

# Meio ambiente:

Princípios ambientais,  
preservação e  
sustentabilidade

2

Danyelle Andrade Mota  
Milson dos Santos Barbosa

Clécio Danilo Dias da Silva  
Lays Carvalho de Almeida

(ORGANIZADORES)

# Meio ambiente:

Princípios ambientais,  
preservação e  
sustentabilidade

# 2

Danyelle Andrade Mota  
Milson dos Santos Barbosa

Clécio Danilo Dias da Silva  
Lays Carvalho de Almeida

(ORGANIZADORES)

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia

Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa



Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas



## Meio ambiente: princípios ambientais, preservação e sustentabilidade 2

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Yaidy Paola Martinez  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadores:** Danyelle Andrade Mota  
Clécio Danilo Dias da Silva  
Lays Carvalho de Almeida  
Milson dos Santos Barbosa

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

M514 Meio ambiente: princípios ambientais, preservação e sustentabilidade 2 / Organizadores Danyelle Andrade Mota, Clécio Danilo Dias da Silva, Lays Carvalho de Almeida, et al. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Outro organizador  
Milson dos Santos Barbosa

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
Inclui bibliografia  
ISBN 978-65-5983-790-8  
DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.908212112>

1. Meio ambiente. I. Mota, Danyelle Andrade (Organizadora). II. Silva, Clécio Danilo Dias da (Organizador). III. Almeida, Lays Carvalho de (Organizadora). IV. Título.

CDD 333.72

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br



## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



## APRESENTAÇÃO

A temática meio ambiente é um dos maiores desafios que a humanidade vivencia nas últimas décadas. A sociedade sempre esteve em contato direto com o meio ambiente, o que refletiu nas complexas inter-relações estabelecidas entre estes, promovendo práticas sociais, culturais, econômicas e ambientais. O uso indiscriminado dos recursos naturais e a crescente demanda de consumo da sociedade culminaram na degradação do meio natural, e muitas vezes, reverberaram em perda da qualidade de vida para muitas sociedades. Desse modo, é necessário a busca para compreensão dos princípios ambientais, preservação e sustentabilidade para alcançar o uso sustentável dos recursos naturais e minimizar os problemas ambientais que afetam a saúde e a qualidade de vida da sociedade.

Nessa perspectiva, a coleção “*Meio Ambiente: Princípios Ambientais, Preservação e Sustentabilidade*”, é uma obra composta de dois volumes com uma série de investigações e contribuições nas diversas áreas de conhecimento que interagem nas questões ambientais. Assim, a coleção é para todos os profissionais pertencentes às Ciências Ambientais e suas áreas afins, especialmente, aqueles com atuação no ambiente acadêmico e/ou profissional. A fim de que o desenvolvimento aconteça de forma sustentável, é fundamental o investimento em Ciência e Tecnologia através de pesquisas nas mais diversas áreas do conhecimento, pois além de promoverem soluções inovadoras, contribuem para a construção de políticas públicas. Cada volume foi organizado de modo a permitir que sua leitura seja conduzida de forma simples e objetiva.

O Volume I “*Meio Ambiente, Sustentabilidade e Educação*”, apresenta 16 capítulos com aplicação de conceitos interdisciplinares nas áreas de meio ambiente, sustentabilidade e educação, como levantamentos e discussões sobre a importância da relação sociedade e natureza. Desta forma, o volume I poderá contribuir na efetivação de trabalhos nestas áreas e no desenvolvimento de práticas que podem ser adotadas na esfera educacional e não formal de ensino, com ênfase no meio ambiente e preservação ambiental de forma a compreender e refletir sobre problemas ambientais.

O Volume II “*Meio Ambiente, Sustentabilidade e Biotecnologia*”, reúne 18 capítulos com estudos desenvolvidos em diversas instituições de ensino e pesquisa. Os capítulos apresentam resultados bem fundamentados de trabalhos experimentais laboratoriais, de campo e de revisão de literatura realizados por diversos professores, pesquisadores, graduandos e pós-graduandos. A produção científica no campo do Meio Ambiente, Sustentabilidade e da Biotecnologia é ampla, complexa e interdisciplinar.

Portanto, o resultado dessa experiência, que se traduz nos dois volumes organizados, envolve a temática ambiental, explorando múltiplos assuntos inerentes as áreas da Sustentabilidade, Meio Ambiente, Biotecnologia e Educação Ambiental. Esperamos que essa coletânea possa se mostrar como uma possibilidade discursiva para novas pesquisas

e novos olhares sobre os objetos das Ciências ambientais, contribuindo, por finalidade, para uma ampliação do conhecimento em diversos níveis.

Agradecemos aos autores pelas contribuições que tornaram essa edição possível, bem como, a Atena Editora, a qual apresenta um papel imprescindível na divulgação científica dos estudos produzidos, os quais são de acesso livre e gratuito, contribuindo assim com a difusão do conhecimento. Assim, convidamos os leitores para desfrutarem as produções da coletânea. Tenham uma ótima leitura!

Danyelle Andrade Mota  
Clécio Danilo Dias da Silva  
Lays Carvalho de Almeida  
Milson dos Santos Barbosa

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **CATEGORIZAÇÃO DE UNIDADES HIDROLÓGICAS POR MUNICÍPIO**

Renata Cristina Araújo Costa

Marcelo Zanata

Anildo Monteiro Caldas

Flávia Mazzer Rodrigues

Teresa Cristina Tarlé Pissarra

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9082121121>

### **CAPÍTULO 2..... 11**

#### **CONDIÇÕES AMBIENTAIS DO ALTO CURSO DO CÓRREGO TRÊS MARCOS EM UBERLÂNDIA-MG E A PERCEPÇÃO DE RISCOS AMBIENTAIS**

Hérica Leonel de Paula Ramos Oliveira

Jorge Luís Silva Brito

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9082121122>

### **CAPÍTULO 3..... 29**

#### **DETERMINAÇÃO DE ZINCO E CHUMBO NO SEDIMENTO E AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DA BACIA ARROIO MOREIRA/FRAGATA**

Lidiane Schmalfluss Valadão

Beatriz Regina Pedrotti Fabião

Jocelito Saccol de Sá

Pedro José Sanches Filho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9082121123>

### **CAPÍTULO 4..... 42**

#### **OS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DA CARCINICULTURA: TRANSFORMAÇÕES NAS FORMAS DE ACESSO À ÁGUA NO DISTRITO DE SÃO JOSÉ DO LAGAMAR NO MUNICÍPIO DE JAGUARUANA/CE**

Evilene Oliveira Barreto

João César Abreu de Oliveira Filho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9082121124>

### **CAPÍTULO 5..... 52**

#### **ENSAIO DE VIBRIO FISCHERI NO APOIO À DECISÃO PARA O GERENCIAMENTO DE ÁGUA PRODUZIDA, NO LICENCIAMENTO OFFSHORE NO BRASIL**

Paula Cristina Silva dos Santos

Mischelle Paiva dos Santos

Luiz Augusto de Oliveira Costa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9082121125>

### **CAPÍTULO 6..... 63**

#### **O USO DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA COMO FERRAMENTA DE GESTÃO**

## AMBIENTAL E TOMADAS DE DECISÃO NAS ORGANIZAÇÕES

Marcelo Real Prado

Paulo Daniel Batista de Sousa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9082121126>

### **CAPÍTULO 7..... 73**

#### COOPERAÇÃO GLOBAL E MUDANÇAS CLIMÁTICAS: UMA AVALIAÇÃO A PARTIR DA TEORIA DOS JOGOS

Erika Mayumi Ogawa

Cristiane Gomes Barreto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9082121127>

### **CAPÍTULO 8..... 83**

#### TERRA INDÍGENA ARARIBOIA: APONTAMENTOS SOBRE AS DINÂMICAS SOCIOPRODUTIVAS E TERRITORIAIS

Cleudson Pereira Marinho

Maria Nasaret Machado Moraes Segunda

Witemberg Gomes Zaparoli

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9082121128>

### **CAPÍTULO 9..... 97**

#### PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE AÇÕES PARA MELHOR GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM MUNICÍPIOS DE PEQUENO E MÉDIO PORTE: ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE PATROCÍNIO, MINAS GERAIS

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Valdinei de Oliveira Santos

José Domingos de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9082121129>

### **CAPÍTULO 10..... 110**

#### SÍNTESE DE NANOPARTÍCULAS DE PRATA (Ag) E INCORPORAÇÃO NO FARELO DA CASCA DO PINHÃO

Ana Carla Thomassewski

Adriano Gonçalves Viana

Adrielle Cristina dos Reis

Tamires Aparecida Batista de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.90821211210>

### **CAPÍTULO 11..... 121**

#### ANÁLISE DO POTENCIAL DE DESENVOLVIMENTO DE FIBRAS TÊXTEIS A PARTIR DE AMIDO DE MILHO, REFORÇADAS COM RESÍDUOS DE ALGODÃO

Aline Heloísa Rauh Harbs Konell

Keyla Cristina Bicalho

Ana Paula Serafini Immich Boemo

Francisco Claudivan da Silva

Catia Rosana Lange de Aguiar

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.90821211211>

**CAPÍTULO 12..... 129**

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE BIOENERGIA POR BIODIGESTOR NA REGIÃO DE RIO VERDE – GO**

Ananda Ferreira de Oliveira  
Amanda Angélica Rodrigues Paniago  
Moacir Fernando Cordeiro  
Daniely Karen Matias Alves  
Laís Alves Soares  
Rannaiany Teixeira Manso  
Thalis Humberto Tiago  
João Areis Ferreira Barbosa Júnior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.90821211212>

**CAPÍTULO 13..... 137**

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM CERÂMICAS E A REDUÇÃO DO USO DE LENHA DA CAATINGA**

Magda Marinho Braga  
Mônica Carvalho Freitas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.90821211213>

**CAPÍTULO 14..... 147**

**ANÁLISE DAS CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS DURANTE EPISÓDIOS CRÍTICOS DE POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA NO MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE/RS**

Amaranta Sant'ana Nodari  
Claudinéia Brazil Saldanha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.90821211214>

**CAPÍTULO 15..... 164**

**EQUIPAMENTOS GERADORES DE ENERGIA FOTOVOLTAICA E OS SEUS RESÍDUOS**

José Luiz Romero de Brito  
Mario Roberto dos Santos  
Fabio Ytoshi Shibao

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.90821211215>

**CAPÍTULO 16..... 180**

**BANCOS DE GERMOPLASMA COMO RECURSO DE PRESERVAÇÃO FLORÍSTICA NO RIO GRANDE DO SUL**

Claudia Toniazzo  
Sandra Patussi Brammer

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.90821211216>

**CAPÍTULO 17..... 192**

**INTERAÇÃO ENTRE FUNGOS MICORRÍZICOS E BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS NO CRESCIMENTO DAS PLANTAS E NA CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS**

Dalvana de Sousa Pereira  
Flávia Romam da Costa Souza

Ligiane Aparecida Florentino  
Franciele Conceição Miranda de Souza  
Adauton Vilela Rezende

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.90821211217>

**CAPÍTULO 18..... 208**

**UTILIZAÇÃO DA PRÓPOLIS NO CONTROLE DE FITOPATÓGENOS: UMA REVISÃO INTEGRATIVA**

Carize da Cruz Mercês  
Vanessa Santos Louzado Neves  
Cerilene Santiago Machado  
Clara Freitas Cordeiro  
Leilane Silveira D'Ávila  
Geni da Silva Sodré

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.90821211218>

**SOBRE OS ORGANIZADORES ..... 221**

**ÍNDICE REMISSIVO..... 223**

## COOPERAÇÃO GLOBAL E MUDANÇAS CLIMÁTICAS: UMA AVALIAÇÃO A PARTIR DA TEORIA DOS JOGOS

Data de aceite: 01/12/2021

Data de submissão: 30/08/2021

### Erika Mayumi Ogawa

Cientista Ambiental, Universidade de Brasília  
Brasília – DF  
<http://lattes.cnpq.br/2002201214398118>

### Cristiane Gomes Barreto

Professora Adjunta, Universidade de Brasília  
<http://orcid.org/0000-0003-3509-3158>

**RESUMO:** Este trabalho busca analisar as estratégias dos Estados Unidos e China em diferentes cenários do Acordo de Paris utilizando a Teoria dos Jogos. Foram considerados os custos de mitigação e adaptação, e avaliadas as estratégias que melhor maximizem os benefícios globais e do país, tendo em vista o equilíbrio de Nash. Como métodos, foram pesquisados os custos previstos para o atendimento das metas de cada país, comprometidas no Acordo de Paris. Foram calculados os *payoffs* de cada país para diferentes cenários de cooperação ou não-cooperação das partes. Os resultados mostraram diferentes equilíbrios de Nash, mas uma estratégia dominante de cooperação mútua. O jogo aponta para uma maior probabilidade e estabilidade de estratégias se ambos os países optassem pela adesão ao Acordo de Paris. Com isso, este trabalho corrobora a importância do Acordo e os benefícios estratégicos para a sua adesão global.

**PALAVRAS-CHAVE:** Equilíbrio de Nash; Acordo

de Paris; Estratégia Dominante; Estados Unidos; China.

### GLOBAL COOPERATION AND CLIMATE CHANGE: A GAME THEORY EVALUATION

**ABSTRACT:** This work aims to analyze the strategies of the United States and China in different scenarios of the Paris Agreement using Game Theory. The mitigation and adaptation costs were considered in calculations of the game. The strategies that maximize the overall and country benefits were evaluated considering the Nash equilibrium. As methods, the costs predicted to meet the goals of each country, committed in the Paris Agreement, were investigated. Each country's payoffs were calculated for different cooperation or non-cooperation scenarios of the parties. The results showed four Nash equilibria, but a dominant strategy of mutual cooperation. The game points to a greater probability and stability of strategies if both countries opt for adherence to the Paris Agreement. This work corroborates the importance of the Agreement and the strategic benefits for its global membership.

**KEYWORDS:** Nash equilibrium; Paris Agreement; Dominant Strategy; United States; China.

**PALABRAS CLAVE:** Equilíbrio de Nash; Acuerdo de París; Estrategia dominante; Estados Unidos; China.

### INTRODUÇÃO

O aquecimento global é um assunto de interesse mundial, pois todos os países estão expostos aos efeitos causados, mesmo que em diferentes intensidades (IPCC, 2014). Dada a

abrangência das causas e consequências das mudanças climáticas, uma das formas de lidar com essa questão passa pela negociação de acordos internacionais que preveem estratégias de mitigação e/ou adaptação ao aquecimento global. Esses acordos são, atualmente, a ferramenta central da governança internacional da mudança climática (IPCC, 2014).

Contudo, esses acordos preconizam, para uma efetiva mitigação, uma comprometida cooperação internacional (KEOHANE e VICTOR, 2016). Sem essa cooperação, o mais recente acordo, proposto em Paris no ano de 2015, estaria fadado a falhar, assim como aconteceu com o Protocolo de Kyoto.

Em 2012, sete anos após vigorar o Protocolo de Kyoto, 37 países superaram a meta de redução de 5% das emissões de gases de efeito estufa (GEE). Contudo, as emissões globais aumentaram em mais de 16% (SCHIEMEIER, 2012). Países desenvolvidos como a Alemanha e a Dinamarca reduziram as suas emissões em 21% em relação aos níveis de 1990, enquanto Portugal, aumentou as suas emissões em 27% (SCHIEMEIER, 2012).

Tais reações podem ser compreendidas segundo a “lógica da ação coletiva”, pela qual o economista e cientista social Mancur Olson (1999) esclarece que indivíduos racionais e centrados nos seus interesses não agem voluntariamente no sentido de assegurar interesses comuns. O alcance do interesse coletivo só teria sucesso por meio da coação ou se induzidos por meio de incentivos. Do contrário, sem sanções aos países não participantes, emergiria o comportamento “*free-rider*” ou “caroneiros”, que são aqueles que se beneficiam do acordo sem ter participado ou contribuído com ele (OLSON, 1999). Atualmente, esse é um dos maiores desafios da política das mudanças climáticas (NORDHAUS, 2015).

Na ausência de uma autoridade coercitiva internacional no caso dos acordos de mudanças climáticas, para que haja cooperação faz-se necessária, também, uma percepção clara e aceitação das partes em relação aos benefícios resultantes dessa estratégia (cooperação). Para essa circunstância, os atores devem compartilhar uma visão de responsabilidade comum (NORDHAUS, 2015).

A Teoria dos Jogos, como um campo de pesquisa que explora cenários de combinação de estratégias, pode auxiliar na construção de modelos que projetem as perdas e ganhos dos atores e da coletividade em função das suas estratégias (FORGÓ *et al.*, 2005). Seus modelos são ferramentas que permitem estudar os desafios da ação coletiva e a estrutura subjacente das estratégias quanto às políticas de mudanças climáticas nacionais. Em se tratando de externalidades globais como as mudanças climáticas, os tratados devem valorizar mecanismos estratégicos em que os ganhos individuais e coletivos (nacionais e globais) sejam maximizados na mesma proporção (STERN, 2006).

A retirada dos EUA do Acordo de Paris, assim como foi feito pelo mesmo em relação ao protocolo de Kyoto, levanta dúvidas com relação ao sucesso da política climática estabelecida na COP 21. Enquanto isso, a China que, na época do protocolo de Kyoto, não

tinha compromissos formais e, portanto, não se via compelida a reduzir suas emissões, pode se tornar um importante protagonista e líder das políticas globais sobre o clima.

Com isso, a investigação sobre as possíveis ações estratégicas entre a China e os EUA e a aplicação da Teoria dos Jogos é necessária para melhor se compreender a atual situação das negociações climáticas globais e, também, demonstrar as melhores ações estratégicas no quadro de negociações (EYCKMANS e TULKENS, 2003 *apud* ZHU-GANG et al., 2014).

Este trabalho se propõe, portanto, a analisar um conjunto de estratégias possíveis dos países mais poluidores em relação à adesão ao Acordo de Paris. Serão considerados os custos de mitigação e adaptação, para que seja avaliada, por meio da Teoria dos Jogos, as estratégias que melhor maximizem os benefícios globais e do país, tendo em vista, principalmente, o equilíbrio de Nash.

## MATERIAL E MÉTODOS

Como primeiro passo da pesquisa, foram selecionados os jogadores (*players*) a serem avaliados sob o modelo de jogo não-cooperativo que representa o Acordo de Paris. Para tanto, foram selecionados os dois países mais poluentes, em números absolutos, do mundo: a China e os Estados Unidos (KEMP-BENEDICT *et al.*, 2017). Os dois países somados representam mais de 40% das emissões globais e representam dois atores relevantes para os acordos climáticos internacionais.

Na sequência, foram levantadas detalhadamente as normas que regem o Acordo de Paris, bem como, as metas e intenções de redução de emissões, apresentadas nas contribuições nacionalmente determinadas - as NDC (*Nationally Determined Contributions*), os valores de investimento, os custos de mitigação e de adaptação, entre outros valores que possam entrar nas formulações matemáticas.

A estratégia de para obtenção dos dados foi por meio de fontes secundárias, como pesquisas e relatórios disponíveis em sites como *Fasty Company*, *BNP Paribas* e *Climate equity reference calculator* (KEMP-BENEDICT *et al.*, 2017), que disponibilizam os valores estimados para o custo de mitigação e adaptação da China, dos EUA e para o restante do mundo.

Foi estabelecido o conjunto possível de combinações de estratégias individuais e combinadas entre os dois jogadores (China e EUA). Na matriz de estratégias, foram estabelecidos os *payoffs* como resultado das formulações matemáticas que representam os investimentos e perdas monetárias de acordo com a estratégia adotada.

Os elementos do modelo são:  $G = \{\text{USA, China}\}$ ;  $S_{\text{USA}} = \{\text{Cooperar, não-cooperar}\}$ ;  $S_{\text{CHN}} = \{\text{Cooperar, não-cooperar}\}$ ;  $S = \{(\text{Cooperar, Cooperar}), (\text{Cooperar, não-cooperar}), (\text{não-cooperar, Cooperar}), (\text{não-cooperar, não-cooperar})\}$ .

Onde  $G$  é o jogo (*game*) e  $S$  são as estratégias (*strategies*). A combinação das

estratégias gera quatro cenários distintos de cooperação e/ou não-cooperação entre os países.

A matriz de função de utilidade (*payoff* -  $\pi$ ) corresponde a:

|     |             | China                      |                            |
|-----|-------------|----------------------------|----------------------------|
|     |             | Coopera                    | Não-coopera                |
| EUA | Coopera     | $(\pi_{EUA1}, \pi_{CHN1})$ | $(\pi_{EUA2}, \pi_{CHN2})$ |
|     | Não-coopera | $(\pi_{EUA3}, \pi_{CHN3})$ | $(\pi_{EUA4}, \pi_{CHN4})$ |

Para o cálculo dos payoffs, foram formuladas as equações considerando as diretrizes financeiras dos termos do acordo de Paris para cada *n* cenário:

$$\pi_{EUA_n} = -(M_{EUA_n} + A_{EUA_n} + A_{i_{EUA_n}} + F_{EUA_n})$$

$$\pi_{CHN_n} = -(M_{CHN_n} + A_{CHN_n} + A_{i_{CHN_n}} - F_{EUA_n})$$

Onde:

M = Custo de investimento necessário para alcançar as metas de redução do iNDC do país para o ano de 2020;

A = Custo de adaptação previsto para os países em 2020;

A<sub>i</sub> = Custo incremental de adaptação caso alguns países não cooperem, para 2020;

F = Custo de contribuição com o Fundo Verde do Clima.

Todos os custos estão expressos em US\$ milhões (milhões de dólares americanos) e se referem ao ano de 2020.

|     |             | China   |             |
|-----|-------------|---------|-------------|
|     |             | Coopera | Não-coopera |
| EUA | Coopera     | 44,8    | 51,3        |
|     | Não-coopera | 46,6    | 53,1        |

Quadro 1 – Valores globais projetados de gases de efeito estufa em GtCO<sub>2</sub>eq para cada cenário de combinações de estratégias. Elaborado a partir dos dados de KEMP-BENEDICT *et al.* (2017).

Para que esses valores possam ser incorporados nos cálculos dos *payoffs*, foram estimados os custos incrementais para adaptação, respeitando o custo médio de US\$91/ton. Os quadros a seguir representam a quantidade incremental de GEE, tendo em vista as projeções para 2020 e pressupondo que os demais países signatários do Acordo de Paris cumpririam suas metas.

|     |             | China   |             |
|-----|-------------|---------|-------------|
|     |             | Coopera | Não-coopera |
| EUA | Coopera     | 0       | 6,5         |
|     | Não-coopera | 1,8     | 8,3         |

Quadro 2 – Representação da quantidade incremental de gases de efeito estufa, emitidos em 2020 nos diferentes cenários para Estados Unidos (EUA) e China. Elaborado a partir dos dados de KEMP-BENEDICT *et al.* (2017). Valores em GtCO<sub>2</sub>eq.

|     |             | China    |             |
|-----|-------------|----------|-------------|
|     |             | Coopera  | Não-coopera |
| EUA | Coopera     | 0, 0     | 591, 591    |
|     | Não-coopera | 163, 163 | 755, 755    |

Quadro 3 – Custo de adaptação incremental (A<sub>i</sub>) para o ano de 2020, considerando os diferentes cenários para Estados Unidos (EUA) e China. Valores em US\$ milhões.

Por fim, foram incorporados à equação, os custos relativos ao Fundo Verde do Clima. Foi tomada como base de cálculo os US\$ 500 milhões depositados pelos EUA em 2014. Na fórmula, esse valor se soma aos *payoffs* para os EUA e, admitimos que ele subtrai os *payoffs* para a China, considerando que esta poderia ser uma beneficiária do Fundo, na mesma proporção.

$$\pi_{EUA_n} = -(M_{EUA_n} + A_{EUA_n} + A_{i_{EUA_n}} + F_{EUA})$$

$$\pi_{CHN_n} = -(M_{CHN_n} + A_{CHN_n} + A_{i_{CHN_n}} - F_{EUA})$$

Para a modelagem do jogo, foram obedecidos os seguintes pressupostos: i) o modelo deve permitir interações; ii) envolver mais de um agente; iii) permitir a racionalidade; e iv) priorizar o comportamento estratégico (LEONETI, 2012). As estratégias de adesão ou não-adesão foram modeladas no *software* GAMBIT - *Software Tools for Game Theory* (McKelvey, 2016). Os *payoffs* foram inseridos no programa e, a partir disso, foi buscado o(s) equilíbrio(s) de Nash e determinar a estratégia dominante do jogo, tendo em vista o modelo não-cooperativo para representar o Acordo de Paris.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados e os valores levantados na etapa de identificação dos custos que permitiram o cálculo dos *payoffs* de cada país (China e EUA) em cada cenário possível de combinação de estratégias (cooperar ou não-cooperar) representadas pela adesão ou não ao Acordo de Paris.

|     |             | China                |                      |
|-----|-------------|----------------------|----------------------|
|     |             | Coopera              | Não-coopera          |
| EUA | Coopera     | (-143.354, -107.103) | (-143.945, -107.694) |
|     | Não-coopera | (-142.847, -107.173) | (-143.439, -107.765) |

Quadro 4 – Matriz de possibilidades com os payoffs da China e Estados Unidos nos cenários de cooperação ou não-cooperação diante do Acordo de Paris.

Foram admitidos os pressupostos do modelo, a partir das regras de incentivos e dos resultados esperados pela adesão e cooperação das partes. Por exemplo, todos os países se comportariam como jogadores racionais. Além disso, é esperado que as partes escolham uma estratégia que maximize os seus ganhos individuais (jogo não-cooperativo). O modelo foi definido, também, como um jogo simultâneo, quando as partes devem tomar decisões desconhecendo as decisões dos outros.

As possibilidades são: 1) ambos os países aderirem ao acordo (cooperação mútua), na qual, foram computados os custos de mitigação (M) previstos para o alcance de seus NDC, mais o custo de adaptação (A) já esperado, sem custo de adaptação incremental (Ai) visto que todos os países estariam cooperando e se alcançaria a meta global, mais os custos e benefícios do Fundo Verde do Clima (F); 2) China não coopera, mas Estados Unidos coopera, sendo computados apenas os M dos Estados Unidos e  $M_{CHN2} = 0$ , o A se mantém, mas o Ai aumenta em função das emissões da China, o Fundo seria depositado pelos Estados Unidos; 3) China coopera, mas Estados Unidos não coopera, no qual são computados os custos de mitigação da China, mas não dos Estados Unidos ( $M_{EUA3} = 0$ ), o A se mantém, mas o Ai aumenta, visto que os Estados Unidos não cooperaria, e o Fundo não seria depositado ( $F_{EUA,CHN} = 0$ ); 4) ambos os países não cooperam e não são computados custos de mitigação, nem do Fundo, mas apenas A e os valores de Ai para esse cenário.

De posse dos *payoffs* e do modelo do jogo, essas informações foram lançadas no *software* GAMBIT (versão 15, McKelvey, 2016). A partir daí pôde-se comparar qual seria a melhor escolha em termos de estratégia que tinha como melhor alternativa os ganhos individuais e globais (Equilíbrio de Nash).

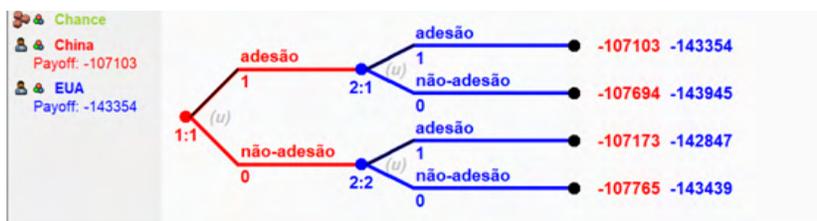


Figura 1 – Tela de resultado do Gambit 15.1 para um jogo de estratégias mistas com os *payoffs* da China (jogador 1) e Estados Unidos (jogador 2) relativos ao Acordo de Paris. Fonte: Modelagem usando o Software Gambit 15.1 (McKelvey, 2016) feito pelas autoras.

O programa retornou a existência de quatro possíveis equilíbrios de Nash. Contudo, como estratégia de equilíbrio dominante, predomina a cooperação mútua (adesão e adesão). Em jogos não cooperativos, apenas um Equilíbrio de Nash representará um resultado de ganho para ambas as partes, que neste caso é a cooperação mútua. Quando é solicitado ao *software* apenas um único Equilíbrio de Nash, o resultado também aponta para a estratégia dominante, que é a cooperação mútua.

Para além do primeiro cenário, da estratégia dominante, de cooperação mútua, é possível vislumbrar outros três cenários a partir do jogo sequencial com mais rodadas. Num segundo cenário, teríamos a adesão dos EUA e a não adesão da China, que não é o cenário dominante segundo o *software* GAMBIT 15.1. De acordo com Parnell (2011), apesar dos esforços vindos da China com relação às medidas de eficiência em energias renováveis, pequenas economias mas com escalas de emissões intensos torna a sua própria iniciativas verdes fúteis. Diversas pesquisas apontam que a não adesão da China mostra possibilidades muito negativas do ponto de vista sanitário recaindo sobre o país, o que se reforça pela análise feita neste estudo ao considerar os aspectos econômicos (Leung, 2013; Fontdeglória; 2015; Planelles, 2017).

No terceiro possível cenário, seria a não adesão dos EUA no acordo de Paris e a adesão da China. Essa situação tem grande possibilidade de ocorrência, já que no dia 1 de julho de 2018, o então presidente dos Estados Unidos, anunciou a retirada dos Estados Unidos do Acordo de Paris, afirmando que poderia haver o reingresso caso houvesse um novo acordo com os termos adequados ao país. De acordo com o site de pesquisas *Climate action tracker* (2017), essa atitude demonstra um retrocesso severo e que poderia afetar as ações dos outros países, colocando assim em risco o sucesso do Acordo de Paris.

Segundo Bizawu e Rodrigues (2017) muitos estados dos americanos pretendem manter as metas independente dos rumos traçados pela administração federal, possuindo leis e ações alinhadas ao Acordo de Paris.

Ainda assim, esse cenário faz com que a atenção mundial se volte para a China, por ser o maior emissor de carbono no mundo (IPCC, 2007), e que, por sua vez, vem reiterando o compromisso com o Acordo de Paris. Com isso, a China se lança para o protagonismo internacional no âmbito ambiental, direcionando os seus esforços diplomáticos para a cooperação em acelerar as metas de baixo carbono com a injeção de fontes limpas de energia na matriz de elétrica (Osorio, 2017).

Em 2015, as emissões de CO<sub>2</sub> da China caíram 1-2% após uma ligeira queda em 2014 e a principal queda foi de 2-4% no consumo de carvão (GREENPEACE, 2016). Com isso, a China conseguiu alcançar a sua meta de emissão de carbono para 2020 em três anos antes do planejamento inicial, demonstrando assim o compromisso que os chineses estão fazendo com relação ao futuro de baixo carbono. No final de 2017, a China havia cortado as emissões de dióxido de carbono por unidade do PIB em 46% em relação ao nível de 2005, cumprindo seu compromisso de reduzir as emissões de carbono em 40 a

45% em relação ao nível de 2005 até 2020 (United Nations-Climata Change, 2018).

Isso mostra que a China, assim como outros países que não estão no grupo dos países desenvolvidos, ganharam protagonismo nas negociações e iniciativas com relação ao clima. Do ponto de vista de formação de coalisões, esses países são atualmente promissores colaboradores e incentivadores dos acordos internacionais. Por outro lado, os Estados Unidos, embora tenha perdido esse protagonismo, ainda é um importante ator devido as suas elevadas taxas de emissões.

No quarto e último cenário seria a não adesão dos dois países, o pior dos cenários já que a China e os EUA juntos são responsáveis por mais de 40% do total de emissão do mundo (CQNUMC, 2016 *apud* ROCHA, 2016). Seria um cenário de grandes perdas para o mundo e para as duas nações analisadas.

Os incêndios florestais estão cada vez mais frequentes no mundo, e em especial, no oeste dos Estados Unidos, causando grandes prejuízos econômicos ao país (IPCC, 2014). Watson *et al.* (2017) afirmam que os impactos climáticos estão custando, em média, US\$ 240 bilhões por ano em perdas econômicas, os danos e os custos a saúde, ou seja, cerca de 40% do total de crescimento dos Estados Unidos. Zhang *et al.* (2017) calcularam que até o período de 2040-2059, as temperaturas médias na China aumentarão em 3,6 F (2 °C), o que significa uma redução na produção industrial em até 12% ao ano e uma redução no PIB chinês em 3,8% ao ano até meados deste século. Este é, sem dúvida, o pior cenário, que nos aproxima a uma condição *business as usual*, desastrosa para a economia, para a sociedade e para o planeta como um todo.

## CONCLUSÕES

Nesta pesquisa, o propósito foi apresentar os possíveis cenários referentes ao Acordo de Paris, demonstrando a partir da Teoria Jogos, o Equilíbrio de Nash, as estratégias dominantes e a estratégia mais provável, na qual os países teriam benefícios tanto no âmbito individual como coletivo, no aspecto financeiro e na redução das emissões de gases de efeito estufa.

Conforme analisamos, os resultados obtidos foram que a estratégia dominante para os Estados Unidos e China seria a adesão ao Acordo de Paris, ou seja, a cooperação mútua seria a melhor estratégia para obter maiores vantagens individuais e coletivas em comparação a estratégia de não aderir ao Acordo.

Apesar das intenções dos Estados Unidos em se retirar do Acordo, fica evidenciado que, do ponto de vista dos aspectos econômicos das mudanças climáticas, considerando custos de adaptação, mitigação e de investimentos no fundo verde, ainda assim, seria mais interessante, do ponto de vista da economia americana, a sua manutenção no acordo.

Mesmo não tendo um *enforcement* ou sanção prevista no Acordo que punisse os países que não cooperam, a estratégia mais estável e dominante de cooperação mútua

mostra que os custos incrementais de adaptação seriam suficientes para causar prejuízos que não compensam a opção pela não adesão. Com isso, reforça-se ainda mais a importância do Acordo de Paris, ao enfatizarmos que a cooperação global seria a melhor forma de ação contra o aquecimento global, pois diferentes acontecimentos climáticos causados pela mudança climática poderão acarretar em consequências irreversíveis.

## REFERÊNCIAS

BIZAWU S. K; RODRIGUES M. V. A crise da globalização: um estudo sobre os efeitos do Brexit e da política do governo Trump e os desafios para as metas do acordo de Paris. **Cadernos de Direito Actual N. 7**, p. 241-256. 2017.

BNP PARIBAS. **From laggard to leader: China embraces green finance**. 2010. Disponível em: <[https://cib.bnpparibas.com/sustain/from-laggard-to-leader-china-embraces-green-finance\\_a-3-1491.html](https://cib.bnpparibas.com/sustain/from-laggard-to-leader-china-embraces-green-finance_a-3-1491.html)>. Acesso em: 15 de março de 2019.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC)**, Brasília. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas>> Acesso em: 30 de março de 2018.

FONTDEGLÒRIA, X. **Poluição na China matará 923.000 pessoas até 2030**. 11, novembro. 2015. EL País: O jornal Global. Disponível em:< [https://brasil.elpais.com/brasil/2015/11/10/internacional/1447152772\\_680439.html?rel=mas](https://brasil.elpais.com/brasil/2015/11/10/internacional/1447152772_680439.html?rel=mas)>. Acesso em : 17 de abril de 2019.

FORGÓ, F.; FÜLÖP, J.; PRILL, M. Game theoretic models for climate change negotiations. **European Journal of Operational Research**, v. 160, n. 1, p. 252-267, 2005.

GREENPEACE. **As emissões de CO2 da China continuaram a cair em 2015**. 29, fevereiro. 2016. Key energy numbers from China's 2015 Statistical Communiqué. Disponível em: <<http://www.greenpeace.org/eastasia/press/releases/climate-energy/2016/Chinas-CO2-emissions-continued-to-fall-in-2015--Greenpeace-response/#.VtQL6oVxTL4.twitter>>. Acesso em: 15 de Abril de 2018.

IPCC, 2007: **Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976p.

IPCC, 2014. **Climate Change 2014. Synthesis Report Summary for Policymakers**. Disponível em: <[https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5\\_SYR\\_FINAL\\_SPM.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf) >. Acesso em:19 de Abril de 2019.

KEMP-BENEDICT, E.; CHRISTIAN H.; PAUL B.; TOM A. ; SIVAN K. (2017). **The Climate Equity Reference Calculator** . Berkeley e Somerville: Projeto de referência sobre equidade climática (EcoEquity e Stockholm Environment Institute). 2017. Disponível em: <<https://calculator.climateequityreference.org>. >

LEONETI, A.B. **Teoria dos Jogos e Sustentabilidade na Tomada de Decisão: Aplicação a Sistemas de Tratamento de Esgoto**. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos, USP. São Paulo. 2012.

LEUNG, D. **How Are China's Overseas Investments Affecting the Environment?** World resources institute. 2013. Disponível em: <<http://www.wri.org/blog/2013/05/how-are-china%E2%80%99s-overseas-investments-affecting-environment>>. Acesso em: 17 de Abril de 2018.

MCKELVEY, R. D., MC LENNAN, ANDREW M., and Turocy, THEODORE L. (2016). *Gambit: Software Tools for Game Theory*, Version 16.0.0. Disponível em: <<http://www.gambit-project.org>>.

NAÇÕES UNIDAS. **Climate Change. China Meets 2020 Carbon Target Three Years Ahead of Schedule.** 28, março. 2018. Disponível em: <<https://unfccc.int/news/china-meets-2020-carbon-target-three-years-ahead-of-schedule>>. Acesso em 17 de Abril de 2018.

NORDHAUS, W. *Climate Clubs: Overcoming Free-Riding in International Climate Policy.* **American Economic Review**, 105 (4): 1339-70. 2015.

OLSON, M. (1999). *A Lógica da Ação Coletiva*. São Paulo: EDUSP, 1999.

OSORIO, L. E. **Acordo de Paris: saída dos EUA reforça nova dinâmica geopolítica e protagonismo da China.** 06, julho. 2017. CPFL energia. Disponível em: <<https://www.cpfl.com.br/releases/Paginas/acordo-de-paris-saida-dos-eua-reforca-nova-dinamica-geopolitica-e-protagonismo-da-china.asp>>. Acesso em: 15 de Abril de 2018.

ROCHA, R. S. **Uma análise do acordo de paris: a convenção-quadro e a nova fase do regime multilateral de mudança do clima.** 2016. 63 f. Trabalho de conclusão de curso - Instituto de relações internacionais Universidade de Brasília. Brasília.

STERN, N. H. **The economics of climate change: the Stern review.** Cambridge, UK: Cambridge University Press. Disponível em: <[http://www.hm-treasury.gov.uk/independent\\_reviews/stern\\_review\\_economics\\_climate\\_change/sternreview\\_index.cfm](http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/sternreview_index.cfm)>. Acessado em: 02 de abril de 2017.

UNFCCC (2017). UN Climate Change Newsroom. Disponível em: <<http://newsroom.unfccc.int/>> Acesso em: 02 de abril de 2017.

WATSON, R. McCARTHY, J. HISAS, L. *The economic case for climate action in the United States. Acting Climate Together.* Setembro, 2017. Disponível em: <<https://feu-us.org/case-for-climate-action-us/>>. Acesso em: 17 de Abril de 2018.

ZHANG, P. D. O.; MENG, K. C.; ZHANG, J. **Temperature Effects on Productivity and Factor Reallocation: Evidence from a Half Million Chinese Manufacturing Plants.** IZA- Institute of Labor economic. IZA DP No. 11132. Novembro, 2017. Disponível em: <<http://ftp.iza.org/dp11132.pdf>>. Acesso em: 19 de Abril de 2018.

ZHU-GANG J.; WEN-JIA, C.; CAN, W. *Simulation of Climate Negotiation Strategies between China and the U.S. Based on Game Theory.* **Advances In Climate Change Research** 5, p, 34-40, 2014. DOI: 10.3724/SP.J.1248.2014.034.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Absorção atômica 29, 33

Ações antrópicas 11, 21, 25

Agricultura 10, 11, 20, 24, 30, 49, 69, 72, 138, 190, 192, 193, 208, 210, 214, 215

Água 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 39, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 101, 105, 109, 111, 113, 114, 122, 123, 152, 155, 192, 214, 216

Alternativas naturais 121

Apicultura 209

Aquecimento global 73, 74, 81

Associações mutualísticas 192, 193, 194, 195

### B

Bacias hidrográficas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 14, 22, 27

Bactérias 48, 57, 110, 112, 125, 127, 132, 192, 193, 196, 197, 198, 199, 203, 205, 213, 214, 215

Biodegradabilidade 121, 122, 123, 124, 125

Biodiversidade 48, 66, 83, 87, 94, 138, 181, 182, 184, 190, 192, 193, 221

Biofertilizante 131

Biogás 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136

Biopolímeros 112, 123, 125, 126, 127

### C

Caatinga 137, 138, 145, 146, 202, 206

Carcinicultura 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 50, 51

Carvão vegetal 137

Conservação ambiental 64

Contaminação 12, 17, 29, 31, 34, 39, 42, 43, 44, 47, 48, 51, 98, 103, 104, 109, 130, 150

### D

Dejetos suínos 130, 135, 136

Desmatamento 48, 95, 96, 137, 138, 181

Divisão territorial 2

## E

Ecosistemas 12, 30, 31, 101, 148, 181, 182, 193

Ecotoxicidade 52, 55, 57

Eficiência energética 131, 137, 138, 143, 145, 166

Energia fotovoltaica 164, 166, 167, 170, 171, 174

Energias renováveis 79, 129, 164, 165

Equilíbrio de Nash 73, 75, 78, 79, 80

Escassez hídrica 50, 111

Espécies nativas 180, 181, 182, 183, 188

## F

Fitopatógenos 195, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217

Fósforo 192, 195, 196, 197, 198

Fungos 110, 192, 193, 194, 196, 197, 198, 199, 201, 202, 205, 206, 210, 213, 215, 216

## G

Georreferenciamento 3

Gestão ambiental 2, 3, 38, 61, 62, 63, 71, 128, 163, 176, 221

Granulometria 31, 32, 35

## I

Impactos ambientais 11, 13, 23, 63, 64, 65, 67, 68, 72, 98, 99, 122, 129, 130, 146, 164, 167, 172, 175, 176

Impactos socioambientais 42, 43

Indicadores ambientais 4, 8, 9, 63, 163

Indústria cerâmica 137, 138, 139, 140, 145, 146

Indústria petrolífera 53

Indústria têxtil 121, 122, 128

## L

Lenha 137, 138, 139, 142, 143, 144, 145, 148

Logística reversa 100, 128, 167, 173, 174, 176

## M

Material particulado 147, 149, 150, 155, 157, 158, 159, 161, 162

Matriz energética 138

Meio ambiente 8, 12, 13, 20, 27, 28, 39, 42, 48, 49, 52, 53, 58, 60, 61, 63, 64, 65, 67, 69,

71, 72, 81, 98, 101, 102, 105, 111, 112, 122, 128, 129, 135, 137, 138, 145, 149, 152, 166, 167, 176, 181, 184, 190, 214, 221

Metais pesados 30, 38, 39, 40, 111, 167

Metano 129, 130, 131, 134

Mudanças climáticas 66, 73, 74, 80

## N

Nanociência 111

Nanopartículas metálica 110

Nitrogênio 134, 153, 154, 181, 182, 192, 196, 198, 203, 206

## P

Percepção ambiental 11, 13, 22, 109

Petróleo 52, 53, 54, 56, 61, 62, 138, 221

Poliéster 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127

Poluição atmosférica 69, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 159, 161, 162

Própolis 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220

Protocolo de Kyoto 74

## R

Recursos genéticos 180, 182, 190

Recursos naturais 20, 40, 44, 47, 61, 63, 64, 65, 68, 70, 83, 86, 87, 93, 94, 95, 96, 99, 101, 122, 138, 142, 181, 184

Resíduos agroflorestais 110, 111

Resíduos sólidos 11, 20, 21, 66, 97, 98, 99, 100, 101, 103, 104, 105, 108, 109, 175

Riscos ambientais 11, 12, 13, 22, 26, 27, 28, 30, 172

## S

Saneamento básico 97, 109

Saúde pública 48, 97, 98, 99, 101, 147, 148, 152

Serviços de saneamento 100

Solo 1, 3, 4, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16, 17, 18, 20, 25, 26, 36, 41, 66, 69, 87, 94, 98, 103, 104, 105, 109, 121, 122, 123, 124, 127, 130, 138, 150, 161, 175, 181, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 203, 205, 206

Suinocultura 129, 130, 131, 132

Sustentabilidade 27, 81, 94, 108, 129, 131, 151, 167, 168, 169, 181, 221

## T

Tecnologias fotovoltaicas 166

Terra Indígena 83, 85, 90, 91, 93, 94, 95, 96

Território 2, 3, 8, 9, 16, 22, 26, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 90, 94, 96, 189

# Meio ambiente:

Princípios ambientais,  
preservação e  
sustentabilidade

2

# Meio ambiente:

Princípios ambientais,  
preservação e  
sustentabilidade

2