

sumo, as estratégias empresariais de comunicação, a organização dos investimentos necessários, e a prestação de contas às partes interessadas.

18.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir deste estudo, foi possível demonstrar de forma conceitual e empírica como os domínios teórico e metodológico da TCAE e da ASD, respectivamente, podem ser associados para ampliar a capacidade analítica de se compreender o surgimento, a estruturação e a dinâmica de um campo, bem como as disputas que nele ocorrem. Portanto, este capítulo traz contribuições efetivas para que pesquisas futuras utilizem estratégias metodológicas que aproximem de maneira consistente, coerente e robusta a teoria de campo de ação estratégica e a análise sociológica do discurso. Espera-se que outras pesquisas em domínios substantivos distintos possam se utilizar do modelo aqui proposto, tendo em vista sua vasta gama de possíveis aplicações.

REFERÊNCIAS

- BORCHARDT, M. A.; SIENA, O. Discurso organizacional sobre sustentabilidade no contexto do complexo hidrelétrico do Rio Madeira. *Revista Espacios*, v. 37, n. 32, 2016.
- BRINBERG, D. Validity concepts in research: an integrative approach. In: MITCHELL, A.; ABOR, A. *Advances in consumer research*. v. 9. MI: Association for Consumer Research, 1982. p. 40-4.
- CHOMSKY, N. *O programa minimalista*. Lisboa: Caminhos, 1999.
- CONDE, F. G. A. *Análisis sociológico del sistema de discursos*. Madrid: Centro de Investigaciones Sociológicas, 2009.
- DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. (Ed.). *The SAGE handbook of qualitative research*. 3rd ed. Thousand Oaks: Sage, 2005.
- FAIRCLOUGH, N. *Critical Discourse Analysis*. Harlow: Longman Group UK Limited, 1995.
- FLIGSTEIN, N. Habilidade social e a teoria dos campos. *RAE – Revista de Administração de Empresas*, v. 47, n. 2. p. 61-80, 2007.
- FLIGSTEIN, N.; McADAM, D. *A theory of fields*. Oxford: Oxford University Press, 2012.
- GARCIA, M.; IBÁÑEZ, J.; ALVIRA, F. (Org.). *El análisis del realidad social: métodos y técnicas de investigación*. Madrid: Alianza, 1986.
- GIBBS, G. *Análise de dados qualitativos*. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- GODOI, C. K.; COELHO, A. L. A. L. Análise sociológica do discurso: aproximação dos elementos epistemológicos, metodológicos e técnicos ao campo organizacional. XXV ENCONTRO DA ANPAD, 2011, Rio de Janeiro, *Anais [...]*. Rio de Janeiro: 4 a 7 de setembro de 2011.
- GODOI, C. K.; COELHO, A. L. A. L.; SERRANO, A. Elementos epistemológicos e metodológicos da análise sociológica do discurso: abrindo possibilidades para os estudos orga-

- nizacionais. *Organizações & Sociedade*, v. 21, n. 70, p. 509-36, jul./set. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1984-92302014000300009>. Acesso em: 25 set. 2023.
- HABERMAS, J. *The theory of communicative action*. Cambridge: Polity Press. [1981] 1986.
- IBÁÑEZ, J. Autopercepción intelectual de un proceso histórico: autobiografía (los años de aprendizaje de Jesús Ibáñez). *Anthropos*, n. 113, p. 9-30, 1990.
- IBÁÑEZ, J. *Más allá de la sociología*. El grupo de discusión: técnica y crítica. Madrid: Siglo XXI, 1979.
- PAGOTTO, É. L. *Política de produção e consumo sustentáveis: estudo sob a perspectiva de campos de ação estratégica*. 2019. Tese (Doutorado em Sustentabilidade) – Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019. Disponível em: [doi:10.11606/T.100.2019.tde-29112019-165548](https://doi.org/10.11606/T.100.2019.tde-29112019-165548). Acesso em: 25 set. 2023.
- PÊCHEUX, M. Análise Automática do Discurso. In: GADET, F.; HAK, T. (Org.). *Por uma Análise Automática do Discurso: uma introdução à obra de Michel Pêcheux*. Campinas: Unicamp, 2010. (Trabalho original publicado em 1969.)
- VICTORIANO, J. M. R. *Los discursos sobre el medio ambiente en la sociedad valenciana (1996-2000)*. Un análisis cualitativo a partir del conflicto ecológico-social de la Albufera. 2003. 559 f. Tesis (Doctorado em Sociología) – Facultad de Ciencias Sociales: Departamento de Sociología y Antropología Social, Universidad de Valencia-Estudio General, Valencia, 2003.
- RUIZ RUIZ, J. Análisis sociológico del discurso: métodos y lógicas. *Forum Qualitative Sozialforschung/Forum. Qualitative Social Research*, v. 10, n. 2, art. 26, 2009.
- STRAUSS, A.; CORBIN, J. *Pesquisa qualitativa: técnicas e procedimentos para o desenvolvimento da teoria fundamentada*. Porto Alegre: Artmed, 2008.

CAPÍTULO 19

Análise sobre o papel histórico e contemporâneo da ecocrítica diante da crise ambiental global

Rodrigo Massao Kurita¹

André Felipe Simões

RESUMO

A ecocrítica surge em meados da década de 1980 como um novo paradigma de estudos literários pautado na defesa e proteção do meio ambiente. Esse movimento emerge da premência do enfretamento da crise ambiental causada pelas atividades antrópicas e, de modo correlato, da necessidade de expandir a consciência socioambiental em prol de maior engajamento ambiental preservacionista. Nesse contexto, o presente capítulo, por meio de revisão bibliográfica, objetivou caracterizar e analisar os antecedentes históricos da ecocrítica vis-à-vis suas principais escolas teóricas. Destarte, este estudo almejou uma análise crítica e pormenorizada da ecocrítica sob o prisma

1 O autor Rodrigo Massao Kurita agradece à Capes pelo apoio financeiro, no contexto da Bolsa de Demanda Social (Capes – DS). Já o autor André Felipe Simões agradece à Capes e ao CNPq, pelo apoio financeiro, respectivamente, no contexto de Bolsa de Professor Visitante no Exterior (usufruída durante a feitura deste trabalho) e de Bolsa de Produtividade PQ2.

das externalidades socioambientais correlatas ao pós-colonialismo e com foco na mitigação da crise ambiental global. Foi possível, no contexto do desenvolvimento deste estudo, caracterizar e analisar as principais dificuldades faceadas pelos ecocríticos pós-coloniais ao tentarem, de modo inconsciente, descaracterizar as narrativas ecocríticas do Sul Global. Observou-se, de maneira conclusiva, que uma das principais contribuições da ecocrítica se refere à adição de novas perspectivas metodológicas e teóricas na instrumentalização do pensar com sensibilidade ecológica, bem como no que tange ao fortalecimento do engajamento das correntes biocêntricas em contraposição ao antropocentrismo.

Palavras chave: ecocrítica; conscientização socioambiental; pós-colonialismo; mitigação da crise ambiental.

ANALYSIS OF THE HISTORICAL AND CONTEMPORARY ROLE OF ECOCRITICISM IN THE CONTEXT OF THE GLOBAL ENVIRONMENTAL CRISIS

ABSTRACT

Ecocriticism emerged in the mid-1980s as a new paradigm of literary studies based on the defense and protection of the environment. This movement emerges from the urgency of facing the environmental crisis caused by anthropic activities and, correlatively, from the need to expand socio-environmental awareness for greater environmental preservationist engagement. In this context, the present work aimed to characterize and analyze the historical antecedents of ecocriticism vis-à-vis its primary theoretical schools. Concomitantly, this study, through an literature review, aimed at a critical and detailed analysis of ecocriticism from the perspective of socio-environmental externalities correlated to post-colonialism, and focusing tackling the global environmental crisis. It was possible, in the context of the development of this study, to characterize and analyze the main difficulties faced by postcolonial ecocritics when trying, unconsciously, to mischaracterize the ecocritical narratives of the Global South. It was conclusively observed that one of the main contributions of the ecocriticism was the addition of new methodological and theoretical perspectives in the instrumentalization of thinking with ecological sensitivity, as well as in strengthening the engagement of biocentric currents in opposition to the anthropocentrism.

Keywords: ecocriticism; socio-environmental awareness; postcolonialism; mitigation of the environmental crisis.

19.1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos últimos 20 anos, a ecocrítica se desenvolveu como um movimento revisionista de natureza emergente e global, com o intuito de estabelecer em seus alicerces epistemológicos a necessidade tanto da conservação ambiental quanto da preservação do meio ambiente. Essas considerações surgem do crescimento substancial da crise ecológica experienciada nas décadas anteriores, assim como devido à urgência de repensar e reanalisar as interações entre o homem e o seu ambiente natural (Marland, 2013). Entretanto, representações e pensamentos pautados na conservação natural da biosfera são heranças da sensibilidade humana anteriores ao ambientalismo moderno. Tamanhas predisposições e preocupações já eram abordadas no ano de 1854, quando o filósofo estadunidense Henry Thoreau (1817-1862) publicou suas impressões naturalísticas por meio de sua obra-prima *Walden, or life in the woods*² (A vida nos bosques, em tradução livre). Essa publicação de Thoreau é considerada de grande importância, pois abrange elementos da natureza de forma holística e interligada (Pereira, 2018). Em suas inúmeras reflexões ao longo desse manifesto, Thoreau formulou reflexões sobre a necessidade da preservação da natureza e da profunda necessidade humana do despertamento da consciência ambiental, que se tornaria a gnosiologia fundamental da ecocrítica (Pereira, 2018).

A partir de 1962, com a publicação do livro *Primavera silenciosa*, de Rachel Carson, considerada a precursora do ambientalismo moderno, houve também o início de uma ruptura cultural, que, inicialmente, pautara-se nas questões de degradações ambientais à época: o aumento do crescimento populacional, a escassez dos recursos naturais, a poluição ambiental e a fabricação de ogivas nucleares (Bühler, 2016). Gradativamente, as discussões acerca dos problemas ecológicos e dos impactos ambientais se tornaram reivindicações sociais em escala global (particularmente no Norte Global), não apenas por colocarem em risco a saúde humana, mas, também, por prejudicarem os ecossistemas e a biodiversidade (Hogan, 2007). É nesse cenário de preocupações ambientais crescentes que a ecocrítica floresce, com intrínseca criticidade para delinear seu espaço teórico e discutir, mais profundamente, os valores da sociedade em relação à crise ambiental em voga (Bühler, 2016).

Contudo, foi apenas em meados da década de 1980 que se iniciaram os primeiros projetos de estudos literários centrados nas narrativas sob a égide ecologista. No ano de 1985, a publicação da obra *Teaching environmental literature: materials, methods and resources*, de autoria de Frederick Waage (1985), permitiu uma ampliação considerável do interesse dessa temática, tanto entre as cátedras acadêmicas, mas

2 A temática central desta obra é considerada um manifesto contra a civilização industrial, a urbanização e o modo de vida materialista preconizada no cânone do desenvolvimento econômico estadunidense.

também no seio da sociedade civil (Glotfelty, 1996). Com essa demanda que excedeu as expectativas iniciais, criou-se, então, o instituto The American Nature Writing Newsletter, responsável pela divulgação das contribuições associáveis à ecocrítica no meio científico, por intermédio de ensaios, artigos, dissertações e teses ao redor do globo (Glotfelty, 1996).

A conscientização mais amplificada sobre a questão ambiental, mediante os dilemas éticos impostos pela crise ecológica ambiental, permitiu o reconhecimento da importância que a crítica literária pode desempenhar quanto à posição do homem na biosfera (Oppermann, 2012). O senso de pertencimento e o retorno ao homem natural, ideário do biocentrismo,³ remete as condições anteriores ao pensamento antropocêntrico. Se, por um lado, a valoração das vidas inumanas é justificada por princípios morais, por outro, tem-se a exacerbação do homem como referência máxima dos valores de um sistema (Silva; Rech, 2017). A proliferação desse pensamento é peremptoriamente criticada por Krenak (2020, p. 12): “A ideia de nós, os humanos, nos descolarmos da terra, vivendo numa abstração civilizatória, é absurda. Ela suprime a diversidade, nega a pluralidade das formas de vida, de existência e de hábitos”.

19.2 OBJETIVOS E METODOLOGIA

O presente trabalho objetivou caracterizar e analisar os antecedentes históricos, teóricos e contemporâneos da ecocrítica. A metodologia aplicada baseou-se na revisão bibliográfica com a pesquisa de *papers* e artigos no período entre os dias 3 e 30 de março de 2023. O levantamento bibliográfico se efetuou por meio de consultas às bases Scopus, Plataforma Sucupira, Science Direct e Scielo. Além disso, utilizou-se no cerne desta pesquisa as seguintes palavras-chave: “ecocrítica”, “literatura ecológica” e “crise ambiental”. Posteriormente, aplicou-se a filtragem por fator de impacto das publicações selecionadas. Para maior aderência ao foco e ao escopo de pesquisa, os critérios para seleção de manuscritos e *papers* foram os seguintes: (i) aderência da temática com o objeto de pesquisa; e (ii) relevância da publicação, particularmente no que tange ao fator de impacto. Os critérios de inclusão e exclusão das produções científicas compiladas foram delimitados com ênfase na historicidade, pertinência teórica e contribuições socioambientais. Almejou-se, ainda, neste estudo, uma avaliação crítica acerca das externalidades socioambientais associáveis ao pós-colonialismo e à degradação ambiental. De modo subsequente, analisaram-se os papéis históricos da ecocrítica vis-à-vis sua abordagem contemporânea diante da necessidade de enfrentamento da atual crise ambiental.

3 Conceito pela qual a existência de seres inumanos, tal como o meio ambiente natural, possuem valor existencial e direitos jurídicos próprios (Stoppa; Viotto, 2014).

19.3 CONCEITUAÇÃO DA ECOCRÍTICA

A conceituação da ecocrítica perpassa as conceituações etimológicas e se imbrica em diversos desdobramentos multidisciplinares. Em uma abordagem semiótica, seu nascimento alude à junção dos significados basilares das palavras “ecologia” e “crítica”. A palavra “ecocrítica” foi empregada, pela primeira vez, num texto científico-acadêmico, em um artigo datado de 1978, de autoria de William Rueckert (Rueckert, 1978; Glotfelty, 1996). Em relação à ecologia, etimologicamente, a palavra *eco*, proveniente de *oikos*, que significa “casa” ou “terra”, une-se a “*logia*”, advinda de *logos* ou estudo detalhado (Mishra, 2016). Assim, a junção das duas palavras tem um significado semelhante a “estudo da casa”. Contudo, tal conceituação pode ser considerada empobrecida, principalmente diante da relevância posteriormente adquirida pelo termo. Nesse ínterim, com a necessidade de aprimoramento conceitual dessa problemática conceitual, Glotfelty (1996) define esse neologismo como o estudo das relações entre a literatura e o ambiente físico. Concepções semelhantes são dadas por Buell (2005), ao definir a ecocrítica como o uso da práxis literária sob a égide das preocupações ambientais, e por Slovic (2000, p.7), que utiliza a ecologia e conceitos ecológicos “para o estudo da literatura e seus desdobramentos ambientais correlacionados à preservação ambiental”. Em suma, a ecocrítica estabelece o balizamento das interações humanas sob a faceta da abordagem ambientalista. Com frequência, distingue-se da literatura convencional ao abordar, em seu escopo de pesquisa, a postura ética em relação ao meio ambiente e, conseqüentemente, seus desdobramentos ou interconexões entre os seres humanos e os inumanos.

Desde a publicação do artigo “Literature and ecology: an experiment in ecocriticism”, de William Rueckert, em 1978, o campo da ecocrítica cresceu dentro do campo dos estudos de literatura, estabelecendo-se como parte integrante das humanidades ambientais. Em geral, os defensores dessa linha de pensamento e do novo paradigma dessa escola literária lidam com a teia de relações entre os produtos culturais e a natureza. Ao fazerem isso, eles expressam, intencionalmente, suas críticas culturais e literárias de uma perspectiva tipicamente político-ambientalista. Seus objetos de estudo incluem textos, poemas, peças de teatro e, cada vez mais, produções visuais, como filmes e obras de arte. Embora as abordagens ecocríticas a esses formatos sejam diversas, um objetivo comum é eliminar a dicotomia entre natureza e sociedade. Como tal, a ecocrítica desconstrói tópicos abrangem superficialmente questões de natureza ambientalista e concepções hegemônicas romantizadas da natureza e as concepções romantizadas da natureza. A justiça ambiental e a ética também fornecem fomento para discussões da ecocrítica (Glotfelty, 1996). Esses intercâmbios sugerem uma forte aproximação da ecocrítica com a ecologia profunda, uma teoria proposta

pelo filósofo norueguês Arne Næss (1912-2009) como contraponto à visão dominante sobre o uso dos recursos naturais.

Abordagem semelhante é dada por Boff (2017) ao salientar que, em tempos imemoriais, o homem reverenciava a terra como um elemento divino e sagrado; e, posteriormente, o modelo econômico da pilhagem (basicamente do Norte Global em relação ao Sul Global) se arraigou, sobremaneira, no cerne do atual sistema capitalista. De fato, esse modelo predatório obteve ainda mais ênfase na fundamentação religiosa inerente às doutrinas judaico-cristãs, que, de modo mais ou menos explícito, ressaltam (uma hipotética) superioridade hierárquica do homem perante todos os demais seres vivos (Branco, 2010). E esse fenômeno se intensifica ainda mais a partir do início da primeira fase da Revolução Industrial, no último quartel do século XVIII, desaguando de modo quase visceral nas doutrinas do neoliberalismo moderno da Escola de Chicago. Embora a ecocrítica desempenhe um papel semelhante a alguns estudos ecológicos, o principal foco de seu viés argumentativo é a defesa ambiental, mediante a análise das implicações morais no relacionamento entre humanidade e natureza, com o intuito de induzir à conservação dos recursos naturais (Garrad, 2004). Mesmo que os ecocríticos não possuam, por vezes, uma base cientificamente sólida no campo da ecologia, suas contribuições são de extrema relevância, principalmente por fornecerem mecanismos que permitem transgredir certos limites disciplinares e desenvolverem e disseminarem a alfabetização ecológica própria (Garrad, 2004).

19.4 AS FASES INICIAIS DA ECOCRÍTICA

A primeira fase da ecocrítica se desenvolveu em 1990, por meio da escrita naturalística como ponto central de seus estudos. Nesse contexto, analisam-se as expressões tanto artísticas quanto literárias, por meio da práxis ambiental, e, como externalidade, o desbravamento do despertar da consciência ambiental. Comumente, essa abordagem permitiu que o meio ambiente se tornasse o tema central das discussões literárias, facilitando, assim, a reconexão do indivíduo (indivíduo-leitor, em especial) com a natureza e, concomitantemente, reduzindo todo o ideário teórico ao segundo plano (Nuri, 2020). Ainda segundo Nuri (2020), essa condicionante permitiu tecer críticas construtivas de combate à destruição ambiental e, desse modo, influenciou muitos discentes de áreas multidisciplinares no que tange aos debates das suas relações com a natureza. É nesse âmbito que se analisam a dicotomia e as distorções pré-existentes na relação humano-natureza e, também, os arcaísmos das heranças culturais, sociais e ambientais que implicam o comportamento típico contemporâneo (Rocha; Feldman, 2020). Tem-se, portanto, neste primeiro estágio da ecocrítica a ênfase na alcunhada “escrita da natureza”, ou seja, estudos voltados à preservação natural e à exaltação da beleza paisagística (Rocha; Feldman; Silva, 2020).

A segunda fase da ecocrítica se inicia em 2000, quando surge a necessidade de suas abordagens se tornarem desdobramentos transnacionais, e não apenas nacionais (Nuri, 2020). Com essa diretiva, as questões ambientais, que antes eram diretivas de paisagismos rurais ou selvagens, passaram a rejeitar a separação artificial entre áreas rurais e urbanas (Nuri, 2020; Oppermann, 2012). Enquanto o embrião da ecocrítica procurava conceber uma visão preservacionista, essa segunda escola da ecocrítica se aproximou mais veementemente de outras vertentes do ambientalismo convencional, e aborda diretamente adversidades oriundas da injustiça ambiental, do pós-colonialismo e do racismo ambiental (Nuri, 2020). Ao enfatizar tais aspectos, a ecocrítica reconhece, pela primeira vez, que as questões sociais estão intrinsecamente correlacionadas com a degradação ambiental e que a literatura pode ser ferramenta de grande eficácia para resolução de múltiplas perspectivas e preocupações relacionadas à pobreza e à miséria (Nuri, 2020; Oppermann, 2012).

Em sua terceira fase, no ano de 2009, a ecocrítica se aprofundou ainda mais na compreensão das questões ambientais baseadas nas experiências e vivências comuns. Para tanto, sua dialética incorre na inclusão de novos aportes literários ou científicos, no intuito de reconhecer particularidades étnicas e multiculturais (Nuri, 2020). Segundo Nuri (2020), esse tipo de abordagem possibilitou a ruptura dos modelos tradicionais de disciplinaridade, permitindo desse modo, a transcendência das fronteiras transnacionais para novas perspectivas globais. Assim, a inclusão da etnicidade ampliou o escopo da ecocrítica para estudos até antes inexplorados e, conseqüentemente, alcançando novos públicos (Nuri, 2020; Slovic, 2010). Tais considerações, de acordo com Slovic (2020), são relevantes, pois permitem a manutenção das identidades étnicas e da experiência humana no meio ambiente. Hayashi (2007) postula que a inclusão dos saberes multiétnicos viabiliza investigações e discussões mais profundas acerca da ética ambiental.

19.5 A ECOCRÍTICA NO CONTEXTO SOCIOAMBIENTAL

No cerne de todo o movimento ecocrítico, encontra-se a necessidade urgente do enfrentamento da atual crise ambiental. Vive-se em uma época na qual o vilipêndio aos recursos naturais e o aumento das externalidades negativas ao meio ambiente põem em contraposição todo o ideário de desenvolvimento, e mais ainda de crescimento econômico. Esse processo de crescimento econômico, com a materialidade capitalista, tornou-se uma condição estrutural e enraizada no seio da sociedade humana, pela qual se parte do pressuposto básico de que o crescer econômico seria a panaceia para todos os problemas da humanidade (Guimarães, 1995). Tudo isso se limita não apenas ao acúmulo de riquezas e à geração de pobreza e miséria, mas também se relaciona, e de modo visceral, à destruição ambiental, à desqualificação e

ao esquecimento intencional dos limites naturais de resiliência do sistema terrestre, bem como da biosfera, responsável por sua estabilidade (Guimarães, 1995; Rockström *et al.*, 2009).

Para análise dessas circunstâncias, é necessário compreender que a construção do sujeito como ser humano histórico, desde sua gênese, foi concebida na usurpação e na expropriação da natureza, para sua emancipação. Ou seja, a constituição humana que caracteriza cada um de nós como humanos só foi possível por meio da obliteração do meio natural, pois “o trabalho é antes de tudo um processo entre o homem e a natureza, um processo no qual o homem por sua atividade realiza trocas com a natureza” (Marx, 2001, p. 211). Essa guinada da humanidade do Período Holoceno para o Antropoceno causou inúmeras transformações, seja no espaço do historicismo social humano, seja nos intercâmbios e nas inter-relações com a natureza. Mas é justamente no Holoceno que o homem passa a se “considerar a criatura eleita por Deus para dominar o mundo” (Soffiati, 2022). Nesse viés, o papel da ecocrítica é tecer críticas e questionar as modificações antrópicas existentes nas conturbadas, complexas, tênues e tipicamente desarmônicas relações entre o ser humano e a natureza.

Na visão de Oppermann (2012), a ecocrítica fortalece o estreitamente político em prol do enfrentamento das degradações ambientais, tornando-se, assim, uma forma de trivializar a aproximação interativa entre elementos naturais e não naturais. Constatação semelhante é dada por Manes (1992), ao salientar que a consideração da natureza como uma entidade viva e articulada permite alterações profundas nas práticas sociais. Essa perspectiva condiz perfeitamente com a necessidade de se desconstruir o pensamento colonialista, pelo qual a humanidade, por meio de seus arranjos históricos e sociais incitados pela busca de poder (sob diversos matizes), tende a subjugar a natureza ao bel-prazer (Manes, 1992). Pereira (2018) postula que a ideia de dominância sobre a natureza é a grande responsável pelos abissais desacertos contemporaneamente existentes entre a sociedade e seu meio natural. Portanto, para a ecocrítica é necessário o despertar deste espírito inquiridor e inquieto para que se estabeleçam as possibilidades concretas de aquisição de conhecimentos ecocríticos e sua própria construção (Freire, 1996).

Esse exercício contínuo de pertencimento do homem à natureza, sob certo prisma, significa um esforço intelectual desprendido que requer o rompimento em relação a determinados conceitos sociais pré-definidos. Porém, para que haja essa antítese ideológica, antes de tudo, é necessário o enfrentamento do mundo consumista, a reconfiguração de novos (e muito menores) padrões de consumo e um novo postulado que permita o desenvolvimento socioeconômico e a estabilização na exploração de recursos naturais (Costa; Lemos; Moreira; Gama 2004). Inexoravelmente, a construção (e, muitas vezes, a reconstrução) de valores éticos e morais representa o

alicerce-objetivo principal da ecocrítica. Contudo, ressalta-se que o movimento não considera criar soluções para a crise ambiental atual, mas colocar em prática visões que permitam ao cidadão comum externalizar suas atitudes ante a natureza.

A ecocrítica é também um movimento político e filosófico por meio do qual os ecocríticos costumam expressar suas análises socioculturais em prol de um movimento verde (Garrard, 2006). Consequentemente, aproxima-se de modo transcendente das orientações e dos significados correlatos aos movimentos ambientalistas e ecologistas. Esse enfoque, em larga medida, contribui para que suas análises trespassem o superficialismo ambiental praticado de modo comum pela sociedade, e ganha destaque nas ideias socialmente construídas (Worster, 1991). São esses ideais e essas representações que permitem o vislumbre da crise ambiental e que, desse modo, permitem seu debate em inúmeros espaços culturais (Garrard, 2006; Worster, 1991).

19.6 O PÓS-COLONIALISMO NA ECOCRÍTICA

A concepção pós-colonial da ecocrítica se empenha, basicamente, no resgate dos legados cultural e histórico anteriores ao colonialismo. Nessa abordagem, a ecocrítica oferece a possibilidade de diversos estudos interseccionais privilegiarem o resgate das heranças culturais tradicionais, as quais antes só poderiam ser relegadas ao ostracismo por influência hierárquica colonial. Muitos estudos pós-coloniais sugerem que ex-colônias, em sua grande maioria, desconhecem as mudanças ambientais ocorridas em seus territórios (Afazl, 2017). A crítica pós-colonial, per se, “é testemunha das forças desiguais e irregulares de representação cultural envolvidas na competição pela autoridade política e social dentro da ordem do mundo moderno” (Bhabha, 2005, p.25)

Com isso, a ecocrítica adquire seu espaço, em que a cultura, a identidade, as paisagens naturais, os domínios territoriais e a liberdades das populações nativas são novamente reconquistados; essa linha de convergência acaba por si só se fundindo à ecocrítica pós-colonial (Afazl, 2017). Mesmo que a crítica pós-colonial e a ecocrítica pareçam campos de pesquisa distantes, os dois campos cotejam as mesmas abordagens teóricas em suas práticas discursivas. Ambos, indubitavelmente, imbuem-se de criticidade a favor da desconstrução do modelo capitalista. Outrossim, ambas as correntes possuem avaliações representacionais dos mecanismos de legitimação do poder e, cada uma a seu modo, acreditam amplamente no poder transformador da cultura. Esses compromissos são visíveis nas contestações presentes nas disparidades originadas das desigualdades sociais e econômicas, bem como nos embates anticoloniais (Huggan, 2009). De fato, essa simbiose se preocupa principalmente com a representatividade do local no qual a problemática socioambiental se circunscreve e ocorre.

O grande desafio da abordagem ecocrítica pós-colonialismo, então, refere-se à cisão decorrente de linhas de pensamentos divergentes. Huggan (2009), nesse contexto, argumenta que a ecocrítica por vezes se baseia apenas nas temáticas de conservação ambiental, no mundo natural e na correlata noção de pertencimento; e isso, de uma forma ou outra, de acordo com o autor, acaba contribuindo para discursos superficiais no contexto pós-colonial. Ainda segundo Huggan (2009), esse tipo de retórica comunitária e organicista acarreta o enraizamento do radicalismo ambiental, prejudicando a solidariedade que deveria ser oferecida às classes mais miseráveis. Essa falha de análise dos ecocríticos é ainda mais predominante na análise de Jonah (2020), sugerindo que tanto os ecocríticos quanto os pós-colonialistas não conseguem distinguir a lógica existente entre as ações humanas específicas que degradam, ou mesmo extinguem a fauna, e os atos praticados por dominadores que afetam apenas os seres humanos. O perigo existente nessa ambivalência é a superficialidade teórico-científica que pode surgir destes discursos enviesados.

Outro desafio da ecocrítica pós-colonial implica, portanto, a ruptura desse paradigma etnocêntrico e a busca holística de fluidez para seus estudos comparativos. Na opinião de Nixon (2005), a transnacionalidade aliada a recortes geográficos do Sul Global, possibilitariam essa universalização do pensamento de conservadorismo ambiental. Esse pensamento, tanto técnico quanto metódico, priorizaria a gestão responsável de recursos naturais em países colonizados e também consistiria no renascimento célere da consciência ambiental por meio do avanço da assimilação de novos traços culturais (Nixon, 2005). Em comum acordo, Jonah (2020) reafirma sua posição na integração livre dos pensamentos ecocríticos, sem a necessidade de reflexões pré-concebidas nos arcabouços de países imperialistas. Nisso encontra-se a relevância da ecocrítica pós-colonialismo, seja com seu aporte como referencial teórico ou como a metodologia de análise pós-colonial para compreensão das dinâmicas neoliberais, inexoravelmente com fins lucrativos a partir da pilhagem e da destruição do meio ambiente (Paliwal, 2020).

19.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os ecocríticos, de modo geral, têm envidado seus esforços intelectuais e suas criticidades intrínsecas para, ao máximo possível, auxiliar na superação das condições socioambientais críticas impostas pelo antropocentrismo e pelo tecnocentrismo,⁴ ambos contemporaneamente imersos na falaciosa e pretensa ideia de que é possível, sob a égide capitalista, o crescimento econômico ilimitado. Evidentemente, isso é

4 Sistema de valores centrados exclusivamente na tecnologia e na sua capacidade de controle e proteção do meio ambiente (Manson, 2012).

inatingível, na medida em que a natureza não é uma cornucópia incessante de recursos naturais.

A argumentação metafísica voltada ao biocentrismo, sob o prisma da ecocrítica, permite uma nova ressignificação do meio natural orientada, fundamentalmente, para a preservação da natureza. Destarte, a ecocrítica viabiliza a expansão do senso crítico e, concomitantemente, estabelece parâmetros teóricos que possibilitam questionar os arranjos institucionais inerentes ao status quo produtivista, centrado no desenvolvimentismo (entendido aqui como o desenvolvimento a qualquer custo, praticamente desconsiderando-se os impactos ambientais).

Observa-se, ainda, que o choque geopolítico-econômico entre o Norte Global e o Sul Global também se desvela nos embates, ainda que implícitos ou mesmo inconscientes (na medida em que carregam, por vezes, condicionantes histórico-culturais por demais arraigadas aos literatos da ecocrítica), entre narrativas ecocríticas pós-coloniais e aquelas tipicamente representativas das narrativas ecocríticas do Sul Global. Tal embate, em boa medida, tem gerado perceptível ruptura entre tais narrativas (e seus representantes ecocríticos) no contexto acadêmico. Portanto, uma maior efetividade da ecocrítica e de suas propostas depende da superação dessa relativa ruptura, seja esta relacionável a materialidades históricas ou a desconhecimentos.

Verificou-se, também, que desde a publicação do artigo “Literature and ecology: an experiment in ecocriticism”, de William Rueckert, em 1978 (Rueckert, 1978), o campo da ecocrítica cresceu no seio dos estudos de literatura, estabelecendo-se como parte integrante das humanidades ambientais. Em geral, os defensores dessa linha de pensamento e paradigmática escola literária lidam com a teia de relações entre os produtos culturais e a natureza. Ao fazerem isso, eles expressam, intencionalmente, suas críticas culturais e literárias de uma perspectiva tipicamente político-ambientalista. Urge frisar que elementos basilares à ecocrítica são observáveis em diversas produções artístico-culturais, por vezes advindas de fora dos ambientes tipicamente acadêmico-literários. Nesse contexto, é possível mencionar, dentre diversos possíveis exemplos, a letra da música *Xote ecológico*, de 1989, de Aguinaldo Batista (1930-1980) e do atemporal artista brasileiro Luiz Gonzaga do Nascimento (1912-1989), também conhecido como “Gonzagão”. Eis, a seguir, um trecho da citada composição musical:

O verde onde é que está? Poluição comeu. Nem o Chico Mendes sobreviveu... Não posso respirar, não posso mais nadar. A terra está morrendo, não dá mais pra plantar. E se plantar não nasce, se nascer não dá. Até pinga da boa é difícil de encontrar...Cadê a flor daqui. Poluição comeu. O peixe que é do mar? Poluição comeu. (Gonzaguinha, 1989).

Observando-se livremente a letra da música *Xote ecológico*, nota-se claramente que a mesma pode servir como objeto de estudo à ecocrítica, ainda que não se trate de texto típico de estudos literários. Destarte, cada vez mais seus objetos de estudo incluem formas diversas de expressões artístico-culturais, muitas vezes para além do universo literário. Embora as abordagens ecocríticas a esses formatos sejam diversas, um objetivo comum e contumaz é eliminar a dicotomia entre natureza e sociedade. Assim, a ecocrítica desconstrói tópicos que abrangem, por exemplo, a escassez de respostas adequadas às crises ambientais, a negligência das preocupações ambientais e as concepções romantizadas da natureza. A justiça ambiental e a ética, nesse contexto, também fornecem plataformas para a ecocrítica.

O ambientalismo moderno e, mais ainda, a ecocrítica representam, em suas construções filosóficas e pragmáticas, *modus vivendi* quase que totalmente incompatíveis diante da maioria (ou de todas) das políticas econômicas adotadas, contemporaneamente, pelos países do Globo. Nesse contexto, a abertura de caminhos para o diálogo entre antropocentristas e biocentristas é premente, e a ecocrítica também contribui para essa perspectiva. Nesse contexto, a ecocrítica, em que pesem limitações em nível de abrangência ou de atingimento de público ainda mais amplo, exerce papel fulcral e intransferível. Portanto, a adição de novas perspectivas tanto metodológicas quanto teóricas na instrumentalização do pensar com sensibilidade ecológica é realização da ecocrítica, bem como certo grau de desmistificação do ideário tecnocêntrico. Deve-se considerar que tal ideário, de fato, encontra-se amplamente em voga no seio das atividades antrópicas, as quais majoritariamente respondem pela ampliação de graves problemas ambientais globais, como a perda de biodiversidade, a poluição hídrica, a poluição dos solos ou as mudanças climáticas e seu mais proeminente fenômeno precursor, o aquecimento global. Na mitigação da crise ambiental, porém, há o papel a ser exercido pela ecocrítica, e este possui relevância e é insubstituível e intransferível.

REFERÊNCIAS

- BHABHA, H. K. *O local da cultura*. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2005.
- BOFF, L. *Saber cuidar: ética do humano – compaixão pela terra*. Editora Vozes: Petrópolis, 2017.
- BRANCO, J. As raízes históricas de nossa crise ecológica. *Agenda Latino Americana*, São Paulo, v. 1, p. 38-9, 2010.
- BUELL, L. *The future of environmental criticism: environmental crisis and literay imagination*. Oxford: Blackwell, 2005.
- BUELL, L. Ecocriticism: some emerging trends. *Qui Parle*, v. 19, n. 2, p. 87-115, 2011.
- BÜHLER, B. *Ecocriticism: grundlagen, theorien, interpretationen*. Estugarda: J.B. Metzler, 2016.

- COSTA, A. F. M. *et al.* Sociedade atual, comportamento humano e sustentabilidade. *Caminhos da Geografia*, v. 5, n. 13, p. 209-20, 2004.
- FREIRE, P. *Pedagogia da autonomia*. São Paulo: Paz e Terra, 1996.
- GARRARD, G. *Ecocriticism*. Nova Iorque: Routledge, 2004.
- GLOTFELTY, C. Introduction: literary studies in an age of environmental crisis. In: GLOTFELTY, C.; FROMM, H. (Ed.). *The ecocritical reader*. Atenas e Londres: The University of Georgia Press, 1989. p. XV-XXXIII.
- GONZAGUINHA. *Xote Ecológico*. Rio de Janeiro: Copacabana Records: 1989.
- GUIMARÃES, M. *A dimensão ambiental na educação*. Campinas: Papirus, 1995.
- HAN, B.-C. *Psicopolítica: neoliberalismo y nuevas técnicas de poder*. Barcelona: Herder Editorial S.L., 2014.
- HAYASHI, R. Beyond walden pond: Asian American literature and the limits of ecocriticism. In: MERRILL, A. A. *et al.* (Ed.). *Coming into contact: explorations in ecocritical theory and practice*. Athens: University of Georgia Press, 2007. p. 58-75.
- HOGAN, D. J. População e meio ambiente: a emergência de um novo campo de estudos. In: D. J. HOGAN (Org.). *Dinâmica populacional e mudança ambiental: cenários para o desenvolvimento brasileiro*. Campinas: Núcleo de Estudos de População – Nepo, 2007. p. 13-49.
- HUGGAN, G. Postcolonial ecocriticism and the limits of Green Romanticism. *Journal of Postcolonial Writing*, v. 45, 2009. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/17449850802636465>. Acesso em: 30 mar. 2023.
- JONAH, C. M. A critical analysis of issues in postcolonial ecocriticism. *Ibadan Journal of Humanistic Studies*, v. 30, 2020.
- KOSZ, M. Weak and strong sustainability indicators, and regional environmental resources. In: 38th EUROPEANS REGIONAL SCIENCE ASSOCIATION CONGRESS, 1998, Viena. *Anais [...]*. Viena: 1998.
- KRENAK, A. *Ideias para adiar o fim do mundo*. São Paulo: Companhia das Letras, 2020.
- MANES, C. Nature and silence. *Environmental Ethics*, vol. 4, n. 14, p. 339-50. 1992.
- MANSON, M. *Environmental Democracy*. Londres: Earthscan, 2012.
- MARLAND, P. Ecocriticism. *Literature Compass*, vol.10-11, p. 846-68, 2013.
- MISHRA, S. K. Ecocriticism: a study of environmental issues in literature. *BRICS Journal of Educational Research*, v. 6, n. 4, p. 168-70, 2016.
- NIXON, R. Environmentalism and postcolonialism. In: LOOMBA, A. *et al.* (Ed.). *Postcolonial studies and beyond*. Londres: Duke University Press, 2005. p. 233-251.
- NURI, M. A. Three waves of ecocriticism. *An Overview Horizon*, n. 5, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/359055624_Three_Waves_of_Ecocriticism_An_Overview.2020. Acesso em: 21 mar. 2023.

- OPPERMANN, S. *Teorizando a ecocrítica: para uma prática pós-moderna*. Porto: Edições Afrontamento, 2012.
- PALIWAL, N. Colonialism and environment: a postcolonial eco-critical approach towards Dhruv Bhatt's oceanside blues. *International Journal of English and Comparative Literary Studies*, vol.1, n. 1, 2020.
- PEREIRA, E. M. Sensibilidade ecológica e ambientalismo: uma reflexão sobre as relações humanos-natureza. *Sociologias*, ano 20, n. 49, p. 338-366, 2018.
- ROCHA, R.; FELDMAN, A.; SILVA, M. Ecocrítica e ecofeminismo: uma leitura do conto A Porca. *Revista Ártemis*, vol. 29, n. 1, p. 30-45, 2020.
- ROCKSTRÖM, J. *et al.* Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society*, v. 14, n. 2, 2009.
- RUECKERT, W. Literature and ecology: an experiment in ecocritism. *Iowa Review*, v. 9, n. 1, p. 71-86, 1978.
- SILVA, D. C.; UBALDO, A. A superação do antropocentrismo: uma necessária reconfiguração da interface homem-natureza. *Revista da Faculdade de Direito da UFG*, v. 41, n. 2, 2017.
- SLOVIC, S. Ecocriticism: containing multitudes, practicing doctrine. In: COUPE, L. (Ed.). *The green studies reader: from romanticism to ecocriticism*. Londres: Routledge, 2000.
- STOPPA, T.; VIOTTO, T. Antropocentrismo x biocentrismo: um embate importante. *Revista Brasileira de Direito Animal*, v. 9, n. 17, 2014.
- WAAGE, Frederick. *Teaching environmental literature: material, methods, resources (options for teaching of English)*. Nova Iorque: Modern Language Association of America, 1985.
- WORSTER, D. *The wealth of nature: environmental history and the ecological imagination*. Nova Iorque/Oxford: Oxford University Press, 1993.

Sobre os autores e os organizadores

DOCENTES

Alexandre Toshio Igari, doutor em Ecologia pela Universidade de São Paulo (USP) e professor da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH-USP).

André Felipe Simões, doutor em Planejamento Energético pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e professor associado da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH-USP).

Evandro M. Moretto, doutor em Ecologia e Recursos Naturais pela UFSCar e professor associado da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH-USP).

Flávia Noronha Dutra Ribeiro, doutora em Ciências Atmosféricas pela Universidade de São Paulo (USP) e professora da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH-USP).

Helene Mariko Ueno, doutora em Saúde Pública pela Universidade de São Paulo (USP) e Professora doutora da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH-USP).

Marcelo Antunes Nolasco, doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo (USP) e professor titular da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH-USP).

Marcelo Marini Pereira de Souza, doutor em Saúde Pública pela Universidade de São Paulo (USP), Professor titular da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH-USP).

Paulo Santos de Almeida, doutor em direito pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP) e professor doutor da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH-USP).

Renata Colombo, doutora em Química pela Universidade de São Paulo e professora da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH-USP).

Sérgio Almeida Pacca, doutor em Energy and Resources pela University of California, Berkeley e professor doutor da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH-USP).

Sonia Regina Paulino, doutora em Economia pela Université Toulouse 1 e professora associada da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH-USP).

Sylmara L. F. Gonçalves-Dias, doutora em Ciência Ambiental pela Universidade de São Paulo (USP), doutora em Administração pela Fundação Getúlio Vargas (FGV) e professora associada da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH-USP).

Tania Pereira Christopoulos, doutora em Administração pela Fundação Getúlio Vargas (FGV), professora associada da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH-USP) e coordenadora do Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade da EACH-USP.

Tiago Mauricio Franco, doutor em Genética pela Universidade de São Paulo (USP) e professor titular da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH-USP).

Wânia Duleba, doutora em Oceanografia pela Universidade de São Paulo (USP), doutora em Environnements et Paléoenvironnements Océaniques pela Université d'Angers e professora doutora da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH-USP).

DISCENTES

Alessandra Maria Giacomini, graduada em Design de Moda pela Universidade Paranaense (Unipar), mestra em Têxtil e Moda pela Universidade de São Paulo (USP) e doutoranda em Sustentabilidade pela Universidade de São Paulo (USP).

Alisson Felipe Moraes Neves, bacharel em Gestão de Políticas Públicas e mestrando em Sustentabilidade pela Universidade de São Paulo (USP).

Ana Jane Benites, mestra em Política Científica e Tecnológica pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e doutora em Sustentabilidade pela Universidade de São Paulo (USP).

Beatriz Decarli de Oliveira, mestra e doutoranda em Ciências pelo Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade pela Universidade de São Paulo (USP).

Beatriz de Deus Rodrigues, bacharel em Gestão Ambiental pela Universidade de São Paulo (USP).

Emanuel Galdino, mestre em Ciências Humanas e Sociais pela Universidade Federal do ABC (UFABC) e doutorando em Sustentabilidade pela Universidade de São Paulo (USP).

Érico Luciano Pagotto, doutor e mestre em Ciências pelo Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade pela Universidade de São Paulo (USP), professor da Faculdade de Tecnologia (Fatec) Prof. Francisco de Moura – Jacareí.

Fernanda De Marco de Souza, graduada em Gestão Ambiental e mestranda em Sustentabilidade pela Universidade de São Paulo (USP).

Geise Corrêa Teles, mestra em Geografia pela Universidade Federal do Pará (UFPA) e doutoranda em Sustentabilidade pela Universidade de São Paulo (USP).

Giselle Cristina Santos Aguilar, graduada em Gestão Ambiental e mestranda pelo Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade da Universidade de São Paulo (USP).

Jackson Cruz Magalhães, graduado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), mestre em Sustentabilidade pela Universidade de São Paulo (USP) e doutorando em Antropologia Social pela Universidade de São Paulo (USP).

Jhonathan Fernandes Torres de Souza, doutor e mestre em Ciências pelo Programa de Sustentabilidade da Universidade de São Paulo (USP) e bacharel em Gestão Ambiental pela Universidade de São Paulo (USP).

João Vitor Rodrigues de Souza, graduado em Engenharia Ambiental e mestre em Ciência e Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Alfenas (Unifal –MG).

Maria Carolina Garcia Peixoto Sacchi, graduada em Engenharia Têxtil pelo Centro Universitário FEI, mestra em Têxtil e Moda pela Universidade de São Paulo (USP) e doutoranda em Sustentabilidade pela Universidade de São Paulo (USP).

Maria Carolina Hernandez Ribeiro, mestra pelo Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (USP) e doutoranda em Sustentabilidade pela Universidade de São Paulo (USP).

Marina Valverde Briant, bacharela em Gestão Ambiental pela Universidade de São Paulo (USP) e mestranda no Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade da Universidade de São Paulo (USP).

Mayara Faleiros-Quevedo, graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), mestra em Ciências Animais pela Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS) e doutora em Sustentabilidade pela Universidade de São Paulo (USP).

Milena Maltese Zuffo, bacharela em Direito pela Universidade de São Paulo (USP), mestra em Direito Internacional e Comparado pela Universidade de São Paulo (USP), mestra em Direito Marítimo pela University College London e doutoranda em Sustentabilidade pela Universidade de São Paulo (USP).

Patrícia Mello Silva, graduada em Têxtil e Moda pela Universidade de São Paulo (USP) e mestranda em Sustentabilidade pela Universidade de São Paulo (USP).

Paulo Cezar Rotella Braga, graduado em História pela Universidade de São Paulo (USP) e doutorando em Sustentabilidade pela Universidade de São Paulo (USP).

Rodrigo Massao Kurita, bacharel em Administração de Empresas pelo Centro Universitário Sumaré e mestrando em Sustentabilidade pela Universidade de São Paulo (USP).

Tuanny Lemos Balestrin, licenciada em Ciências da Natureza pela Universidade de São Paulo (USP) e mestranda em Sustentabilidade pela Universidade de São Paulo (USP).

Vitor Calandrini, graduado em Gestão Ambiental, mestre em Ciências e doutorando em Sustentabilidade pela Universidade de São Paulo (USP).

Índice remissivo

A

- Abelha, 20, 219-225, 228-233
- Abordagens geopolíticas na pesquisa para o desenvolvimento sustentável latino-americano, 253-254, 337, 340, 354
- Ação climática, 50-52, 58-62
- Adaptação climática, 14, 18, 25, 27, 35, 38-39, 51, 53, 55, 287
- Adaptação e mitigação, 52-53, 58, 61
- Agricultura familiar, 223, 288
- Agricultura sustentável, 278
- Agroecologia, 277, 280, 287-288, 290
- Algoritmos, 20, 200, 205, 207, 210-211, 213-214
- Alimentos ultraprocessados, 21, 259-300, 302-305, 308, 311-312
- Ambiental, 13-15, 17, 19-22, 31, 34, 36-39, 49, 62, 71-72, 75, 77, 79, 88, 89, 92-95, 105, 117-118, 122-123, 127-134, 137, 140, 145-146, 150, 152-154, 162-165, 169, 174, 179-180, 182, 184, 193, 199-202, 204, 212, 214, 224, 239-240, 242-237, 249, 251-253, 290, 302, 317-320, 322-324, 326-328, 330-333, 338, 344, 349, 353
- Ambiente alimentar, 21, 259-300, 303-308, 311
- Análise do discurso, 361, 363, 365
- Aprendizado de máquina (Machine Learning), 19-20, 199-200, 202-206, 210-211, 213-214
- Aspectos neoestruturalistas da sustentabilidade, 337-338, 340, 354-355
- Atividade de Perfuração Marítima, 129

B

Bacia da foz do Amazonas, 117, 121-124
 Baleias, 19, 141-156
 Biocentrismo, 22
 Biodiversidade marinha, 122, 142, 155
 Blocos exploratórios, 117-118, 122, 124, 129, 131, 133

C

C40, 47-48, 50-52, 57, 60-62
 Caça, 19, 141, 143-144, 146-152, 154
 Cadeia têxtil, 14, 19, 161-163, 165, 170
 Campos de ação estratégica, 21-22, 308, 361, 363-365, 367-371
 Cetáceos, 146, 149-152, 154-155
 Cidade de São Paulo, 21, 59, 304-305, 307-308, 311, 322
 Classificação, 20, 36-38, 101, 104-105, 108-111, 144, 199, 203, 205, 207, 211, 213-214, 247, 265, 320-321
 Comunidade acadêmica brasileira, 337-338, 340, 353, 356
 Comunidades tradicionais, 14, 18, 83, 85-88, 95, 288
 Conscientização socioambiental, 20, 73, 143, 153, 243, 251-252, 304
 Conservação, 14, 18-20, 38-39, 78, 83, 85, 87, 94-95, 104-106, 108, 110, 122-123, 128, 130, 133, 141-147, 150-158, 185, 224, 226, 241, 250, 254, 344
 Contaminação, 105, 129, 184-185, 215, 320, 326, 329-332
 Cooperação internacional, 14, 19, 117-118, 122, 123, 129, 130-134, 143

Crise ambiental, 15, 22
 Crítica ao capitalismo, 326, 329

D

Dados imagéticos, 20, 199, 207, 210
 Desastres naturais, 20, 28, 33, 261-267, 269-272
 Desenvolvimento econômico, 71, 128, 224, 230, 243, 245, 253-254, 346-347
 Detecção, 20, 199, 202, 205, 207-209, 211, 214
 Diplomacia ambiental, 13, 14-15, 17, 19, 22, 117-118, 122-123, 127-128, 133, 142, 144, 150, 152, 154-156
 Direito ambiental, 91-92, 94-95

E

Ecocrítica, 22
 Ecologia, 245, 248, 324
 Emissões de gases de efeito estufa (GEE), 14, 19, 27, 47-62, 69-70, 73, 120, 125-127, 161-163, 165-168, 170, 172-174, 277-278, 281-282, 287, 289
 Empreendedorismo ambiental, 337-338, 340, 344, 348, 351
 Empreendedorismo social, 340, 351, 353, 355
 Energia Eólica, 67-70, 74-75, 249, 254
 Energia Limpa, 59, 70, 73, 77, 79
 Energia Renovável, 53, 60, 68, 75, 78, 239, 249, 253-254
 Energia Solar, 68, 70, 75-75, 78-79, 249, 253
 Estratégias regionais de estímulo àecoinovação, 237, 242, 250-251, 253
 Externalidades socioeconômicas, 300

F

Fibras sintéticas, 182, 184-185, 191, 332
 Financiamento de adaptação climática,
 25, 28, 30, 32,3 34, 36-38-39

G

Geração de empregos, 14, 19, 78, 161,
 165, 171-173
 Gestão de risco, 100, 102, 112, 265, 270,
 272
 Grande Sistema de Recifes do Amazo-
 nas, 117, 121, 124

I

Idiosincrasias políticas, 59
 Impacto socioambiental,
 14,19,161,166,168
 Inovação para a sustentabilidade,
 337-338
 Inovação verde; política de inovação,
 242-244
 Institucionalismo histórico, 26, 28-29

J

Jureia-Itatins, 14, 18, 83-90, 92-95
 Justiça ambiental, 71, 79, 327-328, 333

L

Lavagem de roupas, 14, 20, 180, 182,
 184, 187-190, 193-195
 Lavagem doméstica, 179, 182, 185-186,
 179-191, 194

Licenciamento ambiental, 19, 118,
 122-123, 129, 131-132, 136
 Literatura socioambiental, 31, 33,
 36-37, 133, 165, 182, 199, 202, 222,
 239-240, 247, 255, 278-279, 281,
 287, 289-290, 300, 305-306, 320, 323

M

Manejo racional, 220, 225
 Máquina de lavar, 180, 187, 193
 Margem equatorial, 19, 117-118,
 120-122-124, 130, 133-134
 Medidas preventivas, 261-262, 264-265,
 267-272, 288
 Metano, 49, 50, 52-57, 59-60, 167, 170,
 282
 Metodologia, 33, 51, 54, 60, 70, 91, 102,
 117-118, 123, 168, 208, 225-226,
 240, 264, 280, 305, 320, 347, 355,
 361
 Microfibras, 14, 19, 179-180, 182-185,
 187, 189-195, 201
 Microplástico, 181, 200, 203
 Mitigação, 13-15, 19, 21-22, 25, 27,
 29-33, 38, 47-48, 50, 52-53, 55,
 57-62, 67, 79, 106, 118, 122, 125-
 127, 131-132, 134, 153, 161-162,
 165, 168, 172, 180, 182, 195, 204,
 230, 253-254, 271, 284, 287, 279,
 317, 320, 332
 Modelo Multirregional de Insumo-
 -Produto (MRIO), 161-167,169-171,
 173-174
 Mudança do clima, 15, 21, 27-34,
 36-38, 49-54, 56-57, 120, 128, 133,
 139, 143, 148-149, 272-273, 274-279,
 281-288

Mudanças climáticas, 14-15, 18, 21, 27, 30, 32, 34, 38, 47-50, 52-53, 56, 58-62, 67-69, 71, 76, 79, 120, 123, 125-126, 128-129, 133, 145, 155, 172, 224, 239, 243, 248, 251, 253-255, 261, 277-280, 282-2904, 302, 311, 324

Multilateralismo, 148, 151, 152

O

Oceanos, 144-146, 152-154, 185, 179, 191, 203

Orçamento de adaptação climática, 31, 33, 35-39, 266

Óxido nitroso, 49, 52-57, 60, 282

P

Papel de universidades brasileiras no desenvolvimento sustentável regional, 130

Paradoxos socioculturais, 270

Parâmetros de lavagem, 179, 191, 193-194

Percepção de risco, 20-21, 261-262, 264-272

Plano de emergência individual, 131

Polinização, 222-223

Política climática, 26, 29

Política Nacional de Segurança de Barragens, 14, 18, 99, 101-103, 267

Política tecnológica ambiental, 144, 243

Políticas públicas, 13, 18, 20, 22, 26-27, 33, 39, 52, 59, 120, 127, 129, 238, 240, 242, 247, 251, 255-256, 264, 270, 290, 304-306, 308, 310-312, 327, 331, 349, 361, 368

Poluição, 14, 19-20, 73, 78, 92, 131, 148, 179-180, 182, 184, 187-189, 193-194, 199-203, 211, 213, 237, 239, 243-247, 320, 324

Poluição ambiental, 200-201, 324

Poluição por microplásticos, 14, 19-20, 179-180, 182, 187-1189, 194, 211-212

Pós-colonialismo, 22

Preservação da natureza, 83, 88, 94-95, 118, 125, 128-133, 139-142, 145, 148, 153, 162, 174, 251, 288, 344

Prevenção de acidentes, 103

Princípio do Não-Retrocesso, 18, 25, 28, 57, 83, 85-86, 88-89, 90-97

Produção de energia sustentável, 71, 74

Q

Quadros metodológicos para a pesquisa em sustentabilidade, 164

Quantificação, 20, 199, 202, 205-207, 211, 214

R

Recifes mesofóticos, 131, 133

Resíduos sólidos urbanos, 56, 319-320

Revisão bibliométrica e sistemática, 20, 39, 102, 177, 183, 185-186, 199, 203-204, 237, 240-243, 245, 249, 252, 255

Riscos, 20-21, 32-35, 93, 112, 123, 128, 131, 213, 243-244, 261, 263-264, 267, 271-272, 283-284, 286, 311, 317, 319-320, 322-333

S

Saneamento, 14, 18, 27, 47-48, 51, 53, 55-57-59, 61, 103, 184, 288, 326, 330-332

Saúde pública, 32, 300, 305, 308, 311

Segurança alimentar, 15, 21, 35, 201, 277-278, 280, 283-289, 303, 305, 310

Serviços ecossistêmicos, 144, 153, 224, 279, 283

Sistema agroalimentar, 277-281, 282-287, 289-290

Sistema Alimentar, 15, 21, 281, 259, 302, 309-311

Sistema Nacional de Inovação,

Soberania Alimentar, 303, 305, 309, 311

Sustentabilidade, 13-15, 17-19, 22, 67-68, 70-73, 77, 79, 117, 122-123, 134, 154, 161-162, 174, 227, 223, 230, 246-247, 252-253, 279, 302, 324, 327, 337-344, 348-350, 352-353, 361

Sustentável, 222-224, 229-230

T

Técnicas analíticas, 205-207, 209

Tecnologia ambiental, 242-243

Teoria de campos, 21-22, 308, 361, 363-365, 367-371

Teoria dos campos de ação estratégica, 21-22, 308, 361, 363-365, 367-371

Território, 27, 99, 102, 104, 107, 131, 132, 151, 154, 170, 255, 281, 309, 319-320, 323, 364

Transporte público sobre trilhos, 21, 300, 304-307, 310-311

Tratados ambientais, 19, 141-142

Tratamento de esgotos, 48-51, 53-59, 61-62

U

Unidades de Conservação, 14, 18, 83, 85, 121-122

V

Vulnerabilidade socioambiental, 122-123, 268, 318-319, 326, 332-333



Ao longo das páginas deste livro, propõe-se o compromisso com a busca pela resiliência do planeta e pelo bem-estar humano, inextricavelmente relacionados.

Explorando temas como as dinâmicas urbanas, os desafios na agricultura, as inovações energéticas, a promoção da diversidade e da igualdade, os impactos das tecnologias e o papel da diplomacia, os capítulos desta obra oferecem uma perspectiva abrangente e aprofundada sobre os desafios contemporâneos. Os autores apresentam pesquisas científicas que refletem as preocupações atuais, proporcionando valiosa contribuição para o diálogo em diversos âmbitos da sociedade.

Visões para um mundo sustentável é uma coletânea que se destina a alunos de graduação e pós-graduação, bem como ao público geral interessado no estudo e na pesquisa sobre a interação entre sociedade e ambiente, por meio de abordagens em ciência, gestão socioambiental e governança.

Tania Pereira Christopoulos
Wânia Duleba
Flávia Noronha Dutra Ribeiro
Evandro Mateus Moretto
Renata Colombo
(Orgs.)



openaccess.blucher.com.br

Blucher Open Access