



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**  
**SANEAMENTO AMBIENTAL**

**JÔNATAS JOSÉ LÔBO OLIVEIRA**

**MERCADO DE CARBONO : PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO EM UM  
MUNICÍPIO DO CEARÁ**

**FORTALEZA**

**2024**

JÔNATAS JOSÉ LÔBO OLIVEIRA

**MERCADO DE CARBONO : PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO EM UM  
MUNICÍPIO DO CEARÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, Área de concentração: Saneamento Ambiental.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Ana Bárbara de Araújo Nunes

**FORTALEZA**

**2024**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

O47m Oliveira, Jônatas José Lôbo.  
Mercado de Carbono : Proposta de Implementação em um Município do Ceará / Jônatas José Lôbo  
Oliveira. – 2024.  
88 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Recursos Hídricos, Fortaleza, 2024.  
Orientação: Profª. Dra. Ana Bárbara de Araújo Nunes.

1. Créditos de Carbono. 2. Mudanças Climáticas. 3. Projetos de Economia Verde. 4. Cidades resilientes. I. Título.

CDD 627

---

JÔNATAS JOSÉ LÔBO OLIVEIRA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, Área de concentração: Saneamento Ambiental.

Aprovada em: 29/06/2024

BANCA EXAMINADORA

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Ana Bárbara de Araújo Nunes (Orientadora)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Claudia Moster (Membro Externo)  
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)

---

Prof. Dr. Cleiton da Silva Silveira (Membro Interno)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

## AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho a minha família, meu pai, minha mãe, minha irmã e meu sobrinho, assim como em especial minhas tias Tereza e Arlinda que desde pequeno me criaram.

Assim como todos os meus amigos que me incentivaram e apoiaram a chegar até aqui, sem dúvida não teria conquistado isso, em especial a Iara, Leonides, Beatriz, Eloisa, Erik, Karina e outros que contribuíram comigo em outros momentos dessa jornada.

Agradeço a Deus pela oportunidade de cada dia e pela possibilidade de construir isso em minha carreira, não foi da forma que imaginei, mas talvez tenha sido como deveria ser.

Agradeço a todas as aulas, contatos, professores, conhecimentos e informações trocadas durante o período que me foi possível fazer parte do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental (POSDEHA) da Universidade Federal do Ceará, pela excelência e qualidade do programa de pós-graduação ofertado.

À CAPES, pelo período de bolsa de mestrado a mim concedida.

Ao Instituto de Meio Ambiente da Caucaia – IMAC pelo suporte, dados e informações cedidas.

A minha orientadora, Ana Bárbara de Araújo Nunes, por confiar que eu seria capaz, principalmente pela paciência, gentileza, orientação, conhecimentos a mim conferidos durante a elaboração deste trabalho e pela oportunidade de trabalhar com ela.

*“Faça o teu melhor, na condição que você tem,  
enquanto não tem condições melhores para  
fazer melhor ainda” (Mario Sérgio Cortella).*

## RESUMO

Com a globalização a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas se tornaram cada vez mais emergentes. Atualmente com o Acordo de Paris, os países compreendem a relevância do incentivo financeiro e da necessidade de investimento para impulsionar as adequações necessárias e reter as alterações causadas pelos excessos de Gases do Efeito Estufa, sendo intitulado popularmente como o Mercado de Carbono. Nesse sentido, o presente estudo busca propor diretrizes para um plano de ação para utilização do mercado de carbono no Ceará como política pública para o desenvolvimento sustentável. Por meio da identificação de iniciativas semelhantes, assim como a compreensão do perfil econômico, social e ambiental, tanto do Ceará como do município da Caucaia, interligando com o perfil de emissões. Com os dados levantados, analisou-se os principais atores envolvidos, assim como os principais riscos climáticos que o município está susceptível, assim como características locais, padrões de emissões e potenciais projetos de mitigação para contemplar uma ação integrada. O resultado foi a verificação da viabilidade de um plano de ação delineado visando setores-chave para intervenção, processos de comunicação para interlocução entre os diferentes atores e setores, implementação de projetos de energia renovável, reflorestamento, programas de conscientização ambiental e incentivos fiscais para práticas sustentáveis. Além de identificar pontos relevantes para verificação, como questões de governança, capacitação técnica e infraestrutura, bem como, oportunidades associadas à transição para uma economia de baixo carbono. Por fim, são apresentadas diretrizes que se concentram em estruturas de governança confiáveis, a partir da implementação de projetos que consigam impactos benéficos para o meio ambiente, o social e o econômico, tendo a comunicação, a transparência e a governança como bases.

**Palavras-chave:** Créditos de Carbono; Mudanças Climáticas; Projetos de Economia Verde; cidades resilientes

## **ABSTRACT**

With globalization, mitigating the effects of climate change has become increasingly emerging. Currently with the Paris Agreement, countries understand the relevance of financial incentives and the need for investment to drive the necessary adjustments and retain the changes caused by excess Greenhouse Gases, popularly known as the Carbon Market. In this sense, the present study seeks to propose guidelines for an action plan to use the carbon market in Ceará as a public policy for sustainable development. Through the identification of similar initiatives, as well as understanding the economic, social and environmental profile, both in Ceará and the municipality of Caucaia, interconnected with the emissions profile. With the data collected, the main actors involved were analyzed, as well as the main climate risks that the municipality is susceptible to, as well as local characteristics, emission patterns and potential mitigation projects to contemplate an integrated action. The result was the verification of the feasibility of an action plan outlined targeting key sectors for intervention, communication processes for dialogue between different actors and sectors, implementation of renewable energy projects, reforestation, environmental awareness programs and tax incentives for practices sustainable. In addition to identifying relevant points for verification, such as governance issues, technical training and infrastructure, as well as opportunities associated with the transition to a low-carbon economy. Finally, guidelines are presented that focus on reliable governance structures, based on the implementation of projects that achieve beneficial impacts on the environment, the social and the economic, with communication, transparency and governance as bases.

**Keywords: Carbon Credits; Climate Change; Green Economy Projects**

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

GEE – Gases do Efeito Estufa

ICROA - *International Carbon Reduction and Offsetting Accreditation*

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará

IQM - Índice de Qualidade do Meio Ambiente

SCIDADES - Secretaria das Cidades

SEMA - Secretaria do Meio Ambiente

SEMACE - Superintendência Estadual do Meio Ambiente

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

IMAC – Instituto de Meio Ambiente da Caucaia

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1- Fluxo geral para projetos de créditos de carbono.....</b>	<b>28</b>
<b>Figura 2 – Processo das Comercializações de Créditos de Carbono .....</b>	<b>18</b>
<b>Figura 3 – Elementos Centrais do Protocolo da Força-Tarefa para Divulgações Financeiras Relacionadas ao Clima .....</b>	<b>21</b>
<b>Figura 4 – Histórico de emissões inventariadas nos Registro Público de emissões .....</b>	<b>23</b>
<b>Figura 5 – Fluxo da sequência metodológica adotada .....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 6 – Fluxo adaptado para estudo de caso do Município de Caucaia. ....</b>	<b>30</b>
<b>Figura 7 – Exemplificação da seleção das áreas sobrepostas do SICAR.....</b>	<b>31</b>
<b>Figura 8 – Disposição geográfica das UCs estaduais no Ceará.....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 9 – Série histórica de Emissões de Gases do Efeito Estufa no Ceará, por setor econômico .....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 10 – Distribuição Territorial da Caucaia.....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 11 – Representação dos distritos de Caucaia de acordo com o nível de exposição ao risco da Seca ou Estiagem.....</b>	<b>49</b>
<b>Figura 12 – Mapa das áreas de risco de enchente na zona urbana.....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 13– Representação dos distritos de Caucaia de acordo com o nível de exposição ao risco de Cheia .....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 14 – Representação dos distritos de Caucaia de acordo com o nível de exposição ao risco de regressão da faixa de areia .....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 15 – Perfil de geração de Gases de Efeito Estufa na Caucaia, por setor .....</b>	<b>54</b>
<b>Figura 16 - Perfil de geração de Gases de Efeito Estufa na Caucaia, por categoria .....</b>	<b>54</b>
<b>Figura 17 – Registros de propriedades com Cadastro Ambiental Rural. ....</b>	<b>56</b>
<b>Figura 18 – Interrelação entre os atores em projeto de Mitigação das Mudanças Climáticas.....</b>	<b>62</b>
<b>Figura 19 – Localização da APA do Estuário do Rio Ceará .....</b>	<b>64</b>
<b>Figura 20 – APA do Lagamar do Rio Cauípe.....</b>	<b>65</b>
<b>Figura 21 – Localização da APA do Lagamar do Rio Cauípe .....</b>	<b>66</b>

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1 – Valores padrão do IPCC para Biomassa .....</b>	<b>31</b>
<b>Quadro 2 – Unidades Geoambientais do Ceará.....</b>	<b>33</b>
<b>Quadro 3 – Unidades de Conservação Federal no Ceará .....</b>	<b>36</b>
<b>Quadro 4 – Unidades de Conservação Estaduais no Ceará .....</b>	<b>38</b>
<b>Quadro 5 – Ranking de municípios com maiores áreas desmatadas em unidades de Conservação no Ceará (2019-2023) .....</b>	<b>43</b>
<b>Quadro 6 – Total de Emissões de Gases do Efeito Estufa no estado do Ceará, nos anos de 2013, 2018 e 2022. ....</b>	<b>45</b>
<b>Quadro 7 – Iniciativas da Fase de Alinhamento.....</b>	<b>58</b>
<b>Quadro 8 – Quantidade de empresas na Caucaia por CNAE's, com licenciamento ambiental (as 10 maiores) .....</b>	<b>59</b>
<b>Quadro 9 – Iniciativas da fase de Estruturação .....</b>	<b>60</b>
<b>Quadro 10 - Iniciativas da fase de Implementação .....</b>	<b>61</b>

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	13
2	OBJETIVOS .....	17
2.1	Objetivo geral .....	17
2.2	Objetivos específicos .....	17
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	18
3.1	Protocolo de Kyoto ao Acordo de Paris: Resgate Histórico .....	18
3.2	Mercado de Carbono e os Créditos de Carbonos.....	23
3.2.1	Conceituação geral.....	23
3.2.2	Créditos de Carbono como política pública de meio ambiente .....	26
3.2.3	Método e fluxo geral para Geração de Créditos de Carbono.....	27
3.2.4	Fluxo para comercialização de créditos de carbono .....	30
3.3	Análise de cenário brasileiro com a utilização dos créditos de carbono .....	21
3.3.1	Legislações pertinentes com correlação .....	24
4	METODOLOGIA.....	27
4.1	Identificação da área de estudo .....	27
4.2	Sequência metodológica adotada.....	27
4.2.1	Construção do Perfil de produção, consumo e práticas ambientais na área de estudo .	28
4.2.2	Simulação do potencial da retenção de Carbono na área de estudo. ....	29
4.2.3	Plano sugestivo de atuação na Caucaia .....	32
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
5.1	ANÁLISE DO CEARÁ E DA CAUCAIA .....	33
5.1.1	Análise das características territoriais do Ceará .....	33
5.1.2	Políticas e regulamentos estaduais aplicáveis aos créditos de carbono .....	34
5.1.3	Unidades de Conservação e Parques Estaduais existentes .....	35
5.2	Inventário de Emissões de Gases do Efeito Estufa do Ceará .....	43
5.3	Cenário atual na Caucaia .....	46
5.3.1	Perfil socioeconômico do município .....	46
5.3.2	Espaços e características do município.....	47
5.3.3	Estudo sobre a vulnerabilidade climática da Caucaia.....	48
5.4	Perfil de geração de Gases de Efeito Estufa na Caucaia .....	53
5.5	Simulação do potencial de captação de G.E.E. na Caucaia/CE.....	56
5.6	Plano de ação para implementação da Política Pública – Programa Cearense de Mitigação das Mudanças Climáticas .....	57
5.7	Sugestão de aplicação de projetos com potencial de geração de créditos de carbono na Caucaia/CE .....	63

5.7.1	Gestão, preservação e conservação da APA do Estuário do Rio Ceará .....	64
5.7.2	Gestão, preservação e conservação da APA do Lagamar do Rio Cauipe em parceria com o Povo Anacé.....	65
5.7.3	Reflorestamento e pagamento de serviços ambientais para áreas de retirada de madeira 67	
5.7.4	Transição energética dos prédios públicos e veículos automotivos .....	68
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES .....	69
7	REFERÊNCIAS .....	71

## 1 INTRODUÇÃO

No contexto global atual, a preocupação com as mudanças climáticas e a necessidade de reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) tornou-se uma prioridade incontestável. Países ao redor do mundo têm buscado maneiras de mitigar os impactos das atividades humanas no clima, com o objetivo de garantir um futuro sustentável para as próximas gerações. Uma das alternativas com bastante evidência é o mercado de carbono que atua com expressividade desde o Protocolo de Kyoto como uma ferramenta crucial, fornecendo um mecanismo econômico para impulsionar a redução das emissões e promover ações com resultados práticos em um menor espaço de tempo.

O Acordo de Paris, o mais recente e que engloba a maior parte dos países, estabelece as regras básicas para implementação de projetos e integração de atores no mercado de carbono, tendo que cada país estabelecer suas próprias metas de redução, avaliando as suas condições, trazendo autonomia para cada país determinar suas próprias metas (TREHNEPOHL, 2022). Os países adicionaram instrumentos para direcionar as comercializações com regras de transparência e publicização para países que desejam comercializar ou adquirir créditos de carbono, de modo a viabilizar e financiar países em desenvolvimento nos esforços para transição energética e mitigação climática (HORST; ANDRADE JUNIOR, 2020).

No Brasil, o Estado do Ceará desponta como uma região estratégica no contexto das mudanças climáticas e das políticas de desenvolvimento sustentável (CEARÁ, 2018). Com seu vasto território, diversidade ambiental e potencial para energias renováveis, em especial a eólica e a solar, o Ceará apresenta-se como um ambiente propício para a implementação de estratégias que visem geração de créditos de carbono e à promoção do desenvolvimento sustentável.

Para compreender como operacionalmente o estado poderia implementar ações para otimizar a utilização desse potencial, realizou-se uma análise do histórico e da legislação relacionados aos créditos de carbono desde o Protocolo de Kyoto ao Acordo de Paris. A partir da compreensão de como o mercado de carbono se estrutura, iniciou-se uma análise da viabilidade de implementação no Estado do Ceará, utilizando como base o município da Caucaia (RIBEIRO; SILVA, 2019). Abordam-se os principais conceitos relacionados ao mercado de carbono, discutindo suas características, funcionamento e impactos econômicos e ambientais. Além disso, examinaremos o contexto atual das políticas climáticas no Ceará, identificando os desafios e oportunidades para a adoção de soluções relacionadas ao assunto.

Ao longo deste trabalho, explorou-se os potenciais contribuições destas iniciativas para o desenvolvimento sustentável do Ceará, considerando seus diversos setores econômicos

e suas peculiaridades ambientais. Assim como uma análise quanto ao perfil de emissões e os setores econômicos que mais contribuem no estado e no município analisado.

Por fim, demonstra-se uma proposta concreta de implementação de soluções relacionadas aos Créditos de Carbono utilizando o município da Caucaia como estágio piloto, analisando os passos necessários para sua efetivação e os possíveis impactos nos âmbitos econômico, social e ambiental. Através da proposta, busca-se contribuir para o debate sobre políticas climáticas e desenvolvimento sustentável no estado, oferecendo uma perspectiva prática e aplicável para a mitigação das mudanças climáticas e a promoção de uma economia de baixo carbono.

Na conclusão deste estudo, são resumidas as principais descobertas e conclusões derivadas da análise realizada, destacando-se a importância da implementação de um mercado de carbono como parte integrante de uma estratégia abrangente de mitigação das mudanças climáticas e promoção do desenvolvimento sustentável no Estado do Ceará. Também são discutidas as implicações práticas dessas conclusões para a formulação de políticas públicas e ações futuras no âmbito climático e ambiental. Por fim, tem-se a sugestão de iniciativas de implementação que possam contribuir para a construção de um futuro mais sustentável e resiliente para as comunidades do Ceará.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Analisar o potencial da implementação de políticas públicas voltadas ao ingresso do estado do Ceará no mercado de emissões de Gases do Efeito Estufa, considerando o estudo de caso no município de Caucaia/CE.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Identificar espaços, áreas, comunidades, atores sociais, grupos e regiões que tem potencial de receber recursos através de créditos;
- Analisar a capacidade atual do estado e do município de ingressarem nesse mercado;
- Analisar a estrutura organizacional, física e humana necessária para um município conseguir implementar;
- Propor diretrizes para o desenvolvimento de um plano de ação constituinte de uma futura política pública.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Protocolo de Kyoto ao Acordo de Paris: Resgate Histórico

Após a Revolução Industrial, a sociedade mundial sofreu fortes alterações no modo de consumo e de produção e, com isso, essas alterações aceleraram a forma como os seres humanos retiram recursos naturais do meio ambiente. A crescente necessidade de matéria-prima e os motores a combustão, criaram um cenário nunca visto no globo. A recorrência de eventos climáticos adversos e de impactos ambientais perceptíveis como o Grande Nevoeiro em Londres no ano 1952, começou a se tornar frequente em vários lugares do mundo, isso motivou a primeira Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente, em Estocolmo no ano de 1972 (RIBEIRO; SILVA, 2019).

Maurice Strong, Secretário Geral da Conferência das Nações Unidas em 1972, afirmou que o objetivo de os países estarem reunidos era “livrar o homem da ameaça de sua escravidão, diante dos perigos que ele próprio criou para o meio ambiente...” (DIAS, 2022). Com isso, a conferência tinha finalidade de estabelecer critérios e princípios comuns que pudessem objetivar a preservação e melhoria do meio ambiente para a sobrevivência humana. Encontrar soluções para um cenário que já estava sendo visto como inevitável. No entanto, os países participantes tinham percepções distintas sobre preservação e a contribuição de cada um para os impactos ambientais. Esse desalinhamento, não contribuiu para o estabelecimento de metas e o desdobramento em ações e acordos com resultados práticos.

Mesmo com outras conferências e com avanços das discussões entre as lideranças dos países integrantes, apenas em 1992 ocorreu a primeira Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC), popularmente conhecida como Cúpula da Terra ou Rio 92. A UNFCCC é um tratado internacional que contou com a participação de 197 países integrantes que reconheceram que, os impactos nocivos das atividades industriais e econômicas causaram mudanças irreversíveis ao meio ambiente e que se fazia necessário o compromisso conjunto para estabilizar a situação (DENG *et al.*, 2022). O artigo 4º da UNFCCC explicita o princípio das “Responsabilidade comuns, porém diferenciadas”, ou seja, reconheceu que os países desenvolvidos tinham maior parcela de contribuição nos impactos negativos e mais condições para investir e atuar na mitigação e, por esses motivos, deveriam auxiliar os países em desenvolvimento através de apoio financeiro, tecnológico, técnico e logístico para garantir ações e políticas que contribuíssem para mitigação dos impactos (TRENNEPOHL, 2022).

A Cúpula da Terra representou um avanço na discussão, pela primeira vez o termo Desenvolvimento Sustentável era aplicado em documentos oficiais. O tratado assinado

materializou importantes conquistas, no entanto, o direcionamento de ações e de como os compromissos se firmariam de fato, ainda não é totalmente destrinchado. A ausência de metas claras no UNFCCC e de direcionamentos claro do que os países necessitariam realizar, implicou na limitação de resultados (GONZALES-IWANCIW; KARLSSON-VINKHUYZEN; DEWULF, 2023).

Tentaram equacionar esses pontos em 1997, durante a Conferência que aconteceu em Quioto no Japão. O Protocolo de Kyoto (KP) foi o primeiro tratado com jurisprudência internacional que reafirmou que a contínua emissão de Gases do Efeito Estufa (GEE) causaria mudanças permanentes no globo, tornando a vida humana inviável. O KP estabeleceu quais países seriam considerados os maiores contribuidores até então para o cenário atual e que, com isso, deveriam ter atitudes mais assertivas e adotar soluções mais robustas na mitigação dos impactos ambientais, o Anexo I reuniu uma lista de países como os Estados Unidos, Alemanha, Portugal, Espanha, entre outros, tidos como os países desenvolvidos de então (TRENNEPOHL, 2022). O Anexo II do KP, por sua vez, reuniu as metas de redução de emissão de GEE para os países do Anexo I, considerando pelo menos a redução de 5% em relação as emissões de GEE alcançadas em 1990 e determinou que os GEE's considerados seriam: o Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), o Metano (CH<sub>4</sub>), o Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O), os Hidrofluorcarbonos (HFCs), os Perfluorcarbonos (PFCs) e o Hexafluoreto de Enxofre (SF<sub>6</sub>) (OLIVEIRA, 2022). Não obstante, com a finalidade de adotar um modelo de referência, as metas de redução dos GEE's foram equiparadas para quantidade dióxido de carbono equivalente, ou seja, a quantidade a ser reduzida de cada GEE's foi determinada em termos de CO<sub>2</sub> equivalente. Foi definido que uma unidade certificada equivaleria a uma tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente.

O KP estabeleceu critérios e compromissos para os países integrantes do acordo, trazendo metas de redução das emissões até 2012. Flexibilizou para que cada país pudesse determinar como estabeleceria e desenharia políticas para introduzir e alcançar essa meta em território nacional, ou seja, priorizando ações domésticas. O Artigo 3º do KP determinou que as reduções de emissão deveriam ser certificadas, atestadas por auditores e poderiam ser por três mecanismos: Implementação Conjunta (JI), Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e Comércio de Emissões (TRENNEPOHL, 2022). Nesse sentido, cada projeto deveria ser monitorado e validado por especialistas para ter o seu impacto comprovado.

Na implementação conjunta ou JI, os países integrantes do Anexo I poderiam desenvolver iniciativas, projetos, políticas ou novas metas de redução em conjunto. Cada tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente mitigada em uma JI gera uma Unidade de Remoção de Emissões

(ERU). Os JI's se concentram em ações domésticas, ou seja, desenvolvidos e executadas dentro e para os próprios países do Anexo I (KYOTO PROTOCOL, 1997).

No Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) eram os projetos, ações e políticas financiadas pelos países do Anexo I nos países em desenvolvimento, ou seja, não incluídos no Anexo I. Com isso, os MDL eram o apoio financeiro que os países desenvolvidos destinariam aos demais países para serem investidos em transição energética, transição tecnológica, reflorestamento, preservação, entre outros métodos. Cada unidade certificada em um MDL era considerada uma Redução Certificada de Emissões (CER) e quando se tratava a uma atividade de Uso da Terra, Mudança de Uso da Terra e de Florestas era considerada uma Unidade de Remoção (RMU). OS MDL poderiam gerar também CER Temporárias ou CER a longo prazo, se fossem a partir de projetos de florestamento ou de reflorestamento (KYOTO PROTOCOL, 1997).

O Comércio de Emissões foi um mecanismo criado pelo KP em que os países do Anexo I poderiam adquirir unidades certificadas para equalizar a sua meta de redução de outros países ou órgãos, quando não fosse possível promover ações, projetos ou soluções visando a redução necessária. O KP não especificou com clareza como isso deveria ser feito ou condições para que isso ocorra. Esse mecanismo reforçou e motivou a criação de um mercado de certificação, venda e aquisição de unidades creditadas de redução de emissões, conhecido popularmente como Mercado de Carbono (KYOTO PROTOCOL, 1997).

O Protocolo Kyoto trouxe inovações e avanços nas discussões quanto a sustentabilidade e o enfrentamento das mudanças climáticas, no entanto, de acordo com Oliveira (2022) as discordâncias sobre as metas de redução de emissão, sobre a regulação do mercado de carbono, a falta de eventual transparência e um sistema de registro e comercialização eficiente e oficial dificultaram a efetivação e resultados mais robustos. Apesar do KP ter sido aprovado em 1997, sua efetivação ocorreu apenas em 2005 devido a diversos países do Anexo I pela demora ou recusa em assinar o tratado. Não obstante, os mecanismos incentivaram a cooperação internacional e a criação de projetos e fundos internacionais para organizações e iniciativas.

Um dos exemplos de consequência do Protocolo é a criação do Fundo da Amazônia em 2008. Com a finalidade de incentivar e financiar projetos de desenvolvimento sustentável na Amazônia, o Fundo da Amazônia é gerenciado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e atua como receptor de doações e recursos de países estrangeiros que desejem contribuir com a preservação do Bioma Amazônico. Os projetos constam de iniciativas para controlar o desmatamento, incentivo à produção extrativista e

desenvolvimento de políticas públicas voltadas ao bem-estar dos povos originários, ribeirinhos, pequenos agricultores e demais comunidades tradicionais da Amazônia. Todas as doações são convertidas em unidades creditadas de redução das emissões de carbono (MARCOVICH; PINSKY, 2019).

No entanto, o KP encontrou dificuldades para obter resultados efetivos. Durante a nova Conferência das Nações Unidas em 2009, reforçou-se a necessidade de o restante dos países aderirem ao tratado. Discutindo e debatendo sobre a possibilidade dos próprios países integrantes do Anexo I definirem as suas metas de redução de emissões. O consenso era que o KP precisava evoluir e ser ajustado para atingir os resultados e evitar casos como em 2012, por exemplo, no qual as emissões de GEE dos países do Anexo I aumentaram, ao invés de reduzir. Em consequência, O KP não obteve a assinatura dos Estados Unidos e, entre 2011 e 2013, teve saída de países como Canadá e China, países desenvolvidos que tinham importante contribuição para o tratado. Nessa época também foram identificadas inconsistências nas transações relacionadas as unidades creditadas sendo a contabilidade ocorrendo de modo duplicado, ou seja, mesmo com a transação efetiva quem comprou e quem vendeu considerava seu valor na contabilização, ou fraudulentos, com projetos que não possuíam constatação auditável e fiel aos resultados comercializados (VERAS, 2020; TRENNEPOHL, 2022). Com isso, pela ausência de instrumentos legais internacionais para regulamentação e da necessidade de transparência, houve a queda do valor das unidades creditadas ou créditos de carbono no mercado de ações.

Em seguida, os países integrantes e a ONU iniciaram esforços para estabelecer um tratado que pudesse equacionar essas questões e garantir a participação de todos os países. É relevante avaliar também que os países que estavam ou não no Anexo I em 1997, sofreram diversas alterações até os anos 2000. Países como China ou Índia que no KP, não constavam na lista do Anexo I, passaram a ter mais expressiva contribuição para os impactos negativos na mudanças climáticas e mais condições econômicas e estruturais para desenvolver ações. O Protocolo de Quioto, nesse sentido, também necessitava se adequar às mudanças no Globo e dos impactos das novas tecnologias e das novas dinâmicas globais.

Durante a Conferência de 2015, a COP-21, em Paris, foi apresentado um novo acordo, conhecido popularmente como o Acordo de Paris, que trouxe um novo conceito para a redução das emissões de GEE. Nesse documento, o tema aquecimento global se tornou muito evidente e presente, as pesquisas discutiam sobre a necessidade de estagnar as mudanças climáticas que, de modo descontrolado, poderiam inviabilizar a vida como conhecemos. O Acordo de Paris reconheceu que os impactos se encontravam em um estado irreversível,

cabendo aos países mitigarem e reduzirem as emissões para garantir a meta de até 2100 limitar o aumento da temperatura global em 1,5°C (PARIS AGREEMENT, 2015).

O Acordo apresentado em Paris previa que cada país deveria estabelecer suas próprias metas de redução, avaliando as suas condições, trazendo autonomia para cada país determinar suas próprias metas, algo que era bastante contrariado no KP, através de um documento de declaração formal o *Nationally determined contributions*, de sigla NDC, que reúne as metas de redução definidas por cada país. Manteve os demais mecanismos do protocolo de Quioto, realizando alterações no MDL que, no Acordo de Paris, é intitulado de Mecanismo de Desenvolvimento Sustentável – MDS. Além disso, o Acordo acrescentou um outro mecanismo, o de Resultados de Mitigação Transferidos Internacionalmente ou ITMO's que permitia a comercialização internacional entre países de créditos de carbono excedentes (OLIVEIRA, 2022). Não obstante, assim como o KP, o Acordo não se dedicou a regulamentar ou ditar regras quanto ao mercado de carbono. Isso ocasionou discussões e a ratificação do acordo não ocorreu em Paris, apenas em 2021, durante a COP-26 no Reino Unido.

Nesse ano, os países adicionaram instrumentos para direcionar as comercializações como a Estrutura de Transparência Aprimorada (EFT) que estabelece regras de transparência e publicização para países que desejam comercializar ou adquirir créditos de carbono. Exceto pelos créditos advindos do ITMO's, as demais unidades creditadas de carbono seriam taxadas em 5% e, esse valor, é destinado a um fundo para viabilizar e financiar países em desenvolvimentos nos esforços para transição energética e mitigação climática (HORST; ANDRADE JUNIOR, 2020).

Com isso, os países que ratificam o Acordo de Paris definem suas metas de redução que ficou conhecido como iNDC ou Contribuições Nacionais Determinadas com uma arquitetura intitulada de *bottom up* (de baixo para cima), ou seja, os próprios países ditam os compromissos e se comprometendo a apenas a enviar, revisar e manter a transparência das ações realizadas com uma sistemática intitulada de *pledge and review*. As revisões também, das metas e dos compromissos, têm periodicidade devendo ocorrer a cada cinco (5) anos de acordo com o cenário mundial. O Acordo não cita consequência para o não cumprimento, porém conta com a pressão internacional e o alinhamento desses compromissos a outros para garantir a sua efetividade (ARAÚJO; ABBADE, 2021).

## **3.2 Mercado de Carbono e os Créditos de Carbonos**

### **3.2.1 *Conceituação geral***

Os créditos de carbono e o mercado de carbono, como atualmente são conhecidos, teve início oficialmente com o KP. O crédito de carbono é um termo popular que se refere a uma unidade certificada, validada e com valor mensurável que valoriza a redução de emissão e permite sua comercialização.

No KP, apesar dos países não estabelecerem regras ou parâmetros de como isso ocorreria globalmente, criou-se o mecanismo de comercialização de emissões e impulsionou novos modelos de transações econômicas e relações de cooperação internacional. Não obstante, antes mesmo do KP, Crocker (1968) e Montgomery (1972) descreviam sobre como um mercado de poluentes competitivo e equilibrado poderiam contribuir mais para o envolvimento do setor privado e do cumprimento de metas nacionais, do que simplesmente a taxaçoão ou a imposição de metas de redução. Apesar de não utilizarem já os termos como “Créditos de Carbono” ou o Dióxido de Carbono como parâmetro, fundamentaram as decisões e os primeiros modelos de mercado.

O KP era um tratado internacional apenas entre países, impondo obrigações internacionais entre eles. Os países, por sua vez, é que deveriam adotar ou impor metas ou obrigações para os diversos setores, inclusive o setor privado, dentro de seus territórios nacionais. Como o KP compreende e entende que as políticas dos países, tanto interna como externa, deveriam ser medidas a nível econômico, o mercado de carbono se tornou uma ferramenta ainda mais interessante para a busca dos objetivos (TRENNEPOHL, 2022). A partir disso, o mercado iniciou frequente evolução, apesar de existirem iniciativas desde a Conferência de Estocolmo. Existindo em duas modalidades: O mercado Regulado e o mercado voluntário.

O Mercado Regulado é a modalidade de mercado com características mais locais ou domésticas, ou seja, dentro de um território específico. A partir da indicação do KP dos países criarem suas políticas, o mercado regulado ocorre em regiões, países, estados ou municípios que regulamentam através de legislação como o mercado de carbono deve ocorrer. Nesse sentido, em um mercado regulado a legislação define o limite máximo de emissões para um determinado período para empresas de diversos setores e do poder público local. Com isso, cada empresa recebe uma quantidade de “créditos de emissão”, ou seja, a quantidade máxima de CO<sub>2</sub> equivalente que pode ser emitido. Quando uma empresa consegue reduzir as emissões e não alcança o limite estabelecido, é permitido a comercialização dos créditos para outras empresas. Isso vale para o sentido inversos, empresas que ultrapassem o limite, podem adquirir

créditos para equacionar os valores. A regulação com estabelecimento de um limite e a possibilidade de comercialização dos créditos, são as principais características do mercado regulado (TRENNEPOHL, 2022).

O primeiro mercado regulado e o principal sistema global é o *EU Emissions Trading System* (EU ETS), o sistema de créditos de carbono da União Europeia. Em 2002, a União Europeia ampliou a meta estabelecida no KP, para um compromisso de redução de 8% como um grupo regional, acordo esse conhecido como *EU Bubble* ou Acordo de Repartição de Encargos (TRENNEPOHL, 2022). Com isso, em 2005, o EU ETS foi criado com diversos modelos de créditos de carbono e com verificação independente abrangendo 31 países e 11.000 instalações industriais. Outros países também já adotam o mercado regulado como a China e a Nova Zelândia, também existem experiências regionais como o Estado da Califórnia, nos Estados Unidos, que apesar de não existir um mercado regulado nacional, desenvolveu o próprio em seu território (TRENNEPOHL, 2022).

Apesar de nem todos os países integrarem o KP, esse fato não impediu a presença do protocolo e nem do desenvolvimento do mercado de carbono. Seja pelo potencial de mercado ou pela sensibilização quanto ao tema, tanto países como empresas tiveram iniciativas e assumiram compromissos apesar da não exigência no KP, por exemplo o Brasil firmou compromisso de redução de emissões mesmo não integrando o Anexo I (VERAS, 2020). Além disso, dado o apelo mundial e as exigências de mercado, empresas também tiveram iniciativas próprias para projetos de redução de impacto ambiental como projetos de responsabilidade corporativa. Nesse sentido, como forma de obtenção de renda adicional, as empresas conseguem converter essas iniciativas de redução de emissões de GEE em unidades certificadas de redução de emissão e realizar a comercialização. Essa iniciativa voluntária, independente da presença de regulamentação, é o que caracteriza o mercado voluntário de carbono (ICROA, 2023)

De acordo com o Arbeche *et al.* (2022), após o KP até o ano de 2011 o mercado voluntário movimentava mais de U\$\$ 500 Mi por ano. O Mercado voluntário pode ocorrer diretamente entre as partes ou através de bolsas de valores convencionais, a exemplo do EU ETS existem principalmente três mecanismos: o REDD+, o VCS e o KFA *Global Carbon* ETF. O REDD+ são créditos que compõe uma agenda de investimentos econômicos principal para projetos relacionados ao uso do solo e são acordadas entre as partes, ou seja, quem deseja adquirir o Crédito de Carbono investe diretamente em um projeto ou iniciativa, como é o caso do Fundo da Amazônia (MARCOVICH; PINSKY, 2019).

O VCS, ou *Voluntary Carbon Standard*, é um programa desenvolvido por uma organização sem fins lucrativos com credibilidade global que determina padrões para serem utilizados na certificação e na verificação do mercado. O objetivo é gerar credibilidade e confiança nas transações que se relacionam com créditos de carbono (ICROA, 2023). O KFA *Global Carbon* ETF, por sua vez, é o principal fundo investimentos na bolsa de *New York* destinada aos créditos de carbono (TRENNEPOHL, 2022).

A transição entre o KP e o Acordo de Paris trouxe uma particularidade. Anteriormente, no KP os países deveriam concordar com as metas já estabelecidas ao assinarem, já no Acordo de Paris cada país deve estabelecer o seu iNDC, ou seja, oficializar quais serão as suas metas de redução de emissão, sem sanções ou prejuízos para o não cumprimento. O Acordo de Paris conta com a pressão internacional e as medidas econômicas para garantir a participação dos países e a busca pelas metas. A técnica de Paris apresenta resultados interessantes que validam e creditam a possibilidade de sucesso como a valorização crescente dos créditos de carbono (ARBECHÉ *et al.*, 2022) e, a exemplo de quando ocorreu o descumprimento de metas e de compromisso estabelecidos pelo Brasil, os países realizaram a retirada de investimentos do Fundo da Amazônia, ilustrando a funcionalidade das pressões internacionais, trazendo ao governo brasileiro a necessidade de atuação frente as exigências feitas (SILVA; MENDONÇA, 2022).

Uma das dificuldades do KP que o Acordo de Paris busca solucionar é a confiabilidade e a credibilidade das emissões. De acordo com Trennephol (2022) e Oliveira (2022), por volta de 2012, devido à crise financeira e a identificação de casos de fraude e de contabilização duplicada de reduções de emissões o mercado de créditos de carbono sofreu uma paralisação e um decréscimo vertiginoso no seu valor de mercado. Isso alertou os países para a necessidade de um procedimento oficial e padronizado para verificação e certificação dos créditos, além de um sistema internacional para a comercialização (ICROA, 2023).

Com isso reforçado no Acordo de Paris, o mercado de créditos de carbono, principalmente o voluntário, necessita ocorrer entre empresas com Governança e Política de Integridade e Compliance bem definidas para combater fraudes e corrupção e dar garantia de que, aquele certificado adquirido, realmente estão sendo reduzidas as emissões. Conforme observado por Vargas, Delazeri e Ferreira (2022) é indispensável que as empresas possuam modelos de governança sólidos e abrangentes em todos os setores e tal exigência cria transparência, controle dos dados e das informações, gestão dos riscos inerentes, auditorias internas e externas periódicas e planejamento adequado para manutenção do projeto, garantindo

assim que os créditos de carbono conquistem o valor máximo dentro do mercado, fato esse que é referendado e se encontra presente nos manuais e materiais do EU ETS.

### ***3.2.2 Créditos de Carbono como política pública de meio ambiente***

O Artigo 225 da Constituição Federal do Brasil, indica que “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”, nesse sentido, cabe ao Governo Federal, estaduais e municipais o desenvolvimento de políticas públicas que garantam a preservação do meio ambiente.

Por sua vez, conforme apontado por Nunes (2022), o Brasil possui um relevante papel e espaço de atuação em questões ambientais a nível global devido a diversidade ecológica, a dimensão territorial e aos resultados já alcançados, inclusive no setor energético. Nesse sentido, cabe a excelência e o desenvolvimento de ações robustas para proteção ambiental ao povo brasileiro. Considerando que um dos principais mecanismos do Acordo de Paris são ações relacionadas a créditos de Carbono, a análise proposta por Silveira e Oliveira (2022) identifica o potencial brasileiro para essas práticas inclusive relacionado a processos agrícolas de baixo carbono, recuperação florestal e de áreas degradadas, elencando inclusive os compromissos já assumidos pelo Brasil nessa temática como o reflorestamento de mais 12 milhões de hectares até 2100.

Apesar do potencial conhecido e consolidado, a estratégia de utilizar os Créditos de Carbono como política pública de preservação de áreas de proteção, florestais ou sensíveis ambientalmente, não é amplamente aceita por estudiosos e por ativistas. O Glossário da Justiça Climática, elaborado pela Plataforma Latino-americana e Caribe de Justiça Climática (2024), alerta sobre o distanciamento de práticas como os Créditos de Carbono, projetos com foco no REDD+, descarbonização, Net Zero, dentre outras práticas e jargões utilizadas, das necessidades sociais e da realidade prática dos povos e populações que já residem em áreas de proteção ambiental, assim também como o questionamento se tais práticas realmente promovem resultados reais ou apenas a ilusão e a propagação de imagens positivas para o setor corporativo.

Não obstante, o Brasil ainda necessita avançar no arcabouço regulamentar, caso deseje implementar essas ações enquanto política pública, conforme observador por Silveira e Oliveira (2022). Notadamente, houve avanços que direcionaram para esse tipo de solução, como a Lei Federal 14.119, de 13 de janeiro de 2021, institui-se sobre a Política Nacional de

Pagamentos por serviços ambientais, buscando implementar os princípios do provedor-recebedor e do usuário-pagador em que o setor privado podem ser remunerado por serviços ambientais realizados ou desempenhados em suas propriedades, desde que atendessem a requisitos básicos como ser imóvel rural registrado no CAR, em zona urbana atendendo a classificação do plano diretor vigente no local ou em uma Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs) e as áreas das zonas de amortecimento e dos corredores ecológicos cobertas por vegetação nativa, nos termos da Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Apesar das limitações, quanto a utilização de áreas de domínio público, assim como, não abordar projetos e soluções para creditação, essa regulamentação tem o potencial de atuar como ferramenta para atuação enquanto política pública local. No entanto, a sua aplicação prática ainda não foi devidamente regulamentada pelo Governo Federal.

De modo semelhante, a Lei Federal nº 14.590, de 24 de maio de 2023, que alterou o plano de gestão florestal permitindo, ressalvadas as áreas ocupadas ou utilizadas por comunidades locais, o contrato de concessão onerosa de áreas florestais a iniciativa privada, para manejo e preservação, permitindo a emissão dos créditos de carbono, durante o período da concessão, bem como o direito de comercializar certificados representativos de créditos de carbono e serviços ambientais associados. Com a instituição da Lei, será possível realizar experiências como o Edital de Chamamento Público nº 02/2023 do Governo do Estado de Amazonas, convocando a iniciativa privada para gestão de parques estaduais através de projetos REDD+, com a possibilidade de exploração em conjunto dos créditos de carbono provenientes dessas atividades. Ressaltando, inclusive, a necessidade de os projetos já serem submetidos em alinhamento com os critérios e metodologias internacionalmente aceitas e recomendadas para esse tipo de atividade (AMAZONAS, 2024).

Além disso, o Projeto de Lei (PL) 2.148/2015 que pretende regular o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE) trará estruturas mais sólidas não somente para o mercado voluntário e desenvolvimento de projetos do MDS, mas a instituição do mercado regulado no Brasil. Não obstante, é preciso garantir a abrangência massiva dos setores mais relevantes da economia e de representação na emissão de GEE como, por exemplo, o setor agropecuário, industrial e energético do país.

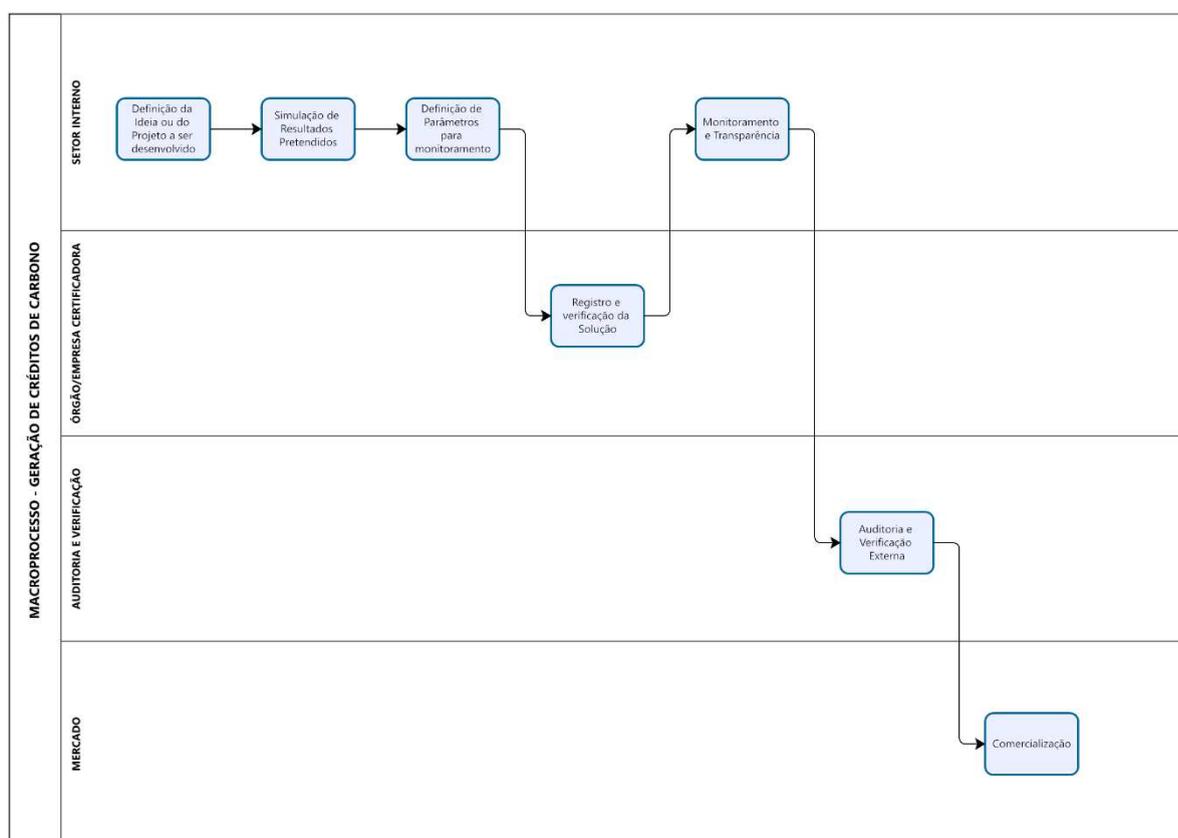
### ***3.2.3 Método e fluxo geral para Geração de Créditos de Carbono***

Empresas, organizações da sociedade civil, fundações, estatais, independente da entidade, é necessário um processo metodológico mensurável, com simples monitoramento e auditável para garantir que as reduções de emissões de GEE ocorrem de fato. De acordo com

Arbache *et al.* (2022) e o ICROA (2023) é necessário organizações sólidas, confiável e integras para que os créditos de carbono consigam atuar tanto enquanto mercado como enquanto solução para mitigação das mudanças climáticas. Nesse cenário, apesar de não existir apenas um padrão internacional, mas metodologias internacionalmente reconhecidas, é possível estabelecer um fluxo geral para o desenvolvimento de projetos que conquistem a geração de créditos de carbono.

A partir das informações obtidas e analisadas por Trennephol (2022), Arbache *et al.* (2022), Deng *et al.* (2022) e dos portais das certificadoras internacionais *Verra* (2023) e *Global Carbon Concuil* (2023) foi possível determinar etapas em comuns para projetos com foco no mercado de créditos de carbono, conforme descrito na **Figura 1**.

**Figura 1- Fluxo geral para projetos de créditos de carbono**



Fonte: Elaboração Própria

A primeira etapa é a Definição da ideia, ou seja, independente do ator responsável pelo projeto é necessário definir qual ideia será trabalhado e, esse fato, depende do local, dos agentes envolvidos e solução a ser testada. A *Verra* (2023), por exemplo, possui diversas

metodologias de mensuração, auditoria e publicização de resultados distintos a depender do tipo de projeto a ser desenvolvido. Por exemplo, a empresa Cerâmica Gomes de Mato captou US\$ 684 mil em parceria com o Banco Mundial por projeto de substituição de lenha de desmatamento da caatinga, coque de petróleo e óleo BPF por lenha de manejo florestal, bagaço de cana, casca de babaçu, pó de serra e restos de poda de árvores para cozer telhas e tijolos materiais recebidos através de comunidades locais que recebem treinamentos e capacitações (ASA BRASIL, 2023). Ressaltando a diversidade de projetos, o relevante na etapa de “Definição da ideia” é a ação ou ações integradas que promovam redução de emissões de dada atividade econômica de empresa ou de projeto voluntário de entidade privada com fins lucrativos ou não.

Em seguida, a segunda etapa contempla a Simulação de resultados. Com a Definição da Ideia, é indicado a simulação e a projeção das reduções de emissões de GEE utilizando-se metodologias de cálculos reconhecidas, para definir o potencial real de mitigação e, com isso, a valoração real da quantidade de unidades de remoção de carbono que podem ser emitidas. É recomendado utilizar-se de projeções e métodos convalidados internacionalmente para que seja aceito nos mercados. O EU ETS e ICROA (2023), por exemplo, elenca as metodologias aceitas de acordo com cada tipo de solução.

A terceira etapa é a Definição de parâmetros e monitoramento. Nessa etapa, se define como será feito o monitoramento para validação de que as emissões de GEE estão ocorrendo conforme o previsto. É necessário escolher os equipamentos e a frequência de monitoramento, que devem ser elencadas no projeto. Vale ressaltar que a metodologia adotada para mensuração e verificação das reduções deve ser também convalidada por organizações internacionais, como a ICROA, para garantir de aceitabilidade no mercado voluntário e de ações, ou então para financiamento de projetos de MDS.

A quarta etapa é o Registro, em que a entidade realiza o registro do projeto previamente para que seja visualizado por entidade certificadora. Nesse momento, não se audita apenas verifica se o projeto existe e, da mesma forma, o agente responsável. Além de validar que tudo ocorre respeitando as regulamentações legais como registro da propriedade em que o projeto será realizado, por exemplo.

A quinta etapa é o Monitoramento e Transparência. Nessa etapa, é a existência do projeto sendo monitorado e acompanhado conforme metodologia, os parâmetros e o registro definido nas etapas anteriores. É relevante também que a entidade consiga ter a transparência como princípio e os resultados sejam tornados público, com fácil acesso e entendimento. É importante relatar que, a narrativa e o cenário do projeto precisam ser bem comunicados por

agregarem valor ao projeto, atribuindo assim, mais valor aos créditos de carbono emitido (TRENNEPHOL, 2022). Por exemplo, o projeto Floresta Azul no Quênia consiste na preservação de áreas de mangues em parceria com pescadores e comunidades locais, prezando pela permanência de costumes e capacitações para integrar a pesca artesanal no mercado. Nesse caso, os créditos são reinvestidos na manutenção do projeto e, esse fato, aumenta o valor agregado das ações se tornando mais atrativo ao mercado (TOLDA, 2019)

A sexta etapa é Auditoria e Verificação Externas. É preciso que a entidade responsável pelo projeto submeta a validação externa todos os parâmetros, assim como a comprovação da prática do projeto. A Auditoria e a Verificação Externa são realizadas por empresas ou profissionais certificados por organizações como a *Verra*, (2023) ou a *Global Carbon Concuil* (2023). Ao término da auditoria, em caso positivo, a empresa emite as unidades certificadas de remoção que podem ser comercializadas ou fornecem relatório comprobatório para verificação junto ao órgão financiador, em caso de MDS. Não obstante, vale ressaltar que a submissão, a apresentação ou a negociação ao possível órgão financiador pode ser uma etapa anterior a quarta etapa. No Brasil, se tem exemplos como o Edital de Chamada Pública para Aquisição de Créditos de Carbono no Mercado Voluntário do BNDES Participação – BNDESPAR que investiu R\$ 10 milhões (BNDES, 2022) ou do Edital de Chamamento Público nº 002/2023 da Secretaria do Estado Meio Ambiente do Amazonas que selecionar projetos de conservação na modalidade de REDD+ para as 42 unidades de conservação estaduais.

Nesse sentido, a sétima etapa “Comercialização” depende da finalidade, do país, do interesse e da localização da empresa. É possível vendê-la diretamente no mercado seja para países, para empresas atingirem o limite de estabelecido por legislação correlata, por empresas para utilização como responsabilidade socioambiental ou para comprovação de recursos previamente recebido, como os casos de MDS.

Não obstante, conforme observado por Trennephol (2022), práticas como Governança, *Compliance* e Transparência vem sendo mais exigidas para que os projetos ganham confiabilidade frente a fraudes e, com isso, se estabeleça relações mais sólidas e com garantia de resultado real.

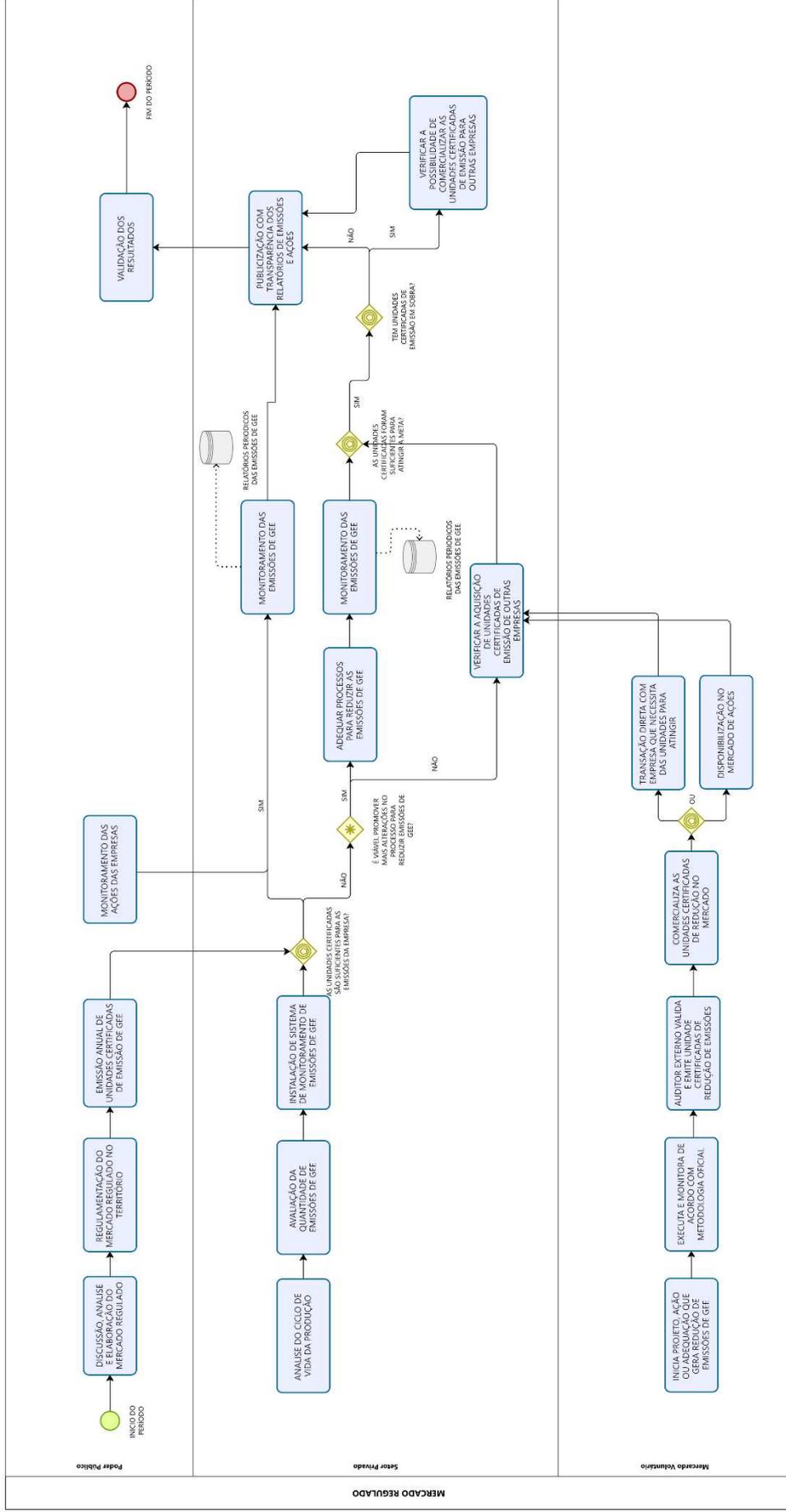
#### **3.2.4 Fluxo para comercialização de créditos de carbono**

Conforme descrito por Trennephol (2022), é inexistente um padrão internacional para a economia de baixo carbono e as transações envolvendo unidades creditadas de remoção de carbono. Isso gera particularidades locais ao observar cada caso, ou seja, apesar das

similaridades entre o EU ETS e as práticas na Coreia do Sul, eles possuem mecanismos permitidos em um que não ocorre no outro.

Dessa forma, a partir dos estudos de Trennephol (2022), Arbache *et al.* (2022), Deng *et al.* (2022) e dos portais das certificadoras internacionais *Verra* (2023) e *Global Carbon Concuil* (2023) é possível estabelecer um fluxo generalista que, didaticamente, auxilia na compreensão das transações, conforme apresentado na **Figura 2**.

Figura 2 – Processo das Comercializações de Créditos de Carbono



Fonte: Elaboração Própria, a partir de Trennephol (2022)

No processo compreende-se o mercado regulado como a base para a comercialização, tendo em vista que isso não impede o mercado voluntário, porém a título de exemplificação optou-se por essa consideração. Com isso, as duas primeiras fases competem a responsabilidade do poder público: Discussão, Análise e Elaboração do Mercado Regulado e Regulamentação do Mercado Regulado no Território. Essas etapas consistem nos estudos referentes ao perfil de emissão e a existência ou não de monitoramento, buscando compreender quais setores produtivos e/ou atividades do território representam maior percentual de emissão de GEE's identificando, se possível, quais tipos de gases se referem. Em seguida, se analisa quais iniciativas já existem no território tanto com foco na Sustentabilidade como na comercialização de créditos de carbono em si, além da maturidade empresarial dos setores frente a necessidade de instituição de instrumentos de Governança com foco na transparência e no *Compliance*. A partir daí, é necessário haver a discussão com diversos setores e entes federativos para compreender qual modelo seria mais adequado e quais regras seriam mais viáveis elucidando as metas do país no iNDC e comparando com outros países e locais com mercado já regulado. Nota-se que se utiliza o termo "Território" e não país, tendo em vista que a regulação tanto pode ocorrer a nível de estado, como o estado da Califórnia nos Estados Unidos da América, a nível de país, como a Coréia do Sul, como também a nível regional com vários países envolvidos, como a União Europeia.

Apesar de não iniciar no mesmo ponto, no mercado regulado, por diversas vezes, cabe ao setor privado analisar o Ciclo de Vida da sua produção e monitorar as emissões de GEE que realiza. Nota-se que, frente a mecanismos de correção como multas e restrições frente a exceder as emissões, é interessante ao setor privado também ter o controle próprio para validar e conferir com os dados do poder público. Esse ponto é relevante, tendo em vista a etapa de "Emissão Anual de Unidades Certificadas de Emissão de GEE" no qual o Poder Público emite a quantidade máxima de emissão de GEE por cada setor produtivo (automobilístico tem uma meta de emissão, assim como o setor agrícola tem outra) com base no seu inventário próprio das emissões na região. Com isso, cabe ao setor privado:

1. Verificar se as unidades certificadas de emissão de GEE emitidas pelo Poder público são suficientes para as atividades empregadas no modelo atual de produção em sua empresa;
2. Analisar a viabilidade de ajustes no modelo produtivos por métodos, etapas, ações, instrumentos ou tecnologias que mitiguem ou reduzam as emissões para atender a meta ou superar a meta;

3. Manter sistema de monitoramento das emissões para garantir a veracidade das informações, com publicização de relatórios periodicamente;
4. Adquirir, em caso de não ser viável atendimento das metas, mais unidades certificadas de emissão de GEE de outras empresas ou adquirir unidades certificadas no mercado voluntário.

É válido ressaltar que o monitoramento é imprescindível no setor privado para que se comprove a efetividade dos ajustes e inovações adotadas para redução das emissões, devendo seguir metodologias e normas certificadas e válidas perante os órgãos de controle. Além disso, cabe ao setor privado ter instrumentos de auditoria e de controle para validar o processo e a publicização dos resultados através de relatórios. Nos casos em que se alcance excesso de unidades de emissão, a empresa pode optar por comercializar com outras empresas que ainda necessitem atender a meta.

Nota-se também que o Poder Público assume o papel de monitorar e de validar os resultados do setor privado conferindo não somente os resultados, mas se as empresas cumpriram as regras de publicação de resultados em tempo e quantidade de informações mínimas, se as transações de unidades de emissão seguem os regramentos estabelecidos no regulamento e se, de fato, as reduções de emissões ocorrem como apresentado pelos setores. Cabe também ao Poder Público disciplinar os casos de omissões das empresas na divulgação dos relatórios e na disciplinação em casos de não atendimento das metas, de modo a promover maior participação, equidade de tratamento e garantir a aplicabilidade da norma.

De modo semelhante, organizações e empresas que desejam ingressar no mercado voluntário necessitam seguir regulamentos e metodologias reconhecidas pelo mercado, como por exemplo, a *Verified Carbon Standard (VCS) Program* (VERRA, 2023) e, com isso, devem submeter seus projetos a auditorias externas dos órgãos certificadoras para que, a partir do parecer positivo, terem seus créditos de carbono verdadeiramente emitidos e a comercialização permitida. Existem inúmeras empresas certificadoras, porém, destaca-se duas com notória especialidade internacional a Verra (2023) e a Global Carbon Council (2023). Não obstante, no mercado voluntário não se omite a possibilidade de investimento direto em projetos e iniciativas, por exemplo: uma empresa financia um projeto de reflorestamento a partir de uma organização da sociedade civil e, com isso, obtém a quantidade de unidades certificadas. Ou seja, o investimento acontece previamente as emissões de certificação.

Além disso, é relevante destacar que os territórios podem regulamentar normas e/ou taxas para se relacionar com outros territórios. Conforme observado por Arbache *et al.* (2022), países com mercado regulado iniciaram a discussão quanto a entrada de produtos e serviços de

outros países que não adotam práticas para mitigação climática e quanto isso impacta no atendimento das metas, frente a necessidade de serem ações cada vez mais globais e integradas. Com isso, é possível estabelecer Políticas de Barreira como a implementada pela União Europeia: produtos com intensiva geração de carbono precisam equalizar as emissões adquirindo créditos ou mitigando emissões para serem importados. Essa ação tem objetivo de efetivas ações ou omissões externas não prejudicam o atendimento das metas locais e não dificultem a competitividade de empresas regionais que, por vezes, necessitam investir para mitigar emissões e se encontrariam em cenário de desvantagem caso esses produtos entrassem no mercado com valor mais baixo.

Considerando as nuances e os riscos relacionados aos Créditos de Carbono e sua aplicação enquanto mercado, em 2015 no discurso do Mark Carney, presidente da *Financial Stability Board* (FSB), órgão financeiro global criado pelo G20, atentou-se quanto a possibilidade de os riscos decorrentes das mudanças climáticas acarretarem danos substanciais à economia global e aos mercados de capitais e seus ativos, ao longo do tempo. Conseqüentemente, Carney enfatizou a urgência na gestão e implementação de medidas mitigadoras desses riscos. A partir desse momento, foi desenvolvido a Força-Tarefa para Divulgações Financeiras Relacionadas ao Clima (TCFD), com a finalidade de padronizar e estimular as organizações a não somente desenvolverem ações, mas divulgá-la e manter a fidedignidade das informações veiculadas (COOPERAÇÃO ALEMANHA-BRASIL, 2024).

O *framework* TCFD surgiu da necessidade de antecipar os possíveis impactos das mudanças climáticas na economia, funcionando como uma ferramenta informativa e de relatórios. Isso permitiria que investidores avaliassem e atribuíssem valor financeiro aos riscos e oportunidades decorrentes das mudanças climáticas para determinado negócio. O TCFD, atua em quatro dimensões são consideradas elementos-chave no contexto corporativo, conforme ilustrado na **Figura 3**.

**Figura 3 – Elementos Centrais do Protocolo da Força-Tarefa para Divulgações Financeiras Relacionadas ao Clima**



Fonte: Adaptado de Cooperação Alemanha-Brasil (2024)

O TCFD reforça a necessidade de ações integradas de Governança e Gestão com o desenvolvimento dos projetos, para trazer fidelidade ao prometido e ao realmente elaborado, assim como também trazer segurança da fiel realização dos projetos, conforme pontuado por Trennephol (2022).

### 3.3 Análise de cenário brasileiro com a utilização dos créditos de carbono

O Brasil possui papel de destaque nas discussões internacionais quanto a sustentabilidade, além da diplomacia com o Fundo da Amazônia consegue captar investimentos no modelo REDD + desde o KP, com movimentações superiores a 1,8 bilhões de reais entre 2009 e 2021 com projetos financiados para monitoramento e controle da Floresta Amazônica, Produção Sustentável, Ordenamento Territorial e Ciência e Tecnologia (BASTOS, 2022). O Fundo possui suas bases na Política Nacional de Mudanças Climáticas, instituída pela Lei nº 12.187/2009 que desencadeou a criação e a implementação de outras políticas em outros entes federativos. Conforme observado por Trennephol (2022), Arbache *et. al* (2022) e Vargas, Delazari e Ferrera (2022) apesar do Brasil não possuir um mercado regulado, consegue desenvolver inúmeros projetos e iniciativas que destacam a participação nacional nas mitigações dos GEE, dentro de suas particularidades.

De acordo com o *World Resources Institute* (2023), o setor de energia é responsável por 73% das emissões mundiais, sendo a principal fonte de emissão de GEE dos países mais

poluidores. O setor inclui transporte, eletricidade e geração de calor, edifícios, fabricação e construção, emissões fugitivas e outras queimas de combustível, todas com fontes em combustíveis fósseis não renováveis. O mesmo instituto afirma que o Brasil concentra 2,26% das emissões globais e, distintamente dos maiores poluidores, a principal fonte de emissão é o setor de Agropecuária com a substituição do uso da terra, ou seja, a substituição de áreas florestadas por áreas destinadas a produção agrícola e pecuária extensiva.

Nesse sentido, o NDC do Brasil apresenta foco na “construção de resiliência de populações, ecossistemas, infraestrutura e sistemas de produção, ao reduzir vulnerabilidades ou prover serviços ecossistêmicos” principalmente na preservação de áreas florestais e recuperação de áreas degradadas (BRASIL, 2016). No entanto, as ações não se limitam ao setor agropecuária e a recuperação de florestas, o BNDES (2023), por exemplo, investe em ações na área de Mobilidade Urbana e Energia que, segundo o *World Resources Institute* (2023) são os setores subsequentes que mais emitem GEE, além de investir também nos setores de Biocombustível, Resíduos Sólidos, Iluminação Pública e transporte.

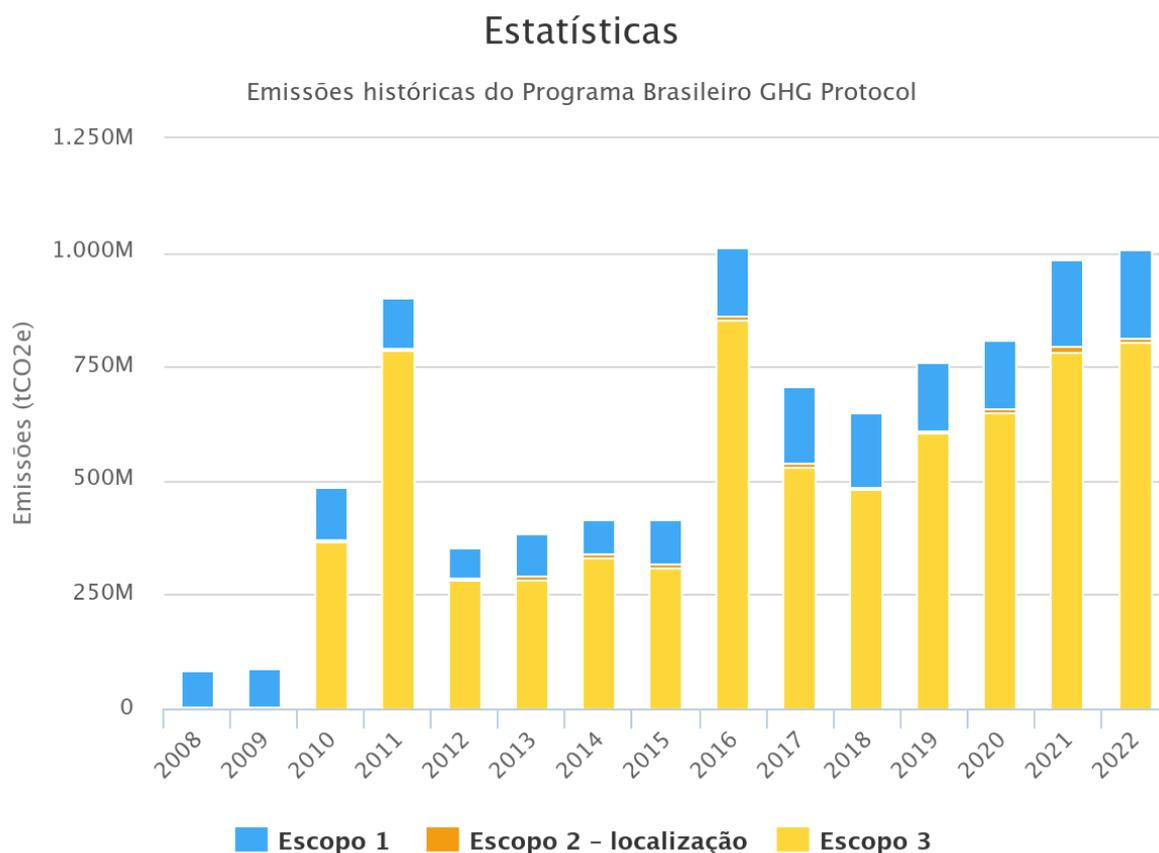
Além desses projetos e iniciativas de financiamentos para projetos e ações mais sustentáveis, o Brasil também possui destaque no mercado voluntário de créditos de carbono com diversos projetos credenciados e reconhecidos pelo ICROA (2023). De acordo com o ICROA (2023), os projetos nacionais brasileiros seguem principalmente a metodologia da VCS, representando 92,2% das unidades creditadas, se destacando principalmente projetos de reflorestamento e de alteração do uso do solo (VARGAS; DELAZERI; FERRERA, 2022). É válido ressaltar que os projetos de mercados voluntários não só contribuem para a mitigação direta das emissões dos GEE, mas também outros cobenefícios a execução que são indiretos como o benefício financeiro a comunidades locais, difusão de tecnologias, promoção de energias renováveis, redução de pobreza, desenvolvimento local, dentre outros (PAIVA *et. al*, 2015). Reforçando o exposto por Trennephol (2022), apesar da inexistência do mercado regulado em um território específico, a existência em outros locais incentivando o desenvolvimento de mercados voluntários que, em ambos os casos, tem o potencial de trazer benefícios diversos as localidades.

Além disso, existem iniciativas como o *GHG Protocol* Brasil mediado pela Fundação Getulio Vargas (FGV) que mantém o Registro Público de Emissões de Gases do Efeito Estufa no Brasil. Dentre as diversas abordagens metodológicas disponíveis para a realização de inventários de gases de efeito estufa, o *GHG* se destaca como a ferramenta preponderante globalmente adotada por empresas e governos para a compreensão, quantificação e gestão de suas emissões. O *GHG Protocol*, desenvolvido pelo *World Resources*

*Institute* (WRI) em colaboração com o *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD), fornece diretrizes para a contabilização de GEE, caracterizando-se por sua modularidade, flexibilidade e neutralidade em relação a políticas ou programas. Sua metodologia é congruente com as normas ISO e com as metodologias de quantificação do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) (FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. CENTRO DE ESTUDOS EM SUSTENTABILIDADE DA EAESP, 2009).

A partir da disponibilização da metodologia e da veiculação dos inventários, o Registro Público de emissões desde 2008 recepciona, verifica e divulga os dados do setor privado que, voluntariamente, disponibilizaram os inventários elaborados. Nesse período, é possível observar a ampliação crescente da participação do setor privado na veiculação dos inventários, ao observar a evolução da quantidade de emissões inventariadas, conforme exposto na **Figura 4**.

**Figura 4 – Histórico de emissões inventariadas nos Registro Público de emissões**



Fonte: EAESP, 2024

### 3.3.1 *Legislações pertinentes com correlação*

#### 3.3.1.1 *Análise geral das legislações correlatas ao tema com vigência no Brasil*

Ressalta-se que é evidente a preponderância da União Europeia em temáticas correlacionadas ao Mercado de Créditos de Carbono e políticas robustas no enfrentamento as mudanças climáticas, como por exemplo a Lei Europeia do Clima, instituída pelo Regulamento 2021/1119, que impôs redução de emissões a menos de 55%, até 2030, com a neutralidade de emissões até 2050 (UNIÃO EUROPEIA, 2018). A partir dessas iniciativas, a União Europeia adotou uma postura de expandir a preocupação em suas relações internacionais como a *European Union Deforestation-Free Regulation* (EUDR), uma regulamentação que tem como objetivo coibir a importação de *commodities* provenientes ou com correlação com áreas desmatadas (UNIÃO EUROPEIA, 2024). Nesse sentido, relações internacionais como transações comerciais entre Brasil e países europeus, ou o Mercosul e União Europeia, necessitaram suscitar o regulamento e os impactos provenientes disso sendo, experiências como essa, movimento precursor e ascendente a nível global.

No Brasil, a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC instituída através da Lei Federal nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, inicialmente estabeleceu metas voluntárias de redução entre 36,1% e 38,9% das emissões projetadas até 2020. Posteriormente, por meio do NDC, o Brasil comprometeu-se a reduzir as emissões em 37,5% até 2025 e 43% até 2030. Apesar das iniciativas para regulamentar o setor, persiste uma incerteza em relação à natureza jurídica dos créditos de carbono, tanto no contexto brasileiro quanto global. Diversas perspectivas conceituais são adotadas para categorizá-los, incluindo tratá-los como ativos financeiros, ativos intangíveis, conjunto de direitos, serviço e até mesmo como *commodities*.

No Brasil, a PNMC aborda a questão de forma econômica no artigo 9º, especificando que a "negociação de títulos mobiliários representativos de emissões de gases de efeito estufa evitadas certificadas" ocorrerá em bolsas de mercadorias e futuros, bolsas de valores e entidades de balcão organizado autorizadas pela Comissão de Valores Imobiliários. Essa abordagem potencialmente associa os créditos de carbono a valores mobiliários, o que poderia restringir o mercado aos títulos negociados em bolsa.

Outro ponto que traz a abordagem da creditação, é o Código Florestal Brasileiro, através da Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que define crédito de carbono em seu artigo 3º como um "título de direito sobre bem intangível e incorpóreo transacionável". Tal definição pode inadvertidamente levar à equiparação dos créditos de carbono a títulos de crédito, ou seja, um documento com valor econômico com correlação direta em dinheiro.

A classificação dos créditos de carbono como bens reciprocamente considerados é mais complexa. É essencial determinar se são considerados um bem principal, cuja existência é independente, tanto abstrata quanto concretamente, ou um bem acessório, cuja existência pressupõe a existência do bem principal. A resposta a essa questão parece depender da origem da redução, evitação ou sequestro das emissões. O estabelecimento de uma padronização, tanto nacional quanto internacional, sobre a natureza e o regime jurídico dos créditos de carbono é crucial para consolidar esse mercado e aproveitar o enorme potencial econômico das florestas brasileiras.

### *3.3.1.2 Lei de Licitações e Contratos e critérios de sustentabilidade nas contratações*

Considerando o observado por Varga, Delazeri e Ferrera (2022) quanto a relevância da Governança tanto para o mercado voluntário como o mercado regulado, a Lei Federal nº 14.133 de 2021, conhecida popularmente como a Nova Lei de Licitações e Contratos - NLLC, pode obter espaço determinante para viabilizar o engajamento e o desenvolvimento de iniciativas em diversos entes federativos.

De acordo com Silva, Iembo e Turrisi (2022), a NLLC não se trata apenas de um rito com características mais processuais, como a legislação antecessora a Lei Federal nº 8.666/1993, mas sim de uma tentativa de direcionar as decisões relacionadas a contratações ou aquisições para obtenção de resultados reais para a população. A NLLC prevê que, para as contratações, as administrações públicas tenham um sistema de Governança implementado e o Desenvolvimento Sustentável como um princípio e um objetivo, sendo responsabilidade da Alta Administração, ou seja, os prefeitos, governadores, presidentes de câmaras municipais, entre outros entes da administração pública a garantia dessas estruturas (CRUZ; PAZINATO, 2023).

O Tribunal de Contas da União - TCU (BRASIL, 2020) afirma que a Governança Pública tem a função de avaliar e direcionar a gestão para melhor atender os anseios e as necessidades da população através de mecanismos de liderança, estratégica e controle. A Governança deve garantir a transparência e o controle social com uma gestão que acompanha e gere os riscos das suas decisões para um alinhamento e direcionamento a uma estratégia de longo prazo.

A Portaria nº 8.678/2021 da Secretaria de gestão da Secretaria Especial de Desburocratização, Gestão e Governo Digital do Ministério da Economia determinou como materialização do Desenvolvimento Sustentável e instrumento de Governança, o Plano Diretor de Logística Sustentável – PLS descrevendo ações e diretrizes básicas para os órgãos da

administração pública federal, norteando as contratações e as aquisições e se alinhando a estratégia a longo prazo da instituição. Nesse sentido, é entendível que essa prática seja adotada como orientativa para estados e municípios e que isso se replique no território. Com isso, aparece uma oportunidade para ter a pauta das mudanças climáticas e da economia de baixo em pauta e reforçada através de leis e políticas instituídas em diversos níveis.

Considerando o TCFD e as abordagens quanto a Governança, transparência e gestão, a implementação da NLLC tem o potencial de se tornar um reforço regimental e de fundamentação legal para implementação de soluções relacionadas a sustentabilidade, preservação ambiental e promoção de projetos e ações mitigadoras de emissões dos gases do efeito estufa. Nesse sentido, é possível obter um paralelo direto entre a aplicabilidade da NLLC e a oportunidade dos governos incentivarem não só o mercado regulado, mas iniciativas e projetos no mercado voluntário, buscando não somente a sustentabilidade mas os diversos benefícios paralelos gerados com a disseminação dos projetos.

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 Identificação da área de estudo

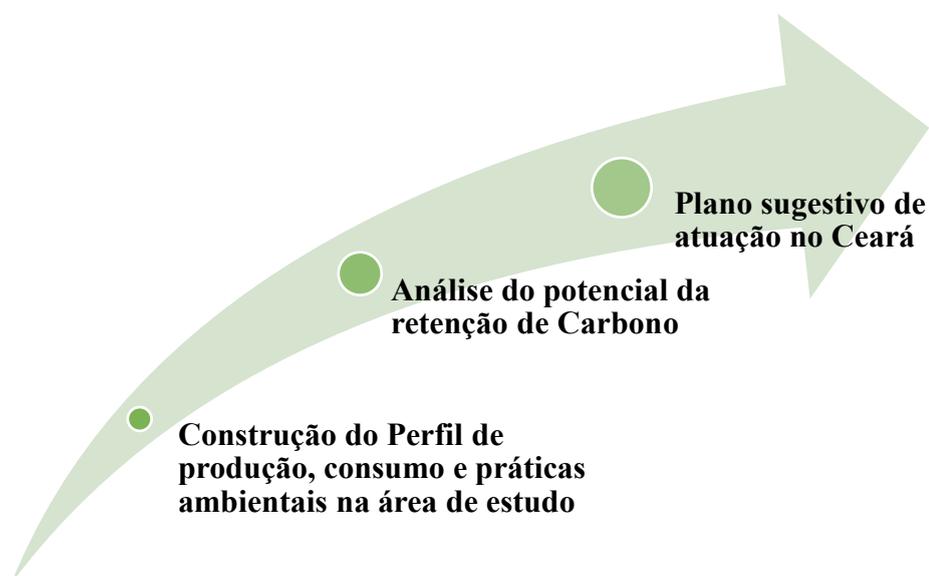
O município de Caucaia está localizado na região metropolitana de Fortaleza à 15 quilômetros da capital Cearense. Sendo um dos municípios mais populosos do Ceará, Caucaia tem mais de 355 mil habitantes tendo destaque econômico para o turismo, serviços, rede hoteleira e atividades pesqueira. Seu território apresenta uma diversa composição de ecossistemas e de paisagens com praias, áreas de dunas, manguezais, áreas serranas e sertões.

Caucaia tem destaque nacional através da Praia do Cumbuco, que recebe turistas do mundo todo para conhecer o litoral cearense e realizar a prática do *Kitesurf*. Historicamente, as formações do município têm origem no período do Brasil Colônia e, apesar da forte colonização europeia na área, os povos originários resistiram e constituíram a diversidade cultural e religiosa do município. Atualmente, diversas etnias presentes em Caucaia como o Povo Anacé lutam por reconhecimento e pela demarcação do seu território.

### 4.2 Sequência metodológica adotada

O presente estudo foi dividido em três (3) etapas contemplando a construção do Perfil de produção, Consumo e Práticas ambientais no Ceará com base em dados abertos, a Análise do potencial da retenção de Carbono, utilizando como exemplo o município de Caucaia e o Plano sugestivo de atuação no Ceará, considerando os potenciais benefícios sociais, ambientais e econômico, conforme descrito na **Figura 5**.

**Figura 5 – Fluxo da sequência metodológica adotada**



Fonte: Elaboração Própria

Previamente, foi realizada uma revisão bibliográfica através de livros e dos portais Periódicos Capes e Google Acadêmico permitiram compreender a evolução histórica da economia de baixo carbono e o cenário atual dos principais países e atores sociais envolvidos na temática. Com isso, foi possível estabelecer as etapas necessárias para analisar e verificar como o Estado do Ceará poderia utilizar de modo estratégico nas políticas públicas e quais benefícios poderiam ser alcançados.

#### ***4.2.1 Construção do Perfil de produção, consumo e práticas ambientais na área de estudo***

Compreendeu-se que inicialmente se faz necessário entender como o Governo do Estado de Ceará e o município da Caucaia se estrutura e materializa políticas e práticas relacionados a sustentabilidade assim também como visualizar o perfil de produção, consumo e descarte do setor privado, público e da sociedade de um modo geral, com a finalidade de estabelecer um paralelo básico das principais práticas poluidoras e como isso reflete nos ecossistemas locais.

Foram utilizados dados dos portais MapBiomias Alertas, Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), além de dados e informações solicitadas diretamente ao Instituto de Meio Ambiente da Caucaia – IMAC que abordaram a análise de riscos ambientais, queimadas, verificação de áreas com alto nível de susceptibilidade, assim como o levantamento dos instrumentos e políticas públicas já desenvolvidas no município.

Foram levantados áreas e parques de preservação no estado e a sua utilização, empresas e indústrias com maior potencial poluidor, as políticas e práticas para gestão de resíduos, áreas degradadas e recursos hídricos. Além da efetividade em programas e ações da Política Estadual de Enfrentamento as Mudanças Climáticas - PEMC, constituída pela Lei Estadual nº 16.146 de 14 de dezembro de 2016.

##### ***4.2.1.1 O Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa***

O Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa, ou Sistema SEEG, é uma plataforma digital que disponibiliza as estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil, sendo uma iniciativa do Observatório do Clima.

Com uma séria histórica desde 1970, o SEEG apresenta estimativas em cinco principais setores de emissão no Brasil: Agropecuária, Energia, Mudanças de Uso da terra, Processos Industriais e Resíduos. As estimativas de emissões são elaboradas com base nas fontes de dados indicadas e nas metodologias apresentadas nos Inventários Brasileiros de

Emissões e Remoções Antropogênicas de Gases de Efeito Estufa, organizados pelo Ministério da Ciência e Tecnologia. Os dados de atividade necessários para as estimativas são obtidos em diversas instituições públicas e privadas. Para garantir a reprodução das estimativas por qualquer interessado, preferencialmente são utilizados dados obtidos de forma pública e gratuita, incluindo aqueles disponíveis online ou em bibliotecas de acesso público. Quando os dados de atividade não estão disponíveis ou são incompletos, são empregadas alternativas, como o uso de variáveis substitutas, projeções de tendências e aplicação de funções com variáveis correlatas.

O SEEG fornece estimativas das emissões de gases de efeito estufa diretos, como dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) e gases fluorados (HFCs, CFs e  $\text{SF}_6$ ), além de emissões indiretas, incluindo monóxido de carbono (CO), compostos orgânicos voláteis não metânicos (COVNM) e óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ). Também são apresentadas as emissões em dióxido de carbono equivalente ( $\text{CO}_{2\text{eq}}$ ), com base nos Potenciais de Aquecimento Global (GWP) e Potenciais de Mudança na Temperatura Global (GTP) do segundo, quarto, quinto e sexto relatórios de avaliação do IPCC (AR2, AR4, AR5 e AR6), considerando um horizonte de 100 anos.

A plataforma digital apresenta tanto **emissões brutas** como **emissões líquidas**. No entanto, dado as características para obtenção e levantamento de dados, o SEEG adota algumas simplificações para viabilizar a discussão como a desconsideração da remoção de dióxido de carbono devido ao crescimento vegetal em reflorestamento. Para o SEEG, a restauração de florestas e a regeneração de pastagens são consideradas como sumidouros de carbono, enquanto os aumentos de estoques de carbono em florestas naturais localizadas em unidades de conservação ou terras indígenas são considerados como remoção antrópica. Além disso, as estimativas do SEEG não incluíram descontos pelos certificados de redução de emissões originados de projetos do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL).

Por fim, para alocar as estimativas por estado e por município brasileiro, o SEEG consegue estabelecer vínculo direta para os setores de Mudança de Uso da Terra, Agropecuária e Resíduos pelos dados utilizados já segregarem essas informações, enquanto para os setores de Energia e Processos Industriais é necessário utilizar fatores de distribuição que partem de variáveis substitutas ou correlatas, desagregadas nos níveis estadual e municipal.

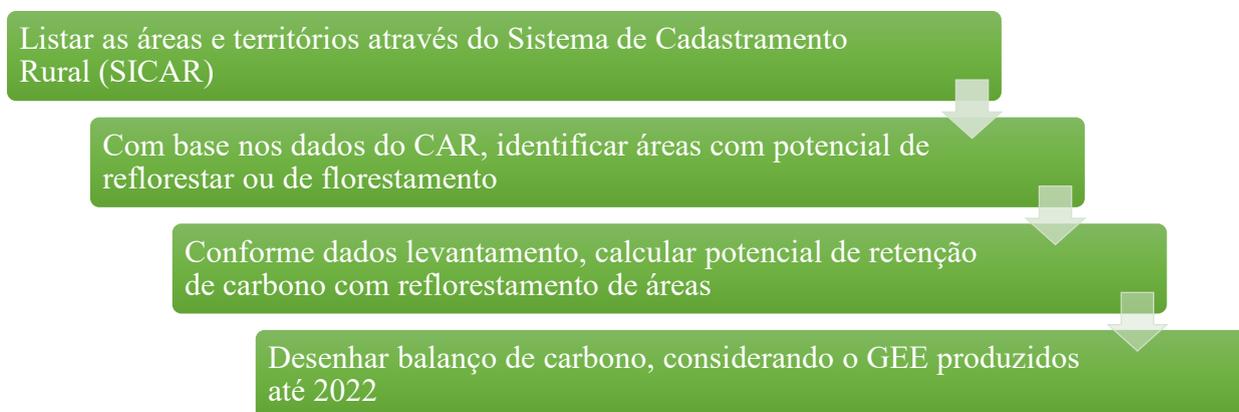
#### ***4.2.2 Simulação do potencial da retenção de Carbono na área de estudo.***

Observando o caso do programa Município Carbono Zero elaborado através do estudo de caso do município de Peabiru no estado Paraná, notou-se a possibilidade de adaptar

um modelo utilizando um município cearense com a finalidade de analisar a viabilidade e mensurar o potencial de impactos positivos e negativos de investir em práticas do gênero. Utilizou-se dessa metodologia para analisar a viabilidade de implementação de projetos no modelo REDD+ (Redução das Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal), ou seja, inclusão de áreas para reflorestamento e preservação, com a posterior emissão de créditos de carbono ou projetos de MDS (TRENNEPOHL, 2022).

Para implementação da metodologia e realizar o balanço de retenção de carbono em Caucaia, foram adotadas as etapas descritas na **Figura 6**, conforme disponibilizado para a metodologia no Programa Município Carbono Zero.

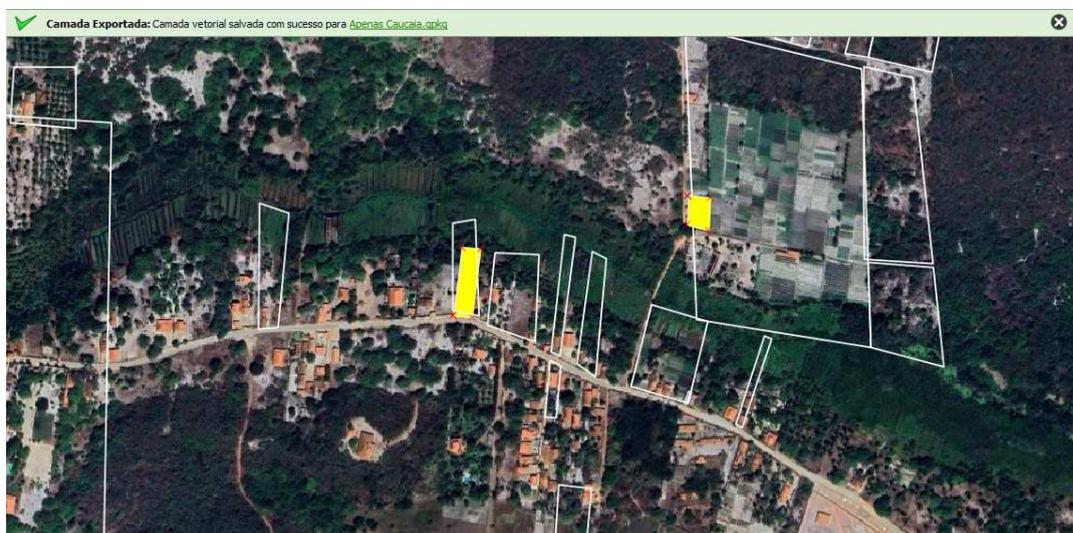
**Figura 6** – Fluxo adaptado para estudo de caso do Município de Caucaia.



Fonte: Elaboração própria

A partir das áreas e territórios disponibilizados no SICAR, é feita uma análise com o programa ArcGis para ajuste de áreas e territórios com erros ou sobreposições para que a base de dados consiga ser analisada sem equívocos, conforme exemplificado na **Figura 7** em que os retângulos em amarelos são áreas sobrepostas a serem excluídas da base. Além disso, foram excluídas da base os cadastros com status de “Cancelada”, independente do motivo que o causou.

**Figura 7 – Exemplificação da seleção das áreas sobrepostas do SICAR.**



Fonte: Elaboração própria através do software ArcGis©.

Dado a inviabilidade operacional para coleta de amostras em loco para determinação das densidades florestais e análise da quantidade de carbono existente nas áreas indicadas de modo efetivo, considerando as frações arbóreas, sobre o solo retido no solo, opta-se por considerar apenas as áreas que contém corpos hídricos em seu território ou situadas em áreas periurbanas com baixa densidade populacional, com a finalidade de reflorestamento, para determinar a quantidade de GEE que poderia ser removido, de acordo com as diretrizes do *Intergovernmental Panel on Climate Change- IPCC (2006)*. Compreendendo que o presente estudo é uma avaliação preliminar, essas considerações permitem entender a viabilidade do projeto e, em um momento prático, proceder com as visitas de campo, análises e demais amostragens. Nesse sentido, considerou para os cálculos as estimativas do **Quadro 1**.

**Quadro 1 – Valores padrão do IPCC para Biomassa**

Tipo de floresta	Biomassa acima do solo em floresta reflorestada(ton/ha/ano)	Fração de Carbono	Estoque de Carbono	
			(tC/ha/ano)	(tCO <sub>2</sub> /ha/ano)
Floresta Tropical e Subtropical Seca	8	0,48	3,84	14,08
Floresta tropical arbustiva	5	0,48	2,40	8,8

Fonte: IPCC (2006)

Para ilustrar a leitura do Quadro 1, o IPCC orienta que para converter a biomassa de uma Floresta Tropical e Subtropical Seca, por exemplo, em estoque de carbono (tC/ha/ano), multiplique a biomassa acima do solo (ABG) = 8 por 0.48 (Fração de carbono) = 3,84 tC/ha. Em seguida converta toneladas de carbono por ha para emissões de CO<sub>2</sub>, multiplicando por 44/12, ou seja,  $3,85 * 44/12 = 14,08 \text{ tCO}_2 / \text{ha/ano}$ .

Nesse caso, de modo simplificado e para análise da viabilidade do projeto será considerada o reflorestamento das áreas com espécies típicas da Floresta Tropical e Subtropical Seca, de modo a buscar o mínimo de 14,08 tCO<sub>2</sub>/ha/ano e, tendo como horizonte temporal, um projeto de 20 anos.

Para o balanço de emissões, utilizou a média histórica de emissões do município obtida no sistema SEEG em comparação com o valor obtido na análise da base do Sistema SICAR, conforme equação 1:

$$\frac{\text{Média emissão Bruta (SEEG)} - \text{Potencial de sequestro da Vegetação (SICAR)}}{\text{(equação 1)}}$$

Com isso, foi possível estabelecer uma análise da viabilidade financeira de iniciativas, tomando como base uma prática mais objetiva que é o reflorestamento de áreas degradadas no município para emissão de unidades creditadas de remoção de carbono no mercado voluntário europeu.

#### **4.2.3 Plano sugestivo de atuação na Caucaia**

Com base na segunda etapa, foi possível embasar um plano sugestivo de atuação no município de Caucaia com recomendações não somente aos benefícios como quanto aos cobenefícios dentre eles os sociais e os econômicos da adoção de práticas semelhantes ao Programa Município Carbono Zero, além da identificação de iniciativas, ações, programas e políticas que poderiam ser estimuladas ou desenvolvido com foco na complementação do projeto.

A finalidade é que o plano de atuação sugestivo contemple objetivos, metas, indicadores e um plano de ação para desenvolvimento das iniciativas que possa ser replicado e escalado para demais municípios do estado do Ceará, tendo como utilidade principal uma ferramenta de desenvolvimento de políticas públicas e de um modelo de mercado regulado e identificar a viabilidade operacional e executivo de aplicação da mesma.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 ANÁLISE DO CEARÁ E DA CAUCAIA

#### 5.1.1 *Análise das características territoriais do Ceará*

O Estado do Ceará possui uma área total de 148.894,4 km<sup>2</sup>. Suas fronteiras incluem o Piauí a Oeste, o Rio Grande do Norte e a Paraíba a Leste, Pernambuco ao Sul, e o Oceano Atlântico ao Norte. O Ceará é composto por 184 municípios distribuídos em 14 Regiões de Planejamento, principalmente as regiões metropolitanas de Fortaleza, do Cariri e de Sobral.

O clima preponderante é o Tropical Quente Semiárido, englobando 98 (53%) das 184 sedes municipais. Nesse cenário, a escassez e irregularidade pluviométrica são características relevantes com altas taxas de evapotranspiração, fatores que tornam o estado suscetível ao fenômeno das secas. Os solos predominantes no Ceará são os Neossolos e os Argissolos, abrangendo 36% e 25% da área estadual, respectivamente. Em geral, são caracterizadas por solos de pouca profundidade, deficiência hídrica e, sobretudo, vulnerabilidade à erosão.

O estado ostenta considerável diversidade paisagística em suas unidades geoambientais. As superfícies sertanejas, submetidas à semiaridez, destacam-se pela predominância da caatinga. As regiões serranas, por sua vez, possuem condições climáticas mais favoráveis, sendo classificadas como paisagens de exceção no contexto do semiárido. Além disso, as áreas litorâneas, com ocorrência de dunas e mangues, apresentam temperaturas mais amenas e maiores índices pluviométricos. O **Quadro 2** resume as Unidades Geoambientais presentes no Ceará e as suas dimensões enquanto a área e disposição territorial.

**Quadro 2 – Unidades Geoambientais do Ceará**

Unidades geoambientais	Área (km <sup>2</sup> )	Unidades geoambientais	Área (km <sup>2</sup> )
Total	26.243,3	Serras úmidas	1.894,1
Chapada do Apodi	1.533,0	Sertão ocidental ibiapaba	26.991,9
Chapada do Araripe	3.645,0	Sertão centro ocidental	23.481,8
Planalto da Ibiapaba	8.238,4	Sertão pré litorâneo	4.950,6
Planície flúvio marinha	236,3	Sertão sul ocidental	54.441,1
Planície litorânea	642,5	Glacis de acumulação	10.523,9
Planície ribeirinha	3.727,6	Tabuleiros interiores	359,6
Serras secas	8.220,5		

Fonte: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME).

### 5.1.2 Políticas e regulamentos estaduais aplicáveis aos créditos de carbono

No Ceará já existe um arcabouço para Políticas Públicas relacionadas às Mudanças Climáticas. Dentre os dispositivos normativos relevantes, destaca-se a Lei nº 16.146/2016, que promulga a Política Estadual sobre Mudanças Climáticas (PEMC). Adicionalmente, merece menção o recente Decreto nº 34.283 de 2021, o qual formaliza a adesão do Estado do Ceará a acordos internacionais como o *Race to Zero* e a *Under2 Coalition*, com desafios a neutralização das emissões de carbono.

Em 2021, o Estado do Ceará oficializou seu compromisso de reduzir e neutralizar integralmente as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), visando atingir a neutralidade de emissões líquidas (Net Zero) até o ano de 2050.

O PEMC para alinhamento na busca pela neutralidade de emissões até 2050, institui-se como ações o Plano ABC+CE; do Plano Bio-Clima, com foco na biodiversidade e adaptação às mudanças do clima; do Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) para o estado; do *Roadmap* do Mercado de Carbono e do Pagamento por Serviços Ambientais, os quais, ao fim, irão compor o Plano Estadual de Mudanças Climáticas. Apesar da sua criação ainda, carece de instrumentalização e aplicação prática, no entanto, ressalta-se a criação e a diversificação de ações para o arcabouço do PEMC.

Outro instrumento de notável relevância é a Política Agrícola de Florestas Plantadas, estabelecida por meio da legislação estadual nº 18.301, datada de 28 de dezembro de 2022. Com uma orientação voltada para o desenvolvimento sustentável, reafirmando a importância da atividade agropecuária e o papel das florestas plantadas na sustentabilidade, um dos principais objetivos desta lei é a substituição de 40% do consumo de coque de petróleo por materiais provenientes de fontes vegetais cultivadas. Adicionalmente, busca-se mitigar os impactos decorrentes da extração de lenha de origem nativa, comumente utilizada nos processos industriais cearenses, mediante o incremento da oferta de lenha proveniente de florestas plantadas.

O Inventário Estadual de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Ceará, elaborado a cada dois anos, configura-se como uma ferramenta relevante para delinear o panorama atual e as apreensões públicas relacionadas às mudanças climáticas. O acompanhamento, monitoramento e mensuração apresentam-se como elementos essenciais para o desenvolvimento de uma política pública envolvendo créditos de carbono, demandando a integração do setor privado nesse contexto.

A Lei Estadual de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), por sua vez, será um estímulo adicional à restauração e conservação da vegetação nativa, apresentando potencial

para gerar benefícios sociais, ambientais e econômicos múltiplos tanto para os produtores rurais quanto para a população urbana. Além disso, essa legislação visa adequar-se às dinâmicas internacionais e nacionais, posicionando-se como uma ferramenta integrativa para as demais ações e estratégias a serem implementadas.

### ***5.1.3 Unidades de Conservação e Parques Estaduais existentes***

As Unidades de Conservação (UCs) são espaços naturais protegidos estabelecidos por meio de dispositivos legais, sendo caracterizados por atributos naturais relevantes. Seu propósito principal é a preservação da diversidade biológica e de outros elementos naturais com o mínimo impacto ambiental. A criação dessas áreas visa assegurar a manutenção da biodiversidade, promover o equilíbrio ecológico e resguardar lugares de notável beleza cênica, tais como serras, dunas e cachoeiras. Além de propiciar a sobrevivência de variadas formas de vida vegetal e animal, essas unidades desempenham um papel crucial na oferta de serviços ecossistêmicos, incluindo a regulação do clima, a ciclagem de nutrientes, a disponibilização de água para o abastecimento humano e o aprimoramento da qualidade de vida das comunidades locais, entre outros benefícios.

As UCs podem ser criadas por dispositivos federais ou estaduais, e todas as existentes constituem o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), instituído pela Lei Federal nº 9.985 de 18 de julho de 2000. Já no Ceará, o Sistema Estadual de Unidades de Conservação foi constituído pela Lei Estadual nº 14.950, de 27 de junho de 2011, podendo ser de uso sustentável ou de proteção integral. Sua criação é regulamentada através de decreto e a responsabilidade de coordenar, gerir e avaliar a implantação de ações e atividades é a Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Mudanças Climáticas.

De acordo com os dados do Ministério Público do Estado do Ceará, existem 12 UCs Federais e 25 UCs Estaduais distribuídas em todo o território do Estado do Ceará. O Quadro 3 reúne a lista de todas as Unidades de Conservação presentes no Ceará, com características federais, e o Quadro 4 aqueles com características Estaduais e os respectivos decretos regulamentadores.

**Quadro 3 – Unidades de Conservação Federal no Ceará**

UNIDADES DE CONSERVAÇÃO FEDERAIS						
Unidade de Conservação	Diploma Legal	Órgão Gestor	Região/Município	Área total delimitada (km <sup>2</sup> )	Ecosistema	
1. Área De Proteção Ambiental Chapada Do Araripe	Decreto Federal de 04 de Agosto de 1997	ICMbio	Abaíara/CE; Araripe/CE; Barbalha/CE; Brejo Santo/CE; Campos Sales/CE; Crato/CE; Jardim/CE; Jati/CE; Missão Velha/CE; Nova Olinda/CE; Penaforte/CE; Porteiras/CE; Potengi/CE; Salitre/CE; Santana do Cariri/CE; Diversos municípios do Pernambuco e do Piauí.	9.725,94	Caatinga	
2. Área De Proteção Ambiental Delta Do Parnaíba	Decreto Federal de 28 de agosto de 1996	ICMbio	Barroquinha/CE; Chaval/CE; Diversos Municípios do Piauí e do Maranhão	3.095,87	Cerrado	
3. Área De Proteção Ambiental Serra Da Ibiapaba	Decreto Federal de 26 de novembro de 1996	ICMbio	Carnaubal/CE; Chaval/CE; Coreau/CE; Croatá/CE; Granja/CE; Guaraciaba do Norte/CE; Ibiapina/CE; Ipueiras/CE; Moraijo/CE; Potanga/CE; São Benedito/CE; Tianguá/CE; Ubajara/CE; Uruoca/CE; Viçosa do Ceará/CE; Diversos Municípios do Piauí e do Maranhão	16.241,76	Cerrado	
4. Área De Proteção Ambiental Serra Da Meruoca	Lei Federal nº11.891, de 24 de dezembro de 2008	ICMbio	Alcântaras/CE; Massapê/CE; Meruoca/CE; Sobral/CE	293,61	Caatinga úmida	
5. Estação Ecológica De Aiuaba	Decreto Federal de 06 de fevereiro de 2001	ICMbio	Aiuaba – CE	117,47	Caatinga	
6. Estação Ecológica Do Castanhão	Decreto Federal de 27 de setembro de 2001	Sem informação disponível	Alto Santo/CE; Iracema/CE; Jaguaribara/CE	125,80	Caatinga	

UNIDADES DE CONSERVAÇÃO FEDERAIS						
Unidade de Conservação	Diploma Legal	Órgão Gestor	Região/Município	Área total delimitada (km <sup>2</sup> )	Ecosistema	
7. Floresta Nacional de Sobral	Portaria nº358, 27/09/2001	Sem informação disponível	Sobral/CE	6,61	Caatinga	
8. Floresta Nacional Do Araripe-Apodi	Decreto de 05 de junho de 2012 e o Decreto-Lei nº9.226, 02 de maio de 1946	ICMbio	Barbalha/CE; Crato/CE; Jardim/CE; Missão Velha/CE; Nova Olinda/CE; Santana do Cariri/CE	389,19	Caatinga	
9. Parque Nacional De Jericoacoara	Lei Federal nº11.486, de 15 de junho de 2007	ICMbio	Cruz/CE; Jijoca de Jericoacoara/CE	88,55	Marinho	
10. Parque Nacional De Ubajara	Decreto Federal de 13 de dezembro de 2002 e o Decreto Federal nº72.144, de 26 de abril de 1973 e Decreto Federal nº45.954 de 30 de abril de 1959	ICMbio	Itapipoca/Trairi	62,69	Caatinga	
11. Reserva Extrativista Do Batoque	Decreto Federal de 05 de junho de 2003		Aquiraz/CE; Cascavel/CE	6,01	Marinho	
12. Reserva Extrativista Prahna Do Canto Verde	Decreto Federal de 05 de junho de 2009		Beberibe – CE	298,07	Marinho	

Fonte: Ministério Público do Estado do Ceará (2024)

**Quadro 4 – Unidades de Conservação Estaduais no Ceará**

UNIDADES DE CONSERVAÇÃO ESTADUAIS							
Unidade de Conservação	Diploma Legal	Órgão Gestor	Região/Município	Área Total delimitada (ha)	Ecosistema		
1. APA da Bica do Ipu	Decreto nº 25.354, de 26 de janeiro de 1999	SEMA	Ipu	3.484,66	Serra úmida		
2. APA da Lagoa da Jijoca	Decreto nº 25.975, de 10 de agosto de 2000	SEMA	Jijoca de Jericoacoara / Cruz	3.995,61	Lacustre		
3. APA do Rio Pacoti	Decreto nº 25.778, de 15 de fevereiro de 2000	SEMA	Fortaleza / Aquiraz / Eusébio	2.914,93	Costeiro		
4. APA da Lagoa do Uruaú	Decreto nº 25.355, de 26 de janeiro de 1999	SEMA	Beberibe	2.672, 58	Lacustre / Complexo Litorâneo		
5. APA da Serra da Aratanha	Decreto nº 24.959/1999	SEMA	Guaiúba, Maranguape e Pacatuba	6.448,29	Serra úmida		
6. APA da Serra de Baturité	Decreto nº 20.956, de 18/09/1990 Decreto nº 27.290, de 15/12/2003	SEMA	Baturité/Pacoti/Guaramiranga /Mulungu/Redenção /Palmeira/ Aratuba Capistrano	32.690	Serra úmida		
7. APA das Dunas da Lagoinha	Decreto nº 25.417, de 29/03/1999	SEMA	Paraipaba	523,49	Dunas		
8. APA das Dunas de Paracuru	Decreto nº 25.418, de 29/03/1999	SEMA	Paracuru	3.909,60	Dunas		

UNIDADES DE CONSERVAÇÃO ESTADUAIS						
Unidade de Conservação	Diploma Legal	Órgão Gestor	Região/Município	Área Total delimitada (ha)	Ecosistema	
9. APA do Estuário do Rio Curu	Decreto nº 25.416, de 29/03/1999	SEMA	Paraipaba / Paracuru	881,94	Manguezal	
10. APA do Estuário do Rio Ceará	Decreto nº 25.413, de 29/03/1999	SEMA	Fortaleza / Caucaia	2.744,89	Manguezal	
11. APA do Estuário do Rio Mundaú	Decreto nº 24.414, de 29/03/1999	SEMA	Itaipoca / Trairi	1.596,37	Manguezal	
12. APA do Pecém	Decreto nº 24.957, de 05/06/1998	SEMA	São Gonçalo do Amarante e Caucaia	122,79	Lacustre vegetacional litorâneo	
13. APA do Lagamar do Cauípe	Decreto nº 25.355 de 26/01/99	SEMA	Caucaia	1.884,46	Lacustre vegetacional litorâneo	
14. ARIE das Águas Emendadas dos Inhamuns	Decreto nº 31.403, de 24/01/2014	SEMA	Independência, Tauá e Pedra Branca	407,04	Caatinga	
15. ARIE do Sítio Curio	Decreto nº 28.333, de 28/07/2006	SEMA	Fortaleza	57,35	Enclave de Mata Atlântica	
16. ARIE do Cambeba	Decreto nº 32.843, de 30/10/2018	SEMA	Fortaleza		Caatinga	
17. Estação Ecológica do Pecém	Decreto nº 30.895, de 20/04/2012	SEMA	São Gonçalo do Amarante / Caucaia	937,08	Dunas	

UNIDADES DE CONSERVAÇÃO ESTADUAIS					
Unidade de Conservação	Diploma Legal	Órgão Gestor	Região/Município	Área Total delimitada (ha)	Ecosistema
18. Monumento Natural das Falésias de Beberibe	Decreto nº 27.461, de 04/06/2004	SEMA	Beberibe	31,29	Dunas / Falésias
19. Monumento Natural Monólitos de Quixadá	Decreto nº 26.805, de 25/10/2002	SEMA	Quixadá	28.759,56	Caatinga
20. Parque Estadual Botânico do Ceará	Decreto nº 30.868, de 10/04/2012	SEMA	Caucaia	190	Vegetacional Litorâneo
21. Parque Estadual das Carnaúbas	Decreto nº 28.154, de 15/02/2006	SEMA	Granja/ Viçosa	10.005, 05	Cerrado/ Caatinga
22. Parque Estadual do Cocó	Decreto nº 32.248, de 07/06/2017	SEMA	Fortaleza, Maracanaú, Pacatuba e Itaitinga	1.571,29	Manguezal
23. Parque Estadual Marinho da Pedra da Risca do Meio	Lei nº 12.717, de 05/09/1997	SEMA	Fortaleza	3.320,00	Marinho
24. Parque Estadual Sítio Fundão	Decreto nº 29.307, de 05/06/2008	SEMA	Crato/ Juazeiro do Norte	93,52	Cerrado / Caatinga
25. Corredor Ecológico do Rio Pacoti	Decreto nº 25.777, de 15/02/2000	SEMA	Aquiraz, Itaitinga, Pacatuba, Horizonte, Pacajus, Acarape e Redenção	16.129,73	

Fonte: Ministério Público do Estado do Ceará (2024) e Ceará (2018)

Nas implicações legais entre os limites de aplicação de regulamentações, o presente estudo entende que é mais plausível considerar aquelas delimitadas unicamente no Ceará, ou seja, as 25 UCs estaduais. Nesse sentido, a **Figura 8** ilustra disposição geográfica das UCs expostas no **Quadro 3**.

**Figura 8 – Disposição geográfica das UCs estaduais no Ceará**



Fonte: Ceará (2018)

Ressalta-se que, das 25 UCs, um total de 5 já constam como Parques Estaduais: Parque Estadual Botânico do Ceará, Parque Estadual das Carnaúbas, Parque Estadual do Cocó, Parque Estadual Sítio Fundão e Parque Estadual Marinho da Pedra do Risco do Meio. Existem também o Parque Nacional de Ubajara, o Parque Nacional de Jericoacoara e a Flora Nacional do Araripe que são parques federais com gestão do ICMBio que, por sua vez, são limítrofes e sobrepostos por UCs de regulamentação estadual.

As demais APAs contém seus respectivos Planos de Manejo disponibilizados no Portal da Secretaria Estadual de Meio Ambiente, assim como nos casos das APAs Serra de Baturité, Estuário do Rio Ceará, da Bica do Ipu, do Rio Pacoti, Botânico do Ceará e do Lagamar do Cauipe os seus respectivos Planos de Uso Público. São áreas que contrastam com o espaço urbano das cidades limítrofes, assim como de atividades de exploração turística presente, principalmente, nas regiões costeiras. Esses planos são documentos técnicos que estabelecem o zoneamento e as normas que devem presidir o uso da área e o manejo dos recursos naturais, além da implantação das estruturas físicas necessárias à gestão da unidade de conservação(CEARÁ, 2018).

É relevante compreender que existem, nesse cenário, três instituições públicas que possuem papéis, cada um no seu nível de atuação, que influenciam na gestão e na supervisão dessas áreas:

- **ICMBio: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidades** – órgão federal com atuação específica nas áreas com delimitação federal, sendo responsável por propor, implantar, gerir e proteger as unidades de conservação federais;
- **SEMA: Secretaria de Meio Ambiente e Mudanças Climáticas** – pasta no governo estadual responsável pelas políticas públicas de meio ambiente no estado do Ceará;
- **SEMACE: Superintendência Estadual do Meio Ambiente** – autarquia do Ceará que tem a responsabilidade de executar a Política Ambiental do Estado do Ceará, e integra, como órgão seccional, o Sistema Nacional de Meio Ambiente (Sisnama).

Esses espaços públicos já são delimitados para preservação e conservação no Estado do Ceará, para instalar uma atuação múltipla inclusive no desenvolvimento de projetos REDD+, inclusive a luz da Lei nº 14.590, de 24 de maio de 2023, como alternativa a geração de créditos de carbonos através da promoção de atividades robustas e integrativas de manutenção e recuperação da vegetação nativa.

Ainda assim, de acordo com o MapBiomas Alerta, um sistema de validação e refinamento de alertas de desmatamento com imagens de alta resolução de todo o território brasileiro, o Ceará registrou entre 2019 e 2023 um aumento de 96,96% (saindo de 822,34 ha em 2019 para 27.059,21 ha em 2023) de áreas desmatado sem autorização dos órgãos de fiscalização, sendo desse valor desmatado em 2023 um total de 7.673,4 em unidades de conservação, seja federal, estadual ou municipal, uma média de 4,3ha por dia. Conforme ilustrado no MapBiomas Alerta, essas notificações se concentram no Cariri Cearense onde se encontra a Floresta Nacional do Araripe, e no Parque Estadual das Carnaúbas aproximando das áreas mais limítrofes do Piauí e do delta do Rio Parnaíba, exemplificado através dos resultados do **Quadro 5**, que reúne os oito municípios com maiores áreas desmatadas, entre os anos de 2019 e 2023, em unidades de conservação, sem autorização.

**Quadro 5 – Ranking de municípios com maiores áreas desmatadas em unidades de Conservação no Ceará (2019-2023)**

#	Nome	Área Total (ha)	Área 2019 (ha)	Área 2020 (ha)	Área 2021 (ha)	Área 2022 (ha)	Área 2023 (ha)
1	Salitre	1542.88	0.00	292.10	333.66	213.18	703.95
2	Araripe	1341.71	0.00	179.59	320.76	174.98	666.38
3	Santana do Cariri	948.31	0.00	121.75	426.44	202.42	197.71
4	Tianguá	710.85	0.00	23.72	277.09	305.59	104.46
5	Crato	602.35	80.09	86.29	119.24	71.03	245.70
6	Granja	572.72	2.61	0.00	51.00	423.44	95.68
7	Viçosa do Ceará	511.26	2.40	17.92	188.35	230.41	72.19
8	Jardim	408.97	0.00	61.24	31.42	135.18	181.13

Fonte: MapBiomas Alerta (2024)

Esse aumento expressivo pode representar dois resultados distintos: o aumento vertiginoso do desmatamento ilegal ou aumento das notificações e da fiscalização mais apurada. Independente da situação, as áreas que concentram os maiores casos e incidências são devido à especulação imobiliária e a atividade agropecuária.

## 5.2 Inventário de Emissões de Gases do Efeito Estufa do Ceará

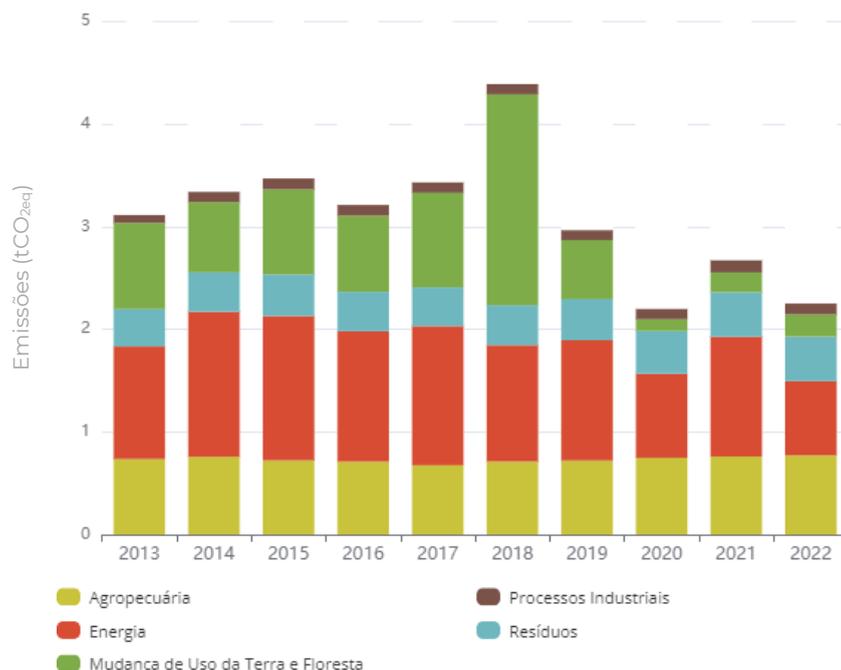
O Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Estado do Ceará – IPECE é o órgão responsável por compilar e veicular o Inventário de Emissões de Gases do Efeito Estufa do Ceará. Por duas edições, em 2020 e 2021, o IPECE consolidou as informações disponibilizados no Sistema SEEG que compõe o inventário brasileiro de emissões e remoções antrópicas de gases do efeito estufa do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. No presente estudo considerou as estimativas de emissão que tem como parâmetro o *Global Warning Potential* – GWP, em sua quinta edição revisada, por se tratar do fator utilizado para as metas descritas no NDC do Brasil.

O IPECE não é responsável pela geração dos dados apenas pela análise e divulgação das informações. Não obstante, se torna ainda relevante o ato de veiculação dessas informações por auxiliar na disseminação e estimulando a interação com o mercado, aproximando a discussão da pauta dos cearenses.

A partir dos dados disponibilizados no Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções dos Gases do Efeito Estufa - SEEG, é possível identificar que o Ceará se encontra na 20ª colocação dos estados mais emissores de GEE e, em contraste com a geração, é apenas o 16º estado que mais promove atividades ou projetos com foco na remoção de GEE. De acordo

com o IPECE, o Ceará contribui com 1,16% do total de emissões do país. É possível analisar quais os setores que mais contribuem com emissões de GEE no Ceará e a sua evolução histórica nos últimos 10 anos, conforme apresentado na **Figura 9**.

**Figura 9 – Série histórica de Emissões de Gases do Efeito Estufa no Ceará, por setor econômico**



Fonte: Observatório do Clima (2024)

Nota que o setor Agropecuário, nos últimos 10 anos que foram disponibilizadas as estimativas de emissão de GEE, se mostrou sempre representativo, ao passo que apenas em 2020 e 2022 se tornou o setor mais representativo nas emissões. Destaca-se o setor de Energia como um dos mais emissores no estado, presente em toda série histórica. Processos Industriais e Resíduos são os setores que menos contribuem com emissões no estado. As mudanças no uso da Terra e Floresta possuiu contribuições representativas até em 2019, onde 2018 foi o setor que mais emitiu, tendo uma redução acentuada nos últimos três anos analisados na série histórica.

O SEEG também permite visualizar as categorias de atividades econômicas, que facilita identificação de qual atividade específica possui mais elevada contribuição. Observando os anos de 2013, 2018 e 2022 no **Quadro 6**, compreende-se as variações dos que mais contribuíram com emissões no estado.

**Quadro 6 – Total de Emissões de Gases do Efeito Estufa no estado do Ceará, nos anos de 2013, 2018 e 2022.**

ATIVIDADE GERADORA	ANOS ANALISADOS		
	2013	2018	2022
Transportes	4.904,49 (2°)	4.957,28 (2°)	5.159,63
Fermentação entérica	4.786,13 (3°)	4.557,33 (4°)	5.077,98
Disposição Final de Resíduos Sólidos	2.106,71 (5°)	2.352,30 (5°)	2.823,52
Alterações de uso da terra	7.223,41 (1°)	17.599,78 (1°)	1.811,38
Solos manejados	1.700,20 (6°)	1.684,47	1.690,91
Tratamento de efluentes domésticos	1.249,10	1.294,41	1.247,97
Produtos minerais	766,65	985,28	1.059,89
Manejo de dejetos animais	820,31	857,90	929,50
Industrial	339,48	323,74	844,85
Residencial	694,11	750,83	764,92
Carbono orgânico no solo	825,42	2.055,58 (6°)	292,71
Agropecuária	257,15	369,76	279,89
Incineração ou queima a céu aberto	215,46	171,54	175,01
Produção de combustíveis	199,93	165,53	128,84
Efluentes líquidos industriais	65,30	80,07	105,14
Resíduos florestais	341,02	889,58	49,55
Comercial	32,18	34,24	35,57
Cultivo de arroz	50,71	15,13	14,21
Geração de eletricidade (serviço público)	4.547,38 (4°)	4.737,03 (3°)	11,49
Público	6,08	4,72	3,57
Tratamento biológico de resíduos sólidos	-	-	0,00

Nota: As emissões por ano estão na unidade Milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> eq emitidas, considerando o GWP-AR5

Fonte: Adaptado de Observatório do Clima (2024)

Nota-se que no ano mais recente disponibilizado, os Transportes, a Fermentação Entérica, a Disposição final de Resíduos Sólidos, Alterações no Uso da Terra e os Solos Manejados são as seis categorias que mais contribuem para a emissão de GEE. É possível identificar que esses setores não tiveram grandes alterações com o evoluir dos anos, apresentando destaque para o Setor Industrial que evoluiu 60% em 10 anos e a atividade de Produção Mineral que evoluiu 28% no mesmo período.

O elevado resultado da Fermentação Entérica destaca o aumento da população animal no estado do Ceará, principalmente na criação de caprinos, ovinos e bovinos. Os transportes devido a frota do Ceará e a sua utilização majoritária de combustíveis fósseis. As

alterações no uso da terra e solos manejados refletem a atividade agrícola familiar como principal utilização do solo no estado e como uma das principais atividades econômicas.

### **5.3 Cenário atual na Caucaia**

#### **5.3.1 Perfil socioeconômico do município**

O território de Caucaia abrange uma extensão de 1.293 km<sup>2</sup>, incluindo 44 km de faixa litorânea. Localizado a cerca de 18 km da capital, integra a Região Metropolitana de Fortaleza. Suas fronteiras são delimitadas pelo oceano Atlântico ao norte, o município de Maranguape ao sul, e Fortaleza, Maracanaú e Maranguape a leste, além de São Gonçalo do Amarante e Pentecoste a oeste.

A importância significativa de Caucaia no cenário metropolitano é evidente, especialmente devido às atividades econômicas centradas nos setores agropecuário, comércio e serviços relacionados ao turismo. Além disso, sua localização estratégica entre Fortaleza e a região do Pecém, em estreita proximidade com o Complexo Industrial e Portuário do Pecém - CIPP, o coloca como um ponto crucial, estando ainda próximo aos principais polos industriais e logísticos do Ceará, como Maracanaú.

De acordo com os dados do IPECE, o município da Caucaia possui densidade demográfica de 290,77 hab/km<sup>2</sup> com taxa de urbanização superior a 89,18%. Tem os setores industrial, serviços e a administração pública como os setores que mais empregam na cidade.

A frota de veículos e a rede de transporte do município é composta por 112.103 veículos sendo majoritariamente automóveis e motocicletas sendo 98% deles movido a combustível com origem fóssil.

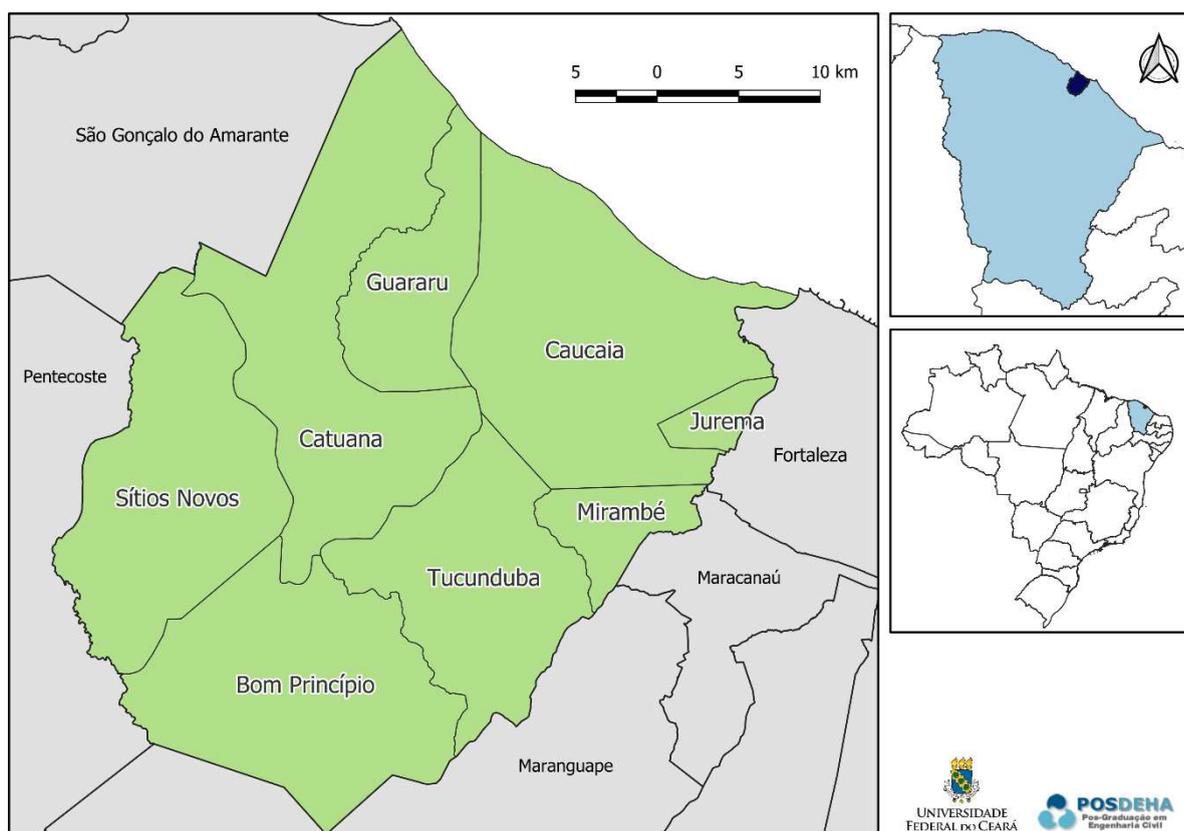
O município tem forte identificação e presença de povos indígenas sendo uma cidade indígena por natureza, preserva sua identidade no ambiente natural e verde, onde as comunidades indígenas resistem às influências externas. Caucaia possui 30% dos povos originários do Ceará. Duas das 14 etnias do estado, incluindo a Tapeba, a maior em número, residem na cidade. Os Anacés, embora em menor número, também têm presença em Caucaia e São Gonçalo do Amarante.

Na Caucaia também tem em seu território o Aterro Sanitário Municipal Oeste de Caucaia (ASMOC) que recolhe os resíduos de grande parte da população da Região Metropolitana de Fortaleza, sendo o principal aterro sanitário do estado.

### 5.3.2 Espaços e características do município

O município é composto por 8 distritos: Tucunduba; Mirambé; Sítios Novos; Guararu; Catuana; Bom Princípio; e Jurema, conforme os setores censitários do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Estes 08 distritos estão oficialmente distribuídos em zonas: rural e urbana, além de uma zona demarcada como território indígena, conforme exemplificado na Figura 10.

**Figura 10 – Distribuição Territorial da Caucaia**



Fonte: Elaboração própria

Vale ressaltar que a Sede e a Jurema têm toda a sua extensão com características urbanas. O Guararú possui características intermediárias, entre o urbano e o rural, enquanto os territórios de Mirambé, Sítios Novos e Catuana são predominantemente rurais. O Território Indígena, em 2017 foi emitida a Portaria Declaratória de Terra Indígena (TI) Tapeba, cobrindo 5,2 mil hectares sendo habitada por aproximadamente 7.000 indígenas. No município também contém o Parque Botânico do Ceará (Área de 190 ha), assim como a APA do Estuário do Rio Ceará (Área de 2.744,89 ha) e a APA do Lagamar do Cauipe (Área de 1.884,46 ha).

O crescimento metropolitano em direção a Caucaia se manifestou tanto no interior quanto no litoral, resultando inicialmente em uma ocupação desordenada da região costeira. Os

principais impulsionadores dessa expansão foram a crescente atividade industrial e residencial no bairro de Antônio Bezerra, em Fortaleza, e a busca por novas áreas de lazer ao longo da zona marítima, a partir do estuário do Rio Ceará, abrangendo as praias de Iparana, Pacheco, Icaraí, Tabuba e Cumbuco, de acordo com os dados cedidos pelo Instituto de Meio Ambiente da Caucaia - IMAC.

Nos últimos anos, as pressões aumentaram devido à instalação do Complexo Industrial Portuário do Pecém, que, embora traga benefícios econômicos, também acarreta consideráveis impactos ambientais e sociais. Historicamente, a ocupação da faixa litorânea concentrou-se em casas de veraneio e condomínios, frequentemente resultando em desmonte de dunas e invasão de áreas de preservação de lagoas e praias, causando danos ambientais irreparáveis. Vale destacar que os ambientes costeiros, como dunas, manguezais, estuários e praias, desempenham serviços ecossistêmicos essenciais, incluindo a proteção do território contra a erosão marinha.

É importante ressaltar que essas subdivisões urbanas têm significativa importância do ponto de vista político-administrativo e para a gestão da cidade. No entanto, para análises climáticas, outras divisões territoriais tornam-se mais relevantes, incluindo a distinção entre zonas rural, urbana e indígena, além da compreensão da dinâmica social em cada distrito.

### **5.3.3 *Estudo sobre a vulnerabilidade climática da Caucaia***

A partir dos dados cedidos pelo IMAC evidenciou-se as principais questões e pontos de vulnerabilidade climática do município. A partir do Relatório de Vulnerabilidade Climática do Programa Avança Caucaia, elaborada a partir do financiamento e apoio do Banco de Desenvolvimento da América Latina – CAF, destaca-se três principais riscos e susceptibilidades climáticas aos quais a Caucaia está submetido:

1. o risco de estiagem ou seca devido as áreas de sertão;
2. o risco de cheia devido as áreas urbanas próximas as margens dos rios e de áreas de mangue;
3. o risco de elevação do nível do mar e consequente diminuição da faixa de areia;

#### **5.3.3.1 *Risco de estiagem ou seca***

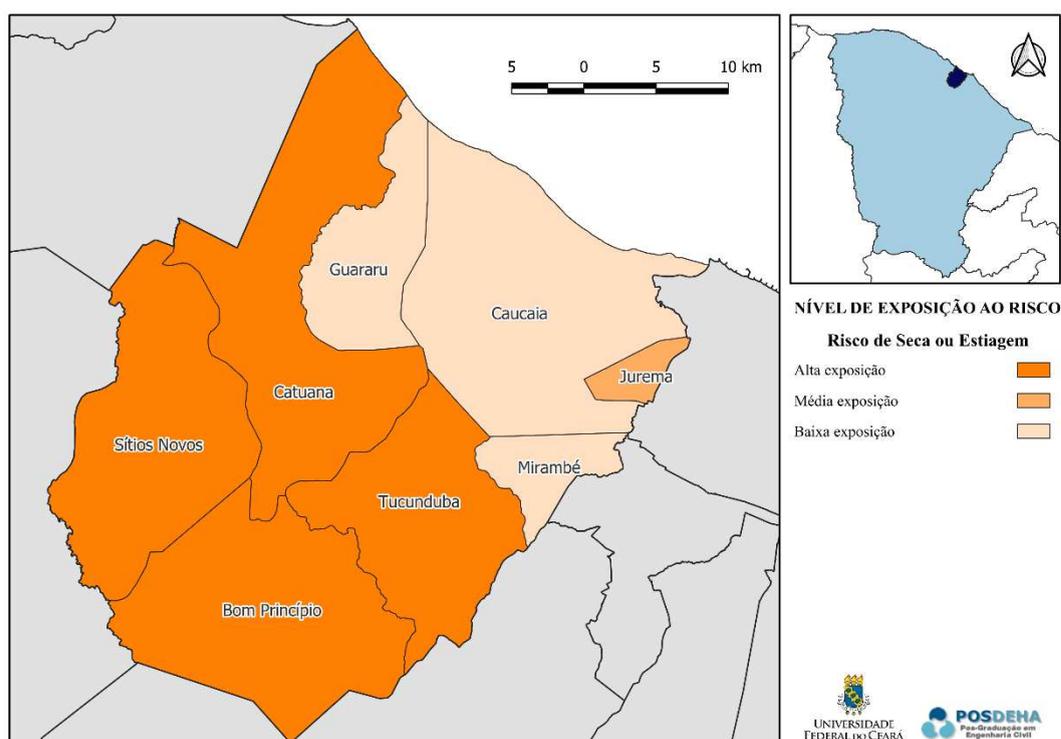
A Caucaia integra a Bacia Hidrográfica Metropolitana, integrando as sub-bacias dos Rios Ceará, Cauípe e Juá, além de receber contribuições do Rio São Gonçalo. Seu território é também marcado por uma extensa variedade de lagoas e pequenos córregos sendo os mais relevantes o Lagamar do Cauípe, a Lagoa do Banana, do Pamamirim e da Barra Nova. O município também possui reservas em águas subterrâneas, sendo as áreas próximas as Dunas

concentrando a maioria das reservas. Não obstante, essa área concentrada na faixa litorânea vem reduzindo o volume de recarga e a qualidade devido a ocupação urbana crescente que reduz a área permeável e devido a inexistência de esgotamento sanitário, as fossas irregulares contaminam os mananciais.

Apesar da disponibilidade hídrica, a Caucaia localiza-se em uma região semiárida marcada por chuvas distribuídas de forma irregular e com difícil previsibilidade, com forte presença de rios intermitentes e déficit hídrico entre precipitação e evapotranspiração. Mesmo com a existência de Políticas Públicas consistentes e a experiência no enfrentamento dos agravos das Secas, é inerente o risco de não ser resiliente ou suficiente para os eventos extremos causados pelas mudanças climáticas. Sendo, principalmente, sensível nas áreas rurais, há um grande risco e, as séries históricas e as experiências adquiridas, podem não ser suficiente para ter disponibilidade hídrica.

Pensar na disponibilidade hídrica, buscando tornar o município o mais autônomo possível, reduzindo drasticamente a dependência por sistemas adutores e até transposições, além de prevenir a poluição de mananciais e promover melhor gestão dos recursos, principalmente em áreas ambientalmente sensíveis como as regiões de Dunas, conforme exemplificado na **Figura 11**.

**Figura 11 – Representação dos distritos de Caucaia de acordo com o nível de exposição ao risco da Seca ou Estiagem.**

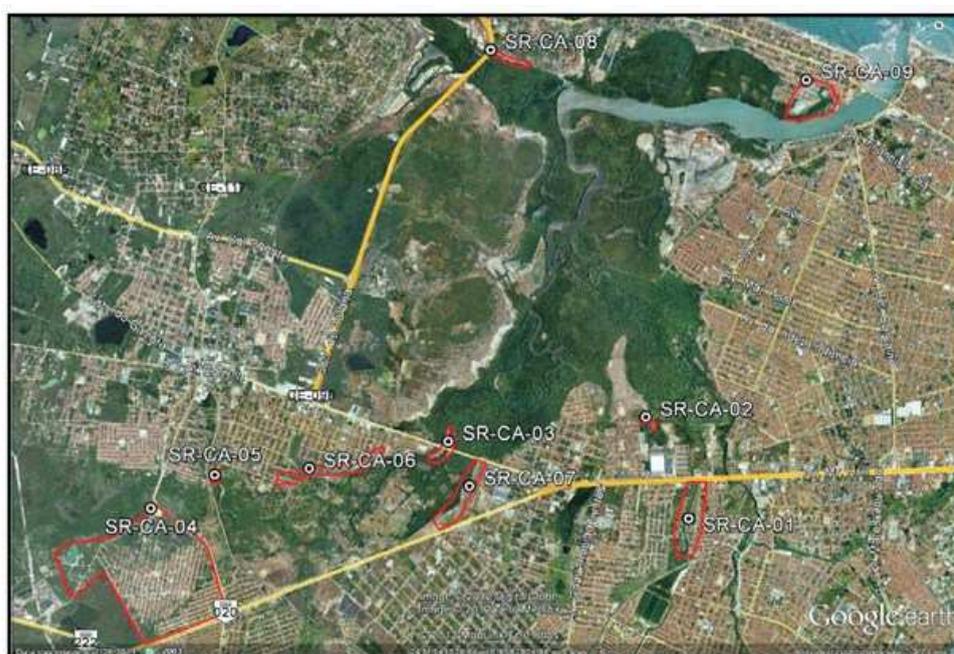


Fonte: Adaptado a partir dos dados cedidos pelo IMAC

### 5.3.3.2 Risco de cheia

Com eventos de precipitação mais elevados ou adversos, a falta de infraestrutura hídrica somado as edificações em áreas de risco, aumentam o risco e a vulnerabilidade climática a eventos de enchente e inundações. O Relatório de Vulnerabilidade Climática cedido pelo IMAC identificou 09 áreas do município em que o risco de enchente é elevado, conforme exemplificado na **Figura 12**.

**Figura 12 – Mapa das áreas de risco de enchente na zona urbana**



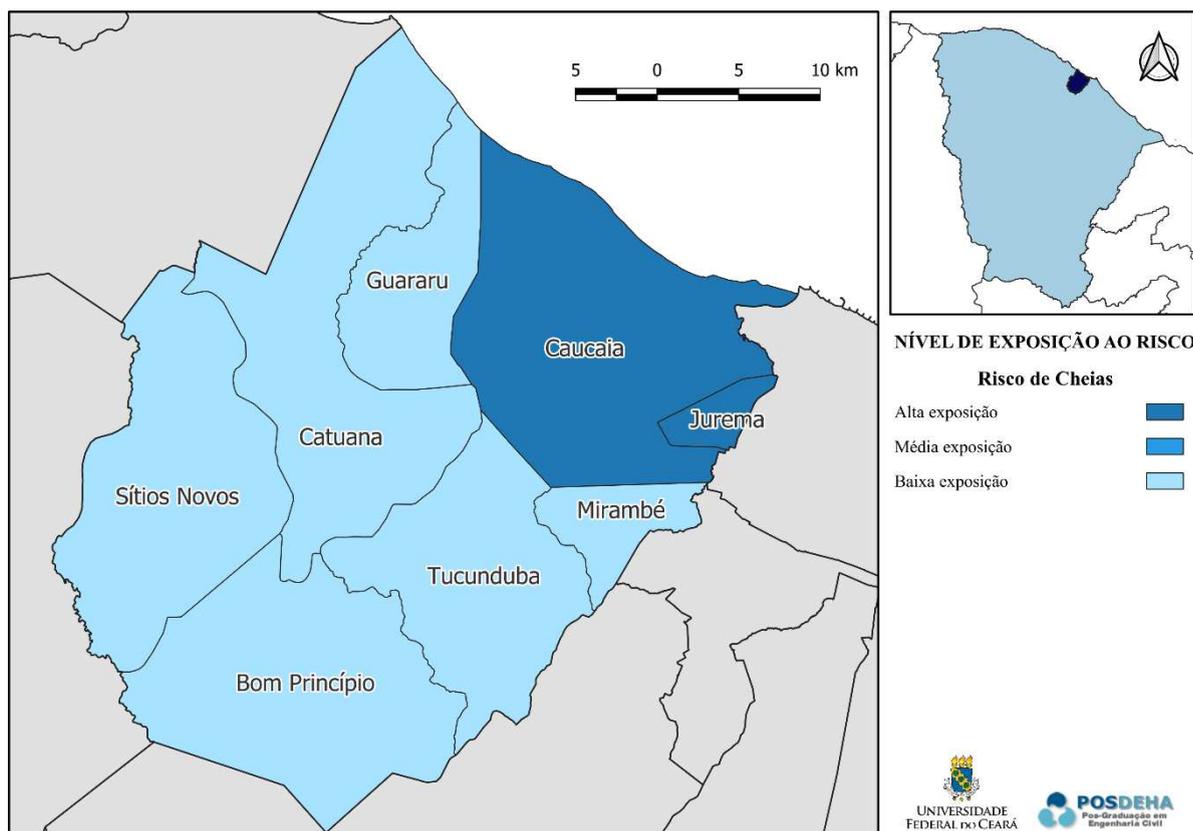
Fonte: Dados cedidos pelo IMAC

As áreas identificadas situam-se próximas as margens de rios, seja o Rio Maranguapinho ou do Rio Ceará, ou ainda, em áreas de Mangue. Devido ao grande acúmulo de lixo nas margens e nas galerias de drenagem; os processos de alteração dos cursos do rio; e a ocupação indevida próxima a margem são as principais causas de que, em eventos de chuva mais intensa, a população corre riscos devido a enchentes e inundações. O mapeamento realizado demonstra que os perigos climáticos se ampliam em áreas urbanas devido ao adensamento populacional, ocupação territorial expansiva impermeabilização do solo.

Mesmo que o risco de seca sendo vivenciado em contraste com o risco de cheia, os dois coexistem e são frequentes nas mesmas regiões do Nordeste brasileiro, devido à irregularidade e à intensidade das chuvas. Esses padrões tendem a ser agravados pelas mudanças climáticas, mesmo em períodos de pouca chuva elevando os riscos de alagamentos,

inundações e deslizamentos. A falta de infraestrutura adequada unida à ocupação desordenada, resultando em uma impermeabilização generalizada do solo, desmatamento, desmonte de dunas, criam um cenário propício e elevam o risco de exposição a esses eventos climáticos adversos, conforme representado na **Figura 13**.

**Figura 13– Representação dos distritos de Caucaia de acordo com o nível de exposição ao risco de Cheia**



Fonte: Adaptado a partir dos dados cedidos pelo IMAC

### 5.3.3.3 Risco de regressão da área de praia

Os bairros e as praias da faixa de areia da Caucaia têm passado por transformações ambientais significativas, influenciadas tanto pela urbanização crescente quanto pelas alterações na dinâmica das praias, principalmente pelas obras do Porto do Mucuripe e o Aterro da Praia de Iracema, ambos em Fortaleza, assim como o Porto do Pecém em São Gonçalo do Amarante.

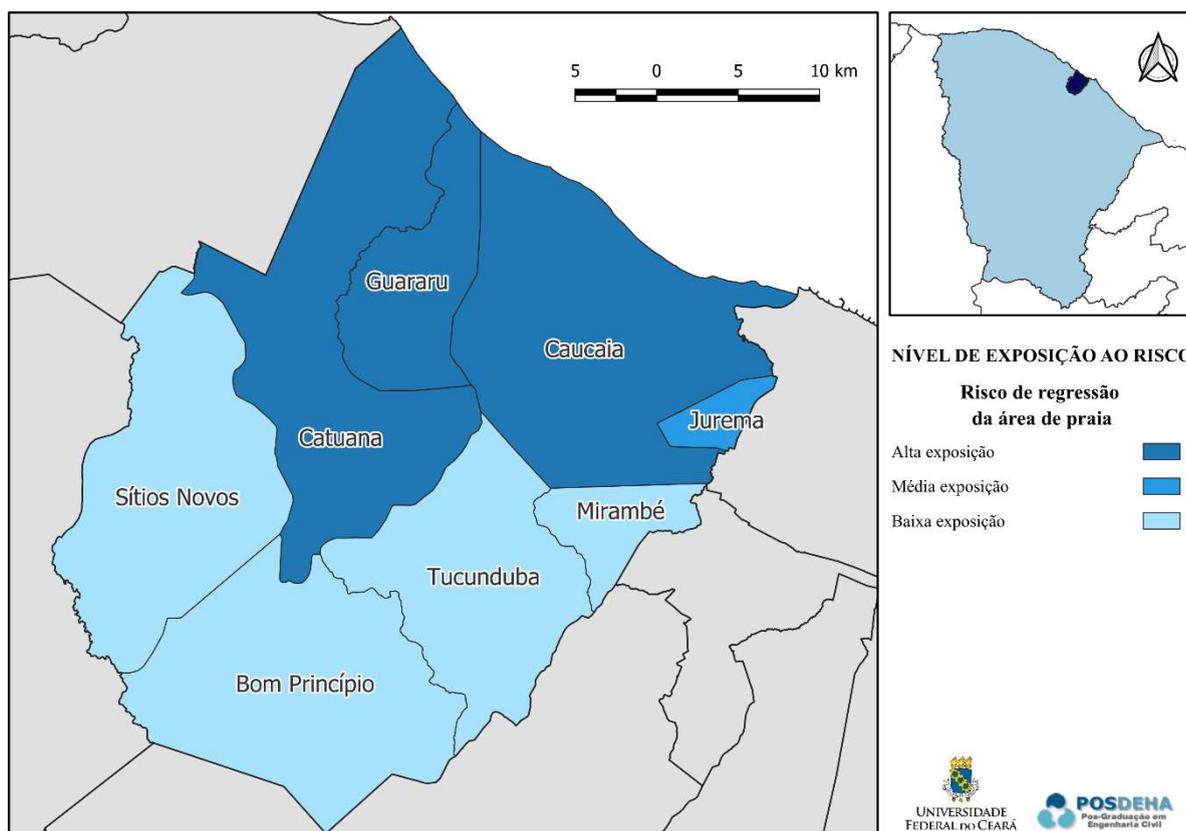
Nas últimas décadas, essas mudanças foram marcadas por descobertas como a de grandes formações de arenito na Praia do Pacheco e danos a estruturas costeiras causados pela ação das ondas, especialmente durante marés de sizígia, afetando uma vasta área das praias de Caucaia. Além disso, as interferências do setor privado, principalmente do ramo hoteleiro, com

obras e infraestruturas de drenagem, a perfuração de poços e a gestão da vegetação sendo realizada pelos próprios empreendedores, sem fiscalização efetiva, tem levado à ocupação de zonas de preservação, como margens de lagoas, dunas e praias, e à poluição dos lençóis freáticos, sob a justificativa de promover o progresso socioeconômico.

A Caucaia é evidentemente um município que tem o avanço do mar e a erosão da sua costa como uma problemática atual que, pode se tornar ainda pior, em um cenário de 20, 30 ou 40 anos de mudanças climáticas, em um momento que as áreas residenciais, comerciais e industriais já se encontram ameaçadas. Um estudo de Maia (2021) avaliou a variação da linha de costa do município entre 2004 e 2019, as Linha de Preamar Média (LPM), ou seja, a faixa de areia que estava no período inicial analisado, em comparação com a Taxa de Regressão Linear, ou *Linear Regression Rate* (LRR).

Os resultados de Maia (2021) identificaram tendências erosivas em 38% da costa da Caucaia, concentrando-se nas praias mais urbanizadas como a Barra do Cauípe, Cumbuco, Tabuba e Icaraí. Com variações entre -0,86 metros/ano (registrado na Praia do Cumbuco) a -3,09 metros/ano (registrado na Praia da Tabuba) evidencia um avanço vertiginoso do mar. Esse avanço, além de impactos ambientais, acarreta impactos econômicos e sociais como o caso da Praia do Icaraí que teve uma variação de -2,71 metros/ano que evidentemente descumpriu o limite de ocupação da faixa e, o avanço do mar, inviabilizou empreendimento antes existentes e ameaçam áreas residenciais construídas, conforme **Figura 14**.

**Figura 14 – Representação dos distritos de Caucaia de acordo com o nível de exposição ao risco de regressão da faixa de areia**



Fonte: Adaptado a partir dos dados cedidos pelo IMAC

#### 5.3.3.4 Risco de elevação do nível do mar

Assim como em outras regiões costeiras ao redor do globo, a Caucaia também pode sofrer com a elevação do nível do mar devido ao aquecimento global. De acordo com os dados disponibilizados pelo IMAC, com a estimativa de aquecimento global até 2100 em 1,5°C é esperado uma variação no nível do mar entre 0,26m a 0,77m. Esse fato incorre nas mesmas considerações quanto a regressão da faixa de areia, com a elevação do nível do mar se tem o avanço também da água e, as ocupações próximas a faixa de areia podem ser diretamente impactadas.

### 5.4 Perfil de geração de Gases de Efeito Estufa na Caucaia

A partir das estimativas de emissão do SEEG, foi possível realizar uma análise do perfil de geração de Gases de Efeito Estufa na Caucaia, conforme ilustrado na **Figura 15**.

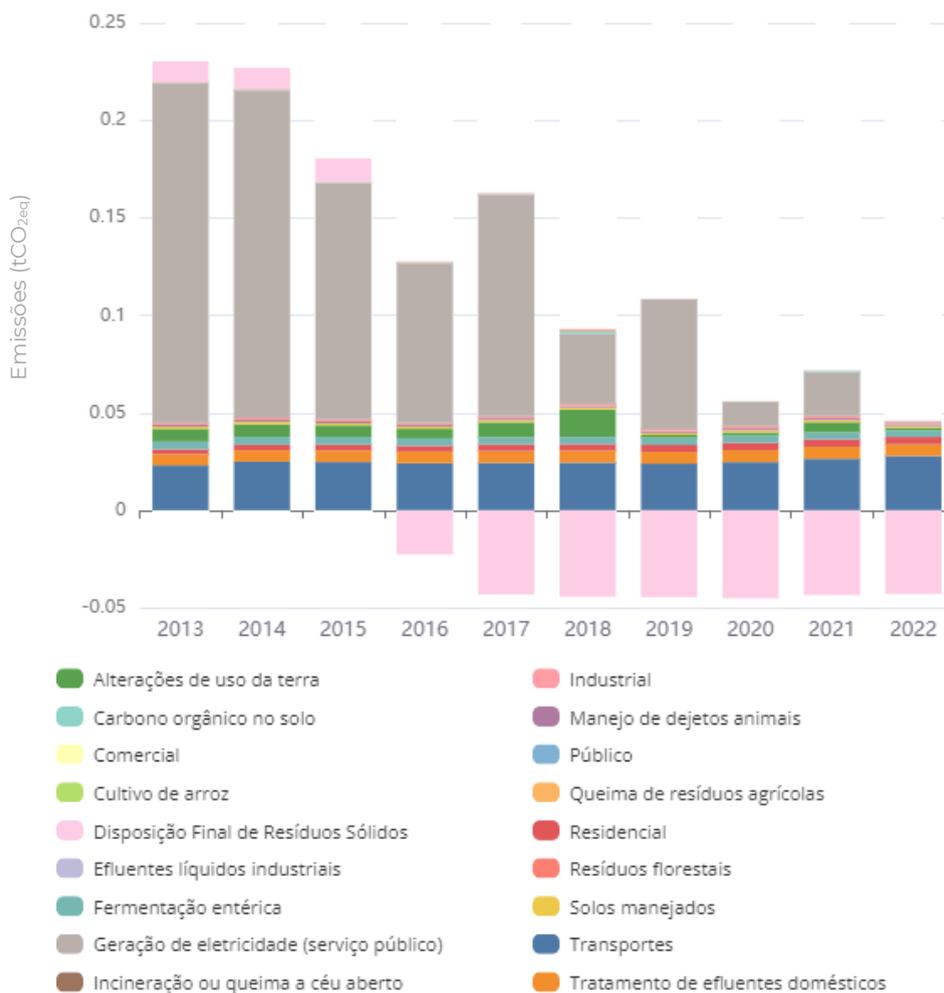
**Figura 15 – Perfil de geração de Gases de Efeito Estufa na Caucaia, por setor**



Fonte: SEEG (2024)

É possível verificar que a expressividade das emissões do município se concentra no setor de energia e isso se repete de modo predominante nos últimos dez anos. Os resíduos contribuem com a remoção de emissões e deve-se a atuação do ASMOC que recebe o descarte dos resíduos urbanos de uma grande parcela da região metropolitana de Fortaleza. O Aterro Sanitário tem função mitigatória das emissões do município, contabilizando por ano a remoção média de aproximadamente 430 ton de  $\text{CO}_{2\text{eq}}$ , fazendo com que Caucaia atingisse em 2022 29,28ton de  $\text{CO}_{2\text{eq}}$  em emissões não mitigadas. A partir da **Figura 16**, é possível confrontar o mesmo resultado observando por categoria.

**Figura 16 - Perfil de geração de Gases de Efeito Estufa na Caucaia, por categoria**



Fonte: SEEG (2024)

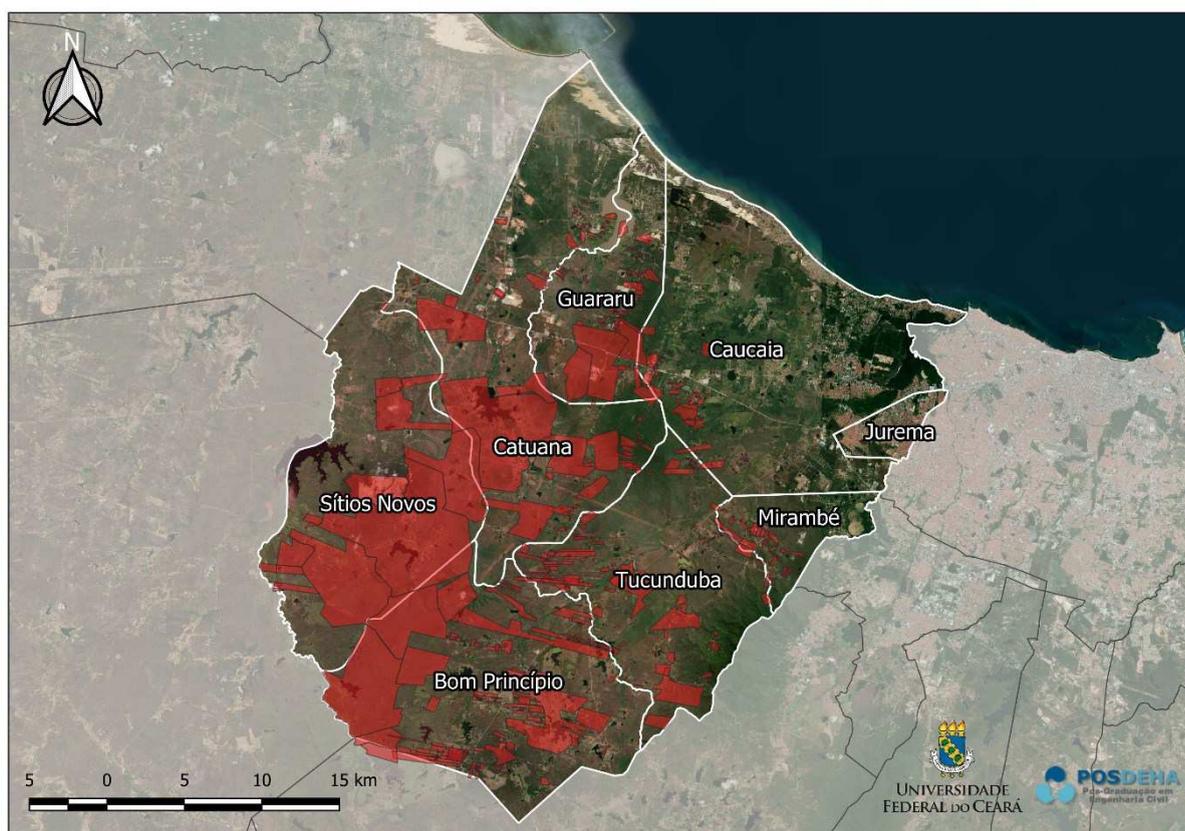
Observando as categorias, nota-se a Geração de Eletricidade e os Transportes como as categorias que expressivamente contribuem com as emissões. Apesar de a Geração de eletricidade ter reduzido suas contribuições nos últimos 03 anos analisados na série histórica.

Devido a sua localização e visando uma política pública mais integrada, assim como um mercado de carbono com amplitude regional, a proximidade da Caucaia com o Porto do Pecém é relevante. Enquanto Caucaia possui 29,28ton de CO<sub>2eq</sub> em emissões não mitigadas, São Gonçalo do Amarante, município sede do Porto do Pecém, possuiu em 2021 4.397.157 ton de CO<sub>2eq</sub> em emissões não mitigadas e 192.399 ton de CO<sub>2eq</sub> em emissões em 2022, tendo como principais categorias Geração de Eletricidade e Transportes. Nesse sentido, é imprescindível pensar em ações e projetos regionais que consigam ter atratividade perante os setores produtivos presentes na região metropolitana e não somente na Caucaia.

### 5.5 Simulação do potencial de captação de G.E.E. na Caucaia/CE

Conforme descrito na metodologia, extraiu-se do Sistema de Cadastramento Rural – SICAR todas as propriedades rurais cadastradas e, considerando a fidedignidade das informações e as dimensões através do *software* QGIS©. Foram listadas 1.491 propriedades em Caucaia, totalizando 32.777,8ha de áreas total passível de reflorestamento, conforme **Figura 17**.

**Figura 17 – Registros de propriedades com Cadastro Ambiental Rural.**



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados disponíveis no SICAR

Conforme descrito no Quadro 1, é possível estimar 8,08 tonCO<sub>2</sub>/ha/ano para recuperação de áreas. E observando a quantidade emissões de GEE da Caucaia a serem mitigadas, um total de 29,28ton de CO<sub>2</sub>eq, para atingir o equilíbrio entre emissão e remoção a recuperação das áreas seria necessária um total de 3,63ha reflorestados, o que representa apenas 0,01% da quantidade total de áreas com cadastro no SICAR localizadas em Caucaia.

Observando principalmente os distritos de Sítios Novos, Catuana, Bom Princípio e Tucunduba que possuem as menores densidades habitacionais e reúnem a maioria das localizações das áreas, se torna uma estratégia relevante para contemplar e integrar com o ambiente privado, principalmente os proprietários dessas áreas. Não obstante, iniciativas como

essa tendem a ter baixa adesividade, no entanto é um valor expressivo com potencial de geração altíssimo, principalmente com vastas áreas de baixa utilização.

### **5.6 Plano de ação para implementação da Política Pública – Programa Cearense de Mitigação das Mudanças Climáticas**

Observando os riscos elencados, o perfil de emissão do município e os potenciais de geração de projetos privados para recuperação de áreas, é possível estabelecer um plano de ação com viabilidade para atuação integrada da Administração Pública, sociedade e setor privado. É importante ressaltar que a atuação em múltiplas frentes em um trabalho integrativo envolvendo todos os setores da sociedade é imprescindível para o efetivo atendimento dos resultados.

Para que o plano de ação ocorra e tenha efetividade e para auxiliar na velocidade de implementação, de capilarização e do atendimento de resultados expressivos em projetos e de iniciativas na região, o incentivo e o impulsionamento do setor público é necessário. Uma vez que a Administração Pública necessitaria assumir o papel de interlocutor, impulsionador e fiscalizador de modo a garantir a difusão dos projetos. Nesse plano de ação, o setor privado é o ator com mais potencial de dar envergadura as iniciativas, ora atuando como promotor e idealizador de projetos e ações de mitigação, ora atuando como fiscalizador acompanhando os demais presentes no setor no atendimento das metas e no desenvolvimento de iniciativas também. A sociedade atua como controle social, monitorando as atividades para que tudo ocorra como se deve e de modo a exigir os resultados quando forem devidos.

Também é necessário construir o processo de modo a fazer um sopesamento de interesses. Conforme observado no levantamento bibliográfico e em diversas iniciativas, quando se prioriza o interesse privado nas relações, comunidades tem o agravamento de desigualdades e, muitas vezes, não se tem o resultado finalístico. Quando se prioriza o interesse social, o projeto tende a não se tornar viável economicamente ou ter envergadura limitada. É preciso encontrar ponto de equilíbrio em que os três atores atuem em conjunto e consonância com seus interesses particulares, tendo em mente também a mitigação dos impactos ambientais.

O plano de ação é dividido em quatro fases: **Alinhamento, Estruturação, Implementação e Avanço**. Cada uma com iniciativas particulares para estabelecer vínculos e procedimentos com resultados reais e factíveis. É preciso entender que nem todas as ações possuirão resultado imediato e que o nível de dedicação e empenho é diverso.

Na fase de **Alinhamento** são estabelecidos os diálogos iniciais assim como envolver os atores nos projetos e nas etapas a serem desenvolvidas. Nesse sentido, identificou

três iniciativas como principais que devem ocorrer de modo a contemplar o maior público possível. Todas as iniciativas são de responsabilidade da Administração Pública para execução, definindo as estratégias necessárias para conseguir reunir o maior público interessado possível assim como também tem a finalidade de amadurecimento das ações o programa, reunindo sugestões, críticas e indicações de priorização.

**Quadro 7 – Iniciativas da Fase de Alinhamento**

INICIATIVA	BENEFÍCIOS	METODOLOGIA ADOTADA
Comunicação e diálogo com o setor privado	Analisar grau de maturidade das empresas envolvidas, assim como identificar quais teriam mais interesse na participação.	Encontros setoriais (comércio, prestação de serviços, indústrias, alimentação, entre outros) reunindo pelo menos 50% das empresas com licenciamento ambiental no município.
Comunicação e diálogo com os povos indígenas, comunidades tradicionais e que residem em áreas de interesse	Identificar lideranças e atores sociais das áreas mais susceptíveis aos riscos ambientais para estabelecer canal de comunicação e parcerias.	Reuniões e visitas nas localidades tanto para inspeção como para contato mais próximo. É relevante que sejam visitados também os grupos indígenas inclusive das etnias ainda não reconhecidas pela FUNAI.
Forúns e encontros para discussão com a sociedade	Oportunizar a contribuição da sociedade, ativistas, intelectuais e demais atores para contribuição com ideias e soluções	Realização de um encontro por distrito do município buscando tratar e discutir especificamente cada realidade. Finalizando com o Fórum Municipal para apresentação e aprovação do Programa

Fonte: Elaboração Própria

A fase de **Alinhamento** adapta os parâmetros do programa a sua execução situacional. É relevante que seja realizada em tempo suficiente para contemplar a participação, a interação e a integração de todos os atores. Não obstante, torna-se necessário ser sucinto e objetivo para que o tempo não disperse os esforços de mobilização. Nesse sentido, a indicação é que seja dedicada a esta etapa um total de 03 meses para garantir a abrangência de todos os povos, setores e territórios.

A fase de **Estruturação** dedica a contemplar as iniciativas do alinhamento e adaptar os planos e os regulamentos necessários, a realidade identificada junto aos atores. A estruturação refere-se ao estabelecimento de regras para definição de metas de redução de emissão para o setor privado, semelhante ao mercado regulado, e alinhando o atendimento das metas a benefícios e descontos em impostos municipais como no IPTU, no ISSQN ou na emissão de alvarás. É preciso compreender não somente o percentual de cada setor nas contribuições de emissão, mas também a envergadura possível para desenvolvimento ou apoio de iniciativas.

Nesse sentido, as ações se converteriam em valores econômicos, semelhantes a uma moeda social, para que as empresas pudessem destinar no abatimento de impostos ou outros benefícios interligados. O município de Salvador, por exemplo, apresenta a iniciativa IPTU Verde que fornece descontos no valor do imposto para as ações que se enquadrarem em determinados critérios, sendo assim, uma fonte motivadora para desenvolvimento de ações. O **Quadro 8** traz os 10 CNAE's mais expressivos no município e quantidade de empresas registradas em Caucaia, a partir de dados fornecidos pelo IMAC.

**Quadro 8 – Quantidade de empresas na Caucaia por CNAE's, com licenciamento ambiental (as 10 maiores)**

DESCRIÇÃO CNAE	TOTAL
<b>TOTAL GERAL</b>	<b>3645</b>
AGRICULTURA, PECUARIA E SERVICOS RELACIONADOS	1099
OUTRAS ATIVIDADES PROFISSIONAIS, CIENTIFICAS E TECNICAS NAO ESPECIFICADAS ANTERIORMENTE	394
CONSTRUCAO DE EDIFICIOS	143
ATIVIDADES PAISAGISTICAS	122
INCORPORACAO DE EMPREENDIMENTOS IMOBILIARIOS	92
ADMINISTRACAO DE OBRAS	89
ADMINISTRACAO PUBLICA EM GERAL	77
COMERCIO VAREJISTA DE GAS LIQUEFEITO DE PETROLEO (GLP)	69
DISTRIBUICAO DE ENERGIA ELETRICA	57
EXTRACAO DE AREIA, CASCALHO OU PEDREGULHO E BENEFICIAMENTO ASSOCIADO	48

Fonte: Dados cedidos pelo IMAC

Compreendendo a realidade da temática, os conhecimentos e as práticas incipientes quanto a mitigação das mudanças climáticas, nota-se que a estruturação deve contemplar metas relacionados a três eixos principais:

1. Monitoramento e inventário das emissões de Gases do Efeito Estufa de cada setor;
2. Estímulo as iniciativas e suporte técnico aos setores;
3. Monitoramento, avaliação e fiscalização das iniciativas.

Ou seja, não se trata somente de metas de redução por si só, mas da determinação de ações integradas as metas de redução que possibilitem a efetiva busca por resultados. Com isso, entende-se três iniciativas como necessárias, conforme descrito no **Quadro 9**.

**Quadro 9 – Iniciativas da fase de Estruturação**

<b>INICIATIVA</b>	<b>BENEFÍCIOS</b>	<b>METODOLOGIA ADOTADA</b>
Análise e estruturação do plano de redução de emissões para elaboração de regulamento quanto as metas	Estabelecer metas de redução que sejam viáveis e que possibilitem a participação das empresas	Encontro técnico da equipe, estabelecendo as metas de redução por setor, podendo ser utilizado uma simplificação por tipo de atividade empresarial para contemplar todos os setores.
Elaboração de regulamentação a luz das informações levantadas nas ações anteriores	Ter regras claras e de simples compreensão para não se torne empecilhos a participação e estabeleça estruturas confiáveis	Encontro técnico da equipe, utilizando como base materiais da EU ETS como documento norteador.
Análise financeira de benefícios	Ter clareza nos benefícios possíveis e viáveis, assim como o seu impacto financeiro imediato	Estimar a quantidade de empresas participantes, assim como o atingimento das suas metas. A partir daí, analisar quanto é possível aferir em descontos, benefícios ou isenções, sem impactar negativamente no orçamento

Fonte: Elaboração Própria

Além disso, é relevante frisar que, além dos benefícios já integrados no programa, como descontos nos impostos municipais, é possível para as empresas utilizarem as iniciativas e as ações realizadas para buscar financiamento no BNDES, como o exemplo da empresa do Crato que obteve resultado em Chamamento Público, além de também vislumbrar as emissões

de créditos de carbono para comercialização, a depender da envergadura das ações desempenhadas.

Não necessariamente, o Programa realizaria o acompanhamento de todas as atividades, fiscalizando e monitorando por si só. O inventário de emissões pode ser indicado como viável a participação das empresas no Programa GHG Brasil da FGV e, estabelecer como meta, a obtenção de pelo menos o selo bronze em um primeiro ciclo. Com isso, é possível propor ações sem necessariamente ter uma equipe com envergadura para realização das atividades, fator que é limitante para a Administração Pública desenvolver as ações.

Tendo a fase de **Estruturação** concluída, a **Implementação** se trata do primeiro ciclo de aplicação do Programa considerando as iniciativas do **Quadro 10**. Entende-se que os ciclos deveriam ter duração de 12 meses e a avaliação ocorrendo ao final de cada período.

**Quadro 10 - Iniciativas da fase de Implementação**

<b>INICIATIVA</b>	<b>BENEFÍCIOS</b>	<b>METODOLOGIA ADOTADA</b>
Plano de integração e parametrização com os padrões internacionais de créditos de carbono para parceria com o Porto do Pecém	Obter apoio e desenvolvimento de projetos em parceria com municípios da região	Ações que possam orientar os setores a desenvolver projetos que conquistem padrões internacionais e, com isso, ser passível de investimento junto as empresas do Porto do Pecém.
Ações voltadas a acompanhamento dos inventários de emissões do setor privado	Monitoramento mais próximo da realidade, atualizando as metas a cada ciclo de modo mais eficiente	Acompanhar trimestralmente, as empresas dos setores que desenvolveram o inventário de emissões de GEE
Desenvolvimento de estrutura que permita o investimento em projetos e a aquisições de créditos de carbono	Rever profissionais e amadurecer o processo com equipe experiente	Utilizar o primeiro ciclo, para desenvolver no Programa estrutura de escritório e recursos para investimento, através de parceria com bancos de financiamento internacionais, nacionais e o setor privado interessado em contribuir
Desenvolvimento de projetos pilotos para	Estimular e impulsionar o desenvolvimento das	Identificar dentre os projetos indicado no item 6.4 do presente estudo ou outra sugestão advinda das demais etapas, o nível

INICIATIVA	BENEFÍCIOS	METODOLOGIA ADOTADA
interação com o setor privado	ações, através de projetos pilotos	de priorização, ou seja, por qual iniciar primeiro. Considerando plano de ação específico para cada caso.
Monitoramento e avaliação	Manter o acompanhamento e atualização dos dados, tendo uma evolução constante a partir dos resultados reais e locais	Encontros trimestrais entre os setores participantes e solicitar o envio de relatórios semestrais, em um primeiro ciclo. No segundo ciclo, dispor de plataforma para que sejam disponibilizados e atualizados com as atividades desempenhadas.

Fonte: Elaboração própria

Com o primeiro ciclo, observação ao final do período, os resultados alcançados analisando como fator predominante a adesão, ou seja, quantos atores realmente participaram durante o ciclo desempenhando os projetos. Em seguida, avaliar se os benefícios cedidos apresentaram atratividade e se foi possível envolver positivamente a sociedade como um todo nas ações.

É relevante ter a validação prática se os resultados foram satisfatórios, para entender se é viável ingressar na fase de **Avanço** com a idealização demais projetos e iniciativas em parceria com o setor privado, organizações sociais e com maior potencial de investimento. É inegável que o fator financeiro é um parâmetro determinante e é preciso visualizar se a abordagem consegue se tornar atrativa aos investidores.

Notadamente, os benefícios ambientais devem ser visualizados a partir da diminuição das emissões de GEE dos setores, assim também como pelos benefícios diretos e indiretos do desenvolvimento do projeto piloto. Também é relevante compreender que o sucesso do programa advém a interrelação entre os atores, conforme demonstrado na **Figura 18**. É preciso sinergia, nem um sozinho nem tampouco todos atuando nos seus espaços. A busca do programa e o seu resultado depende do balanceamento e da interligação dos papéis.

**Figura 18 – Interrelação entre os atores em projeto de Mitigação das Mudanças Climáticas**



Fonte: Elaboração própria

Com isso, é possível estabelecer a atuação de ações com foco na sustentabilidade e na mitigação das mudanças climáticas, se direcionando a iniciativas que se relacionem diretamente com benefícios econômicos, como proposto por Thrennepohl (2022), mas com projetos e instituições confiáveis e que levem em consideração questões sociais e a questão ambiental em si.

### **5.7 Sugestão de aplicação de projetos com potencial de geração de créditos de carbono na Caucaia/CE**

As ações descritas no Programa Cearense de Mitigação das Mudanças Climáticas tem como fundamento a Administração Pública como agente impulsionador, recebendo as demandas na fase de Alinhamento e promovendo a interação necessária entre os atores. Compreendendo a necessidade de viabilizar as primeiras iniciativas, inspirar e criar um ambiente propício a desenvolvimento de soluções, é possível sugerir abordagens relevantes para serem trabalhadas no município exemplo, a Caucaia.

Buscou unir nas sugestões a interação entre os atores, a mitigação dos riscos elencadas, atratividade de investimento e instituições mais solidas. Com isso, foi possível identificar 4 alternativas que podem ser desenvolvidos paralelamente ou por ordem de priorização, sendo elas: Gestão, preservação da APA do Estuário do Rio Ceará; Gestão, preservação, conservação da APA do Lagamar do Rio Cauípe em parceria com o Povo Anacé; Reflorestamento e pagamento por serviços ambientais para áreas de retirada de madeira; e

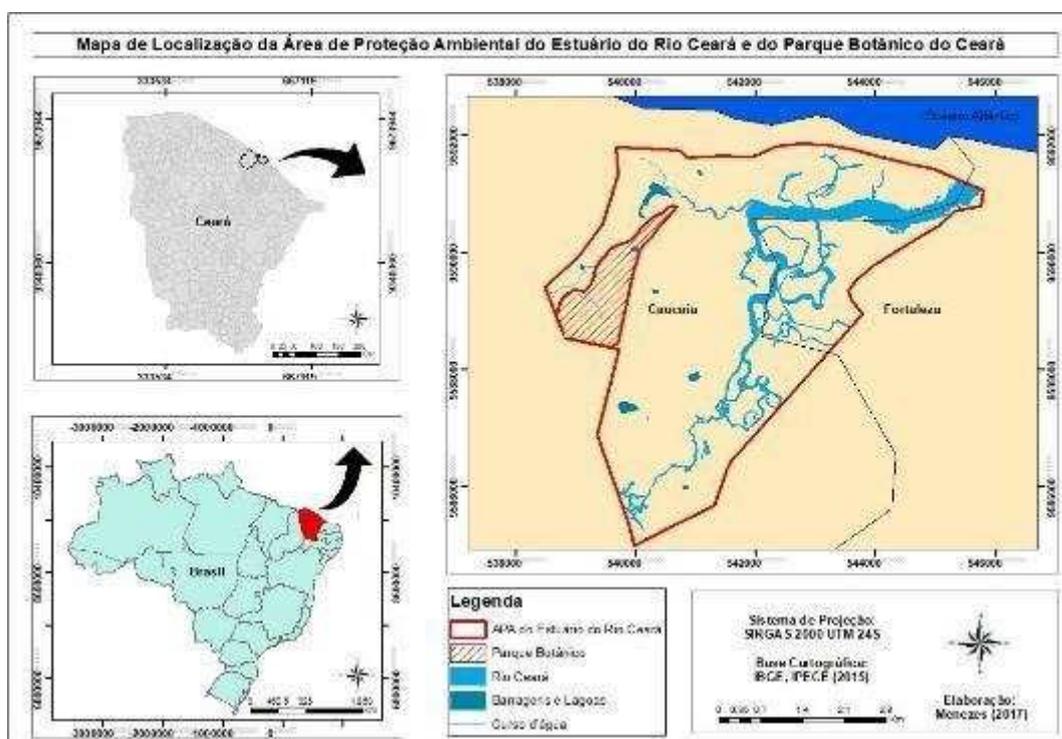
Transição energética dos prédios públicos e veículos automotivos. Fato que não exclui a identificação de outras prioridades, durante a fase de Alinhamento.

### 5.7.1 Gestão, preservação e conservação da APA do Estuário do Rio Ceará

Considerando a experiência descrita no Edital de Chamamento Público nº 02/2023 do Governo do Estado de Amazonas, convocando a iniciativa privada para gestão de parques estaduais através de projetos REDD+, com a possibilidade de exploração em conjunto dos créditos de carbono provenientes dessas atividades, seria a sugestão para desenvolvimento de parque com a APA do Estuário do Rio Ceará.

Apesar de predominantemente estar situado no município da Caucaia, a APA do Estuário do Rio Ceará abrange também Fortaleza. Em sua área, já consta o Parque Botânico do Ceará e contrasta com bairros e localidades urbanas. Sua área é predominantemente de manguezal, sendo possível o desenvolvimento de áreas para Ecoturismo, Extrativismo Vegetal controlado, preservação da biodiversidade, entre outras potencialidades, que são limitadas pela Degradação ambiental, despejo inadequado de esgotos, aterramento e implantação de salinas, conforme observado por Menezes (2019) e demonstrado na **Figura 19**.

**Figura 19 – Localização da APA do Estuário do Rio Ceará**



Fonte: Menezes (2019)

Por responsabilidade da SEMA e sua característica de área estadual, o projeto necessitaria ser desenvolvido em parceria com o Governo do Estado e Prefeitura Municipal de Fortaleza. Com o Edital aberto, buscaria selecionar sugestões de atuação do setor privado para

recuperação do entorno do rio, principalmente das áreas de mangues, buscando a recuperação dessas áreas. Por se tratar de um manguezal, são tidos como projetos de “Carbono Azul” pela sua maior capacidade de remoção GEE, ou seja, em um mesmo tamanho de área é possível promover um maior armazenamento de carbono devido a vegetação e o ambiente úmido, que se comparada com projetos de REDD+ em outras áreas. A Verra (2023) possui uma metodologia específica para quantificação de carbono nesse tipo de território, a *Methodology for Tidal Wetland and Seagrass Restoration* (VM0033) apresentando considerações distintas para cada tipo de captação envolvida no processo. Nesse cenário, a Lei Federal nº 14.590, de 24 de maio de 2023, que alterou o plano de gestão florestal também fundamenta a iniciativa descrita.

A APA possui uma área de 2.744,89ha, tendo tamanho relevante, sendo possível desempenhar uma diversidade de iniciativas para restauração como recuperação do entorno do Rio Ceará, promoção da despoluição do rio em seus trechos, evitar o despejo inadequado de esgoto e resíduos sólidos, dentre outras iniciativas. Para que seja efetivo é relevante que, previamente a veiculação do edital, utiliza-se a modalidade do Dialogo Competitivo previsto na Lei Federal nº 14.133, de 01 de abril de 2021, para discutir as alternativas e soluções com o setor e outros atores sociais para que seja possível obter uma solução suficiente para complexidade do caso.

### ***5.7.2 Gestão, preservação e conservação da APA do Lagamar do Rio Cauípe em parceria com o Povo Anacé***

Distintamente, a APA do Lagamar do Rio Cauípe localiza-se apenas no município da Caucaia com uma área de 1.884,46ha. Destaca-se pela presença de dunas moveis à direita do Rio Cauípe e dunas estáveis à esquerda, além de ser demarcada pelo escoadouro do rio e por uma rica vegetação autóctone, incluindo cajueiros frondosos, muricis, mutambas, pinhões bravos e azeitonas silvestres. Localizada próxima ao Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP) e adjacente à Estação Ecológica do Pecém, o Lagamar do Cauípe é reconhecido como uma área vital para a conservação ambiental da região e serve como um corredor ecológico essencial para a fauna local, que inclui uma variedade de pequenos répteis, mamíferos herbívoros, aves e artrópodes, conforme ilustrado na **Figura 20**.

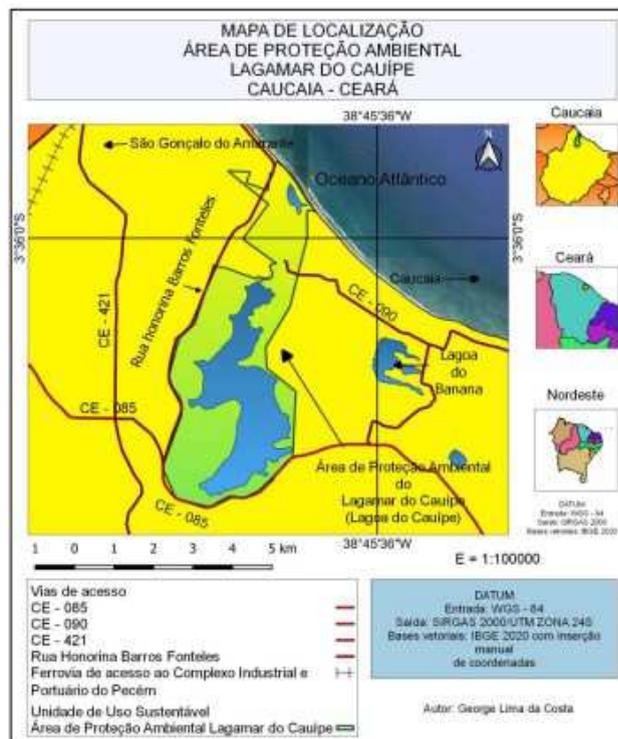
**Figura 20 – APA do Lagamar do Rio Cauípe**



Fonte: SEMA (2024)

O Lagamar do Cauípe também contrasta com a ocupação urbana, tendo áreas residenciais como empreendimentos imobiliários e próximo ao maior hotel da Caucaia, o Vila Gallé. De acordo com os estudos de qualidade de água de Costa, Claudino-Sales e Carvalho (2022), a área sofre com o estresse ambiental da ocupação humana, assim como dos prejuízos decorrentes de sua ocupação, sendo necessário um maior cuidado no uso e ocupação do solo na região, conforme demonstrado na **Figura 21**.

**Figura 21 – Localização da APA do Lagamar do Rio Cauípe**



Fonte: Costa, Claudino-Sales e Carvalho (2022)

É relevante citar que um dos grupos residentes é o Povo Anacé, etnia indígena presente na Caucaia. O Povo Anacé tem luta histórica pela demarcação do território do Lagamar, são pescadores, agricultores e pessoas que retiram seu sustento da APA do Lagamar do Cauípe. O Porto do Pecém capta parte da água que utiliza no Lagamar e isso impacta as comunidades, o que uniu os esforços pela demarcação, pela terra por também um acesso água de qualidade. Na região, residem mais de 10 mil pessoas que buscam essa afirmação, conforme descrito no Instituto Fiocruz (2024).

Nesse sentido, a sugestão tem estruturação semelhante ao proposto para APA do Estuário do Rio Ceará, a distinção se dá na interrelação dos Anacés com o setor privado selecionado. A solução de gestão, conservação e exploração de créditos de carbono da área devem promover a integração e participação dos Anacés, assim como a garantia de direitos básicos de modo a reduzir a desigualdade e os índices de vulnerabilidade social.

Previamente, ainda na fase de Alinhamento é necessário compreender o interesse, a mobilização e abertura para a solução diretamente com as lideranças do povo indígena, assim como compreender a organização atual e como poderia ser feita a relação. O projeto possuiria apelo para investimento tanto pelas áreas de mangue envolvidas como pelo envolvimento direto de uma população indígena. Esse projeto também viabilizaria a demarcação e a permanência do povo no território, podendo ser esse um requisito determinante no processo.

### ***5.7.3 Reflorestamento e pagamento de serviços ambientais para áreas de retirada de madeira***

Nesse cenário, conectaria as áreas levantados pelo SICAR com uma demanda do IMAC. De acordo com os dados levantados pelo IMAC, as áreas de caatinga da Caucaia com forte exploração da vegetação nativa para produção de lenha sem autorização e, por sua vez, essas áreas concentram famílias em situação de vulnerabilidade social que tem nessa sua única fonte de renda. Além disso, existem atravessadores que exploram essas famílias para comercializarem a lenha para restaurantes, padarias, pizzarias e outros estabelecimentos que utilizam para suas atividades.

O objetivo seria desenvolver conscientização e projetos junto aos proprietários das áreas com SICAR para promover o reflorestamento das áreas com viabilidade para tal atividade, integrando as famílias no processo de manutenção e conservação dessas áreas.

Para integração e acompanhamento dessas famílias, seria realizado um programa de extensão para acompanhamento do serviço de extração da lenha. O objetivo seria capacitá-

lo para recuperar as áreas desmatadas e ter controle da retirada da madeira, promovendo com os anos a retirada de madeira apenas reflorestada. Os participantes do programa e a madeira comercializada possuiria uma identificação do Programa Cearense de Mitigação das Mudanças Climáticas, expressando sua origem e as condições de extração.

Para que os estabelecimentos buscassem esse material seria benefícios ou redução dos impostos municipais aplicados a partir da comprovação da utilização dessa lenha específica, sendo adquirida diretamente das famílias do local. Não obstante, devido a o índice de vulnerabilidade social e de motivos escusos ligados a segurança pública é relevante ponderar o plano de ação e sua atuação de modo mais incisivo para que o processo ocorra de modo seguro e com a integração de fato das famílias.

#### ***5.7.4 Transição energética dos prédios públicos e veículos automotivos***

Notadamente, os dois setores com maiores contribuições de emissões devem ser abordados, a geração de energia e os transportes. Com a finalidade de inspirar, impulsionar e criar um ambiente propício para esse tipo de iniciativa, a abordagem seria a Administração Pública da Caucaia promover a transição energética dos prédios públicos e da sua frota através da utilização de energia solar.

Para que se torne viável para a administração devido o alto nível de investimento financeiro tanto para instalação de usinas de energia solar como para substituição por veículos elétricos, seria desenvolver essas ações em parceria com o Setor Privado. O investimento para custeio das instalações seria do setor privado e, ao setor público, caberia a substituição da fonte de energia e o pagamento da energia ao setor privado, podendo ser constituído em um modelo de Parceria Público-Privado (PPP). O município efetuará o retorno do investimento através da receita da Contribuição para o Custeio do Serviço de Iluminação Pública (CIP) através do percentual de 30% destinado a investimento e atuações diversas. Com isso, seria possível promover a substituição da matriz energética dos prédios públicos.

No que diz respeito a frota, seria uma substituição de gastos, ao invés de locação de um veículo tradicional seria optado pela locação de um veículo elétrico que poderia ser abastecido a partir da energia solar gerada na usina. Não obstante, isso representaria uma elevação do gasto imediato da locação pelo elétrico ser de maior valor econômico.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

A partir da análise do plano sugestivo debatido no estudo, constata-se que é factível implementar no Ceará e em seus municípios ações, processos e estruturas voltadas a projetos com a finalidade de ingresso no mercado de créditos de carbono. Tendo a Administração Pública como um agente articulador, é possível buscar e estabelecer estratégias com resultados reais.

É relevante ressaltar as limitações das análises realizadas e das propostas feitas nesse estudo, pela ausência de ações práticas e de modulações para experimentação, não obstante, nota-se que os resultados apresentados e as possibilidades indicadas fundamentam a viabilidade operacional, técnica e econômica de implementação do plano sugestivo apresentado como uma ferramenta de desenvolvimento econômico local e de mitigação dos impactos das mudanças climáticas.

Comprovando também a necessidade de interlocução entre diferentes atores e interesses para que se tenha a implementação e a obtenção de resultados reais com foco em sustentabilidade, ressaltando que não se trata assim, apenas de questões ambientais por si só, mas que necessitam de estratégias de gestão, processos, governança, ações sociais, véis econômico, dentre outros vetores e eixos de conhecimento.

Demonstra-se que é plausível a implementação da política com ações integrativas utilizando mecanismos financeiros para impulsionar ações, projetos e iniciativas ambientais, balizando questões sociais, históricas e culturais para garantir a manutenção e a conquista de outras necessidades, como é o caso da sugestão envolvendo as comunidades indígenas. Ao passo que os projetos pudessem ser desenvolvidos em conjunto, haveria um sopesamento de interesses e um acesso, mesmo que mínimo, a direitos básicos e ao principal reivindicado, que é o direito a terra e a moradia digna.

Além disso, é relevante entender a iniciativa em uma perspectiva de prospecção nacional e mundial. Ainda é incipiente ações, projetos ou iniciativas com foco no enfrentamento as mudanças climáticas, principalmente com forte atuação e participação do poder público. Isso representa um valor para o município que o protagonize, por gerar projeção nacional e internacional e, com isso, apresentar um ganho reputacional e de atratividade para investimentos. Tendo um efeito em cadeia também para plena efetivação do plano de ação, ao passo que fossem investidos mais recursos no desenvolvimento de iniciativas.

Notoriamente, o pioneirismo apresenta seus obstáculos, porém, é possível afirmar que a metodologia aplicada nesse estudo para desenvolver o plano de implementação e identificar ações viáveis apresenta certa simplicidade e com plena replicação para demais

municípios. Nesse sentido, reforça-se a possibilidade e a viabilidade de desenvolvimento do projeto em parceria com o Governo do Estado, uma vez que o projeto poderia se tornar um piloto a ser replicado em demais localidades aproveitando as particularidades para impulsionamento de iniciativas distintas como nos municípios de Itarema ou Pereiro, com forte geração de energia eólica, poderiam ter outras estratégias, assim como municípios no sertão apresentam potencial para geração de energia solar, ou na região do Cariri Cearense com a Floresta Nacional do Araripe.

Recomenda-se, no entanto, que seja realizada amostragem in locode áreas para compreender a formação vegetal presente na região e ter a aferição do potencial de retenção de carbono de modo mais assertivo e próximo do real, visto que foi uma das simplificações do referido estudo.

Por fim, entende-se que o estudo necessitaria avançar para o desdobramento das iniciativas em um plano de ação mais detalhado com a definição de responsabilidade e cronograma de atuação, assim como orçamento necessário para o seu desenvolvimento. Além disso, a criação de indicadores para garantir um monitoramento e uma avaliação assertiva, garantindo o andamento das atividades.

## REFERÊNCIAS

ALVES, Ana Luisa. O Pós-acordo de Paris e a crise do desenvolvimento: porque os países emergentes devem assumir maior responsabilidade nas ações climáticas. **Cadernos Eletrônicos Direito Internacional Sem Fronteiras**, v. 2, n. 2, p. 1-19, 19 out. 2020. Zenodo. <http://dx.doi.org/10.5281/ZENODO.4106641>.

AMAZONAS. GOVERNO DO ESTADO DO AMAZONAS. **Sema prorroga edital para envio de propostas de projetos de REDD+ para Unidades de Conservação**. Disponível em: <https://meioambiente.am.gov.br/sema-prorroga-edital-para-envio-de-propostas-de-projetos-de-redd-para-unidades-de-conservacao/>. Acesso em: 02 fev. 2024.

ARAUJO, Julia Nardi de; ABBADE, Katherine Macarroni. A efetividade do Acordo de Paris frente ao acordo de livre-comércio do Mercosul e da União Europeia. **Revista do Programa de Direito da União Europeia**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 25-38, mar. 2021.

ARBACHE, J., GENUA, G., VIGNATI, F., LARREA, N., FREGOSI, A., LEBRE LA ROVERE (consultor), E. **Diagnóstico del mercado de crédito de carbono en América Latina y el Caribe**, 1.ed. Caracas: CAF, 2022, 52 p.

ASA BRASIL. **Caatinga na era dos Créditos de Carbono**. 2022. Disponível em: <https://www.asabrasil.org.br/26-noticias/ultimas-noticias/1587-edital-de-convocacao-da-assembleia-geral-extraordinaria-da-ap1mc>. Acesso em: 13 nov. 2023.

BASTOS, Pedro Paulo Zahluth. **Fundo Amazônia e Desenvolvimento Socioambiental Inclusivo: problemas e recomendações**. 2022. Disponível em: <https://www.eco.unicamp.br>. Acesso em: 30 ago. 2023.

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento. **Painel NDC: nossa contribuição para as metas de redução de emissões do Brasil**. nossa contribuição para as metas de redução de emissões do Brasil. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/desenvolvimento-sustentavel/resultados/emissoes-evitadas>. Acesso em: 30 ago. 2023.

BRASIL. Governo Federal. **Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada** para consecução do objetivo da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Brasília: Governo Federal, 2016. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/clima/grupo-executivo-sobre-mudanca-do-clima/grupo-executivo-sobre-mudan%C3%A7as-clim%C3%A1ticas/item/10570-indc-contribui%C3%A7%C3%A3o-nacionalmente-determinada.html>. Acesso em: 30 ago. 2023.

BRASIL. Secretaria de Controle Externo da Administração do Estado - Secex Administração. Tribunal de Contas da União (org.). **Referencial básico de Governança Organizacional: para organizações públicas e outros entes federativos ao TCU**. 3. ed. Brasília: Tribunal de Contas da União, 2020. 242 p.

BRASIL. Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. **Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências**. Brasília, 29 dezembro 2009.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre a Proteção da Vegetação Nativa; Altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de Dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de Dezembro de 2006; Revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de Setembro de 1965, e 7.754, de 14 de Abril de 1989, e a Medida Provisória Nº 2.166-67, de 24 de Agosto de 2001; e dá Outras Providências.** Brasília, 25 maio 2012.

BRASIL. Lei nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021. **Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais; e altera as Leis nº 8.212, de 24 de julho de 1991, 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973, para adequá-las à nova política.** Brasília, 13 janeiro 2021.

BRASIL. Lei nº 14.133, de 01 de abril de 2021. **Lei de Licitações e Contratos Administrativos.** Brasília, 01 abril 2021.

BRASIL. Lei nº 14.590, de 24 de maio de 2023. **Altera a Lei nº 11.284, de 2 de março de 2006, que dispõe sobre a gestão de florestas públicas para a produção sustentável, a Lei nº 11.516, de 28 de agosto de 2007, que dispõe sobre a criação do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, e a Lei nº 12.114, de 9 de dezembro de 2009, que cria o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima.** Brasília, 24 maio 2023.

CEARÁ. SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE. (org.). **Unidades de Conservação do estado do Ceará. Fortaleza: Governo do Estado do Ceará, 2018. 56 p.** Disponível em: <https://www.sema.ce.gov.br/unidades-de-conservacao-2/>. Acesso em: 10 mar. 2024.  
CEARÁ. MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DO CEARÁ. **Áreas protegidas.** Disponível em: <https://www.mpce.mp.br/institucional/centros-de-apoio-operacionais/caomace/areas-protegidas/>. Acesso em: 10 mar. 2024.

Cooperação Alemanha-Brasil (org.). **Como implementar as recomendações da Força-Tarefa para divulgações financeiras relacionadas às mudanças climáticas.** Disponível em: <https://labinovacaofinanceira.com/2020/05/15/como-implementar-as-recomendacoes-da-forca-tarefa-para-divulgacoes-financeiras-relacionadas-as-mudancas-climaticas/>. Acesso em: 05 fev. 2024.

COSTA, George Lima da; CLAUDINO-SALES, Vanda; CARVALHO, Alexandre Medeiros de. **QUALIDADE DAS ÁGUAS DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO LAGAMAR DO CAUÍPE, CAUCAIA – CE. Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS), Sobral, v. 24, n. 1, p. 114-131, 30 nov. 2022. Revista da Casa da Geografia de Sobral.** <http://dx.doi.org/10.35701/rcgs.v24.850>.

CRUZ, André Barbosa da; PAZINATO, Liane Francisca Hüning. **A BUSCA PELO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA NOVA LEI DE LICITAÇÕES E CONTRATOS ADMINISTRATIVOS – LEI No. 14.133/2021. Revista de Direito Administrativo e Gestão Pública, v. 8, n. 2, p. 18-38, 25 maio 2023. Conselho Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Direito - CONPEDI.** <http://dx.doi.org/10.26668/indexlawjournals/2526-0073/2022.v8i2.9184>.

DENG, Zhu; CIAIS, Philippe; TZOMPA-SOSA, Zitely A.; SAUNOIS, Marielle; QIU, Chunjing; TAN, Chang; SUN, Taochun; KE, Piyu; CUI, Yanan; TANAKA, Katsumasa; LIN, Xin; THOMPSON, Rona L.; TIAN, Hanqin; YAO, Yuanzhi; HUANG, Yuanyuan; LAUERWALD, Ronny; JAIN, Atul K.; BASTOS, Ana; SLITCH, Stephen; PALMER, Paul

J.; LAUVAUX, Thoma; D'ASPREMONT, Alexandre; GIRON, Clément; BENOLT, Antoine; POULTER, Benjamin; CHANG, Jinfeng; PETRESCU, Ana Maria Roxana; DAVIS, Steven J.; LIU, Zhu; GRASSI, Giacomo; ALBERGEL, Clément; TUBIELLO, Francesco N.; PERUGINI, Lucia; PETERS, Wouter; CHEVALIER, Frédéric. Comparing national greenhouse gas budgets reported in UNFCCC inventories against atmospheric inversions. **Earth System Science Data**, [S.L.], v. 14, n. 4, p. 1639-1675, 11 abr. 2022. Copernicus GmbH. <http://dx.doi.org/10.5194/essd-14-1639-2022>.

DIAS, Thiago dos Santos. A conferência de Estocolmo - 1972 para política externa e ambiental do Brasil. **Revista Eletrônica da Faculdade de Direito de Franca**, Franca, v. 17, n. 1, p. 51-70, jun. 2022.

DIÁRIO DO NORDESTE. **Ceará perdeu mais de 40 mil empresas do setor industrial nos últimos 5 anos**. 2023. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/negocios/ceara-perdeu-mais-de-40-mil-empresas-do-setor-industrial-nos-ultimos-5-anos-1.3338388>. Acesso em: 10 mar. 2024.

EAESP, Centro de Estudos em Sustentabilidade da Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas (org.). **Registro Público de Emissões**. Disponível em: <https://registropublicodeemissoes.fgv.br/>. Acesso em: 04 mar. 2024.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. CENTRO DE ESTUDOS EM SUSTENTABILIDADE DA EAESP (org.). **Guia para a elaboração de inventários corporativos de emissões de gases do efeito estufa**. São Paulo: Fgv, 2009. 24 p. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/proclima>. Acesso em: 06 fev. 2024.

GLOBAL CARBON CONCUIL (org.). **Framework Manual**. Disponível em: <https://www.globalcarboncouncil.com/>. Acesso em: 05 ago. 2023.

GONZALES-IWANCIW, Javier; KARLSSON-VINKHUYZEN, Sylvia; DEWULF, Art. How does the UNFCCC enable multi-level learning for the governance of adaptation? **International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics**, v. 23, n. 1, p. 1-25, 11 fev. 2023. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10784-023-09591-0>.

HORST, Diogo José; ANDRADE JÚNIOR, Pedro Paulo de. Uma revisão sistemática sobre os mecanismos de monitoramento e captura, regulação de emissões e créditos de carbono. **Energías Renovables y Medio Ambiente**, v. 45, n. 1, p. 51-62, jul. 2020.

ICROA - International Carbon Reduction & Offsetting Accreditation. **ICROA Code**. Disponível em: <https://icroa.org/icroa-code-of-best-practice/>. Acesso em: 30 ago. 2023.

INSTITUTO FIOCRUZ. **Luta pela demarcação do território e preservação do Lagamar do Cauípe**. Disponível em: <https://ceara.fiocruz.br/participatorio/experiencia/luta-pela-demarcacao-do-territorio-e-preservacao-da-lagamar-do-caiupe/#:~:text=Ind%C3%ADgenas%20Anac%C3%A9%20pescadores%20agricultores%20e,acesso%20%C3%A0%20%C3%A1gua%20de%20qualidade..> Acesso em: 02 fev. 2024.

**KYOTO PROTOCOL** to the United Nations Framework Convention on Climate Change. Kyoto, 1997. Disponível em: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>. Acesso em 01 de maio de 2023.

MARCOVITCH, Jacques; PINSKY, Vanessa C. Um retrato da Amazônia planetária. **Revista de Estudos Brasileños**, v. 6, n. 11, p. 169-183, jan. 2019.

ENEZES, Karinne Wendy Santos de. ANÁLISE DA CAPACIDADE DE SUPORTE EM ÁREAS PROTEGIDAS: a área de proteção ambiental do Estuário do rio Ceará e o Parque Botânico do Ceará, Fortaleza/CE. **Planeta Amazônia: Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas**, Macapá, v. 1, n. 10, p. 23-34, 20 ago. 2019. Universidade Federal do Amapá. <http://dx.doi.org/10.18468/planetaamazonia.2018n10.p23-34>.

NUNES, Matheus Simões. O Brasil no Acordo de Paris sobre Mudanças Climáticas um estudo sobre o cumprimento das metas de redução de emissões no setor de energia. In: NUNES, Matheus Simões. **Estudos em Direito Ambiental: desenvolvimento, desastres e regulação**. Campina Grande: Editora Licuri, 2022. p. 1-47. DOI: <https://doi.org/10.58203/Licuri.83841>.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. **Plataforma SEEG**. 2024. Disponível em: <https://plataforma.seeg.eco.br/>. Acesso em: 10 mar. 2024.

OLIVEIRA, Yandra Patrícia Lima de. Desafios do Mercado de Carbono após o Acordo de Paris: uma revisão. **Meio Ambiente (Brasil)**, v. 4, n. 1, p. 2-20, jan. 2022.

PAIVA, Danielle Soares; FERNANDEZ, Luz Garcia; VENTURA, Andréa Cardoso; ALVAREZ, Guineverre; ANDRADE, José Célio Silveira. Mercado Voluntário de Carbono: análises de cobenefícios de projetos brasileiros. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 19, n. 1, p. 45-64, fev. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1982-7849rac20151240>.

**PARIS AGREEMENT**. Paris, 2015. Disponível em: [https://unfccc.int/files/essential\\_background/convention/application/pdf/english\\_paris\\_agreement.pdf](https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf). Acesso em 01 de maio de 2023.

PLATAFORMA LATINO-AMERICANA E CARIBE DE JUSTIÇA CLIMÁTICA (org.). **Glossário da Justiça Climática**. Disponível em: <https://www.flacsi.net/>. Acesso em: 02 fev. 2024.

RIBEIRO, Luiz Gustavo Gonçalves; SILVA, Luís Eduardo Gomes. A conferência de Estocolmo de 1972 e sua influência nas constituições latinoamericanas. **Revista do Direito Público**, Londrina, v. 14, n. 2, p. 109-135, ago. 2019.

SILVA, Edilaine da; IEMBO, Flávia Aparecida; TURRISI, Diego Augusto. Nova Lei de Licitações e Contratos: benefícios advindos com a atualização normativa. **Revista Interciência**, Catanduva, v. 1, n. 10, p. 70-79, dez. 2022.

SILVA, William Tayt-Son da; MENDONÇA, Débora Lubrano de. As possíveis punições por descumprimento do Acordo de Paris e Normas Ambientais: um estudo sobre as queimadas da Amazônia. **Revista Unifeso: Caderno de Direito**, Teresopólis, v. 4, n. 1, p. 52-73, jan. 2002.

SILVEIRA, Caroline Soares da; OLIVEIRA, Leticia de. Análise do mercado de carbono no Brasil: histórico e desenvolvimento. **Novos Cadernos NAEA**, Belém, v. 24, n. 3, p. 11-31, 23 dez. 2021. Universidade Federal do Para. <http://dx.doi.org/10.18542/ncn.v24i3.9354>.

TOLDA, Canoa de. **Mercado de carbono impulsiona conservação de manguezais**. 2019. Disponível em: <https://canoadetolda.org.br/noticias/2019/07/27/mercado-de-carbono-impulsiona-conservacao-de-manguezais-no-quenia/>. Acesso em: 13 nov. 2023.

TRENNEPOHL, Natascha. **Mercado de Carbono e Sustentabilidade**. 1. ed. São Paulo: Saraiva Jur, 2022. v. 1p. 232

União Europeia (org.). **Redução das emissões de carbono**: objetivos e políticas da união europeia. objetivos e políticas da União Europeia. 2018. Disponível em: <https://www.europarl.europa.eu/topics/pt/article/20180305STO99003/reducao-das-emissoes-de-carbono-metas-e-politicas-da-ue#:~:text=Regula%20perto%20de%2040%25%20das,regime%20em%20abril%20de%202023.%20Acesso%20em%2006%20mar.%202023>. Acesso em: 03 fev. 2024.

União Europeia. **Regulation (EU) 2023/1115 of the European Parliament and of the Council of 31 May 2023 on the making available on the Union market and the export from the Union of certain commodities and products associated with deforestation and forest degradation and repealing Regulation (EU) No 995/2010**. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX:32023R1115>. Acesso em: 02 fev. 2024.

VARGAS, Daniel Barcelos; DELAZERI, Linda Márcia Mendes; FERREIRA, Vinícius Hector Pires. **O avanço do mercado voluntário de carbono no Brasil**: desafios estruturais, técnicos e científicos. São Paulo: Fundação Getulio Vargas, 2022. 26 p.

VERRA (org.). **Verified Carbon Standard (VCS) Program**. Disponível em: <https://verra.org/>. Acesso em: 05 ago. 2023.