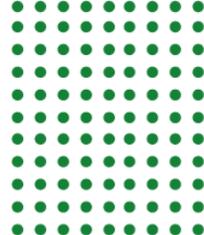


ROADMAP DO MERCADO DE CARBONO





Governador do Estado do Ceará

Elmano de Freitas da Costa

Secretaria do Meio Ambiente e Mudança do Clima - SEMA

Vilma Maria Freire dos Anjos

Secretário Executivo de Planejamento e Gestão Interna

Gustavo de Alencar e Vicentino

Secretário Executivo

Fernando Faria Bezerra

Coordenador de Desenvolvimento Sustentável

Wellington Ribeiro

Equipe de Acompanhamento e Elaboração: Equipe SEMA

Magda Marinho Braga – Gestora Ambiental/CODES

Mônica Carvalho Freitas - Gestora Ambiental/COBIO

Wersângela Cunha Duavi – Oceanógrafa/CODES

Viviane Gomes Monte - Engenheira Agrônoma/CODES

Aline Parente Oliveira - Geógrafa/CODES

Lucas Peixoto Teixeira – Cientista Ambiental/COBIO

José Wanderley Augusto Guimarães – CODES

Maria Rociclez Salvino Silveira – CODES

Programa Cientista Chefe do Meio Ambiente

Luís Ernesto Arruda Bezerra - Coordenador Geral

Tarin Cristino Frota Mont'Alverne - Coordenadora do Projeto

Julia Motte-Baumvol – Vice-Coordenadora do Projeto

Equipe de Pesquisadores do Projeto Estratégias de Resiliência

à Mudança do Clima no Estado do Ceará

Paulo Augusto Carlos Monteiro Filho

Antônio Lucas dos Santos da Mata

Marcelo de Oliveira Soares

Gabriel Nuto Nóbrega

Cléa Minhoto

Yushu Ji

ROADMAP DO MERCADO DE CARBONO



CIENTISTA-CHEFE MEIO AMBIENTE: CIÊNCIA E INOVAÇÃO EM POLÍTICAS PÚBLICAS PROJETO “ESTRATÉGIAS DE RESILIÊNCIA À MUDANÇA DO CLIMA DO ESTADO DO CEARÁ: INOVAÇÃO ÀS POLÍTICAS PÚBLICAS ESTADUAIS DE ADAPTAÇÃO E MITIGAÇÃO DOS IMPACTOS CLIMÁTICOS

Coordenação do projeto:

Profa. Dra. Tarin Cristino Frota Mont’Alverne

Professora – Universidade Federal do Ceará (UFC)

Faculdade de Direito da Universidade Federal do Ceará (UFC), Bolsista PQ 2 CNPq

E-mail: tarinfmontalverne@yahoo.com.br

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3890234334285222>

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3824-6666>

Profa. Dra. Julia Motte-Baumvol

Professora – Université Paris Cité

Faculté de droit, gestion et économie (Université Paris Cité)

E-mail: julia.mottebaumvol@gmail.com

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5572615263665896>

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9599-2254>

Equipe de pesquisadores:

Antônio Lucas dos Santos da Mata

Paulo Augusto Carlos Monteiro Filho

Marcelo de Oliveira Soares

Gabriel Nuto Nóbrega

Yushu Jin

Cléa Minhoto



APRESENTAÇÃO

O Roadmap do Mercado de Carbono é resultado de uma pesquisa feita pelo Programa Cientista-Chefe do Meio Ambiente no âmbito do projeto “Estratégias de Resiliência à Mudança do Clima do Estado do Ceará”, sob a gestão da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) e a Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Mudança do Clima (SEMA).

O objetivo do projeto é dar subsídios ao governo do Estado do Ceará no processo de criação e implementação de políticas públicas voltadas à mitigação e adaptação aos efeitos das mudanças climáticas. Nessa missão, o projeto conta com um time interdisciplinar e com diferentes abordagens para o desenvolvimento de instrumentos imprescindíveis ao estabelecimento de um sistema regional sólido e robusto de mitigação e adaptação às mudanças climáticas. Por se tratar de uma iniciativa inovadora, os produtos obtidos da conclusão do projeto buscam fornecer fundamentos concretos para a elaboração dos documentos que irão embasar e estruturar políticas públicas estratégicas no combate às mudanças do clima, a exemplo da Política Estadual de Pagamentos por Serviços Ambientais – PSA e do Plano ABC+, ambos concluídos no primeiro semestre de 2023.

Os mercados de carbono são reconhecidos como instrumentos eficazes para a mitigação das mudanças climáticas, pois promovem uma elevada redução nas emissões de gases de efeito estufa (GEE) a um custo relativamente baixo para as partes envolvidas. Amplamente debatido na década de 90, o tema do mercado de carbono voltou a ter destaque recentemente após a assinatura do Acordo de Paris e as conseqüentes modificações que este impôs ao então mercado internacional implementado no Protocolo Quioto. No Brasil,

o tema vem sendo debatido com fervor devido à iminente aprovação do denominado Mercado Brasileiro de Redução de Emissões, que pretende revolucionar a forma como o governo brasileiro responsabiliza os setores altamente emissores no país.

Frente a esse cenário internacional e nacional, torna-se incontornável a necessidade de estudar e debater o tema em nível estadual. Com o destacado aumento da participação das esferas subnacionais no âmbito das discussões sobre mudanças climáticas, governos estaduais puderam destravar oportunidades que até então só estavam disponíveis para as esferas nacionais; uma destas oportunidades, sem dúvidas, é a participação nos mercados de carbono internacionais e voluntários.

Tendo em vista as oportunidades que advêm desses mercados, coube ao mencionado projeto analisar o potencial do Ceará para a formulação e futura implementação de políticas públicas que fomentem a geração e posterior transação de créditos de carbono nos mercados de carbono, logo, diversificando as estratégias mitigatórias do Estado do Ceará em prol do seu objetivo de atingir uma neutralidade de emissões em 2050.



OBJETIVOS

Objetivo geral

O objetivo geral do Roadmap do Mercado de Carbono é servir de instrumento teórico e prático ao Governo do Estado do Ceará para a elaboração de políticas públicas sobre o tema do mercado de carbono em um cenário de neutralidade carbono até 2050.

Objetivos específicos

- Compreender os principais mecanismos de precificação de carbono e a tipologia dos mercados de carbono (Mercados Internacionais; Sistemas de Comércio de Emissões e Mercado Voluntário);
- Analisar e comparar os Sistemas de Comércio de Emissões existentes nos três principais emissores mundiais (Europa; Estados Unidos e China) e as recentes tratativas para a regulamentação de um mercado de carbono regulado no Brasil (Mercado Brasileiro de Redução de Emissões – MBRE);
- Analisar e comparar as melhores práticas dos agentes subnacionais brasileiros na gestão de créditos de carbono decorrentes de suas atividades ambientais e consequente participação nos mercados voluntários e internacionais;
- Identificar o cenário atual de emissões de GEE no Estado do Ceará para então definir as potências e as oportunidades de geração de crédito de carbono em três setores econômicos estratégicos do Ceará: Energia; Indústria e Florestas e Mudança do Uso da Terra;
- Instrumentalizar o estado para uma futura comercialização de créditos de carbono, traçando recomendações ao Governo do Estado do Ceará para que este consiga aproveitar as potencialidades encontradas e iniciar um processo político e regulatório de inserção nos mercados de carbono.



ROTA DE INSERÇÃO DO CEARÁ NOS MERCADOS DE CARBONO

Principais recomendações em um horizonte 2050

Curto Prazo

Até 2025

- Capacitar os profissionais do estado sobre os instrumentos de precificação de carbono, dentre eles os mercados de carbono;
- Acompanhar o desenrolar das negociações do Artigo 6 do Acordo de Paris por meio de participação ativa nas Conferências das Partes (COP) da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima – UNFCCC (Ver Capítulo 1);
- Acompanhar as negociações no Congresso Nacional (PL nº412/2021 e PL nº 528/2021) em torno da regulamentação de um Sistema de Comércio de Emissões (SCE) no Brasil, denominado Mercado Brasileiro de Comércio de Emissões – MBRE (Ver Capítulo 2);
- Considerar a criação de um conselho ou corpo técnico para estudar a viabilidade de participação do Estado do Ceará nos mercados privados de compensação enquanto negociador ativo de créditos de carbono (Ver Capítulo 3);
- Realizar um diagnóstico setorial das emissões de GEE do Estado por meio da elaboração de um Inventário Estadual de Emissões de Carbono;
- Continuar incentivando projetos e estratégias de baixo carbono no Estado, buscando adequá-las aos padrões aplicados pelos principais standards de carbono do Mercado Voluntário (Ver tópico 3.1);
- A implementação da Política Estadual de sobre Serviços Ambientais e Ecosistêmicos do Ceará (PSA) visando a comercialização dos ativos ambientais decorrentes da redução e/ou sequestro de emissões de GEE no Estado;
- Organizar e incentivar espaços de discussão e feiras de empreendimento que aproximem desenvolvedores de projetos no Ceará e investidores nacionais e internacionais, visando a incentivar implementação de novos projetos de energias renováveis no estado;
- Dialogar com projetos e programas nacionais que fomentem a eletromobilidade no país, buscando assim alinhar diretivas, encontrar novos desenvolvedores de projetos e estabelecer parcerias estratégias para posterior inserção no mercado de compensação (Ver tópico 4.1);

- Continuar acompanhando os projetos sobre a instalação de eólicas offshores no litoral cearense, verificando sobretudo os impactos sociais e o potencial mitigatório desses empreendimentos (Ver tópico 4.2);
- Dialogar com a indústria cimenteira e a indústria metalúrgica no Estado sobre projetos de eficiência energética e a geração de créditos de carbono no Mercado Voluntário (Ver Capítulo 5);
- Acompanhar a implementação de políticas e planos setoriais voltados à uma agropecuária de baixo carbono, a exemplo da nova fase do Plano ABC+ Ceará;
- Buscar se inserir no debate nacional de projetos NBS e REDD+, sobretudo junto de Estados da Região Norte do país.

Médio Prazo

Até 2030

- Elaborar políticas e programas de incentivo à projetos de baixo carbono em setores estratégicos do Estado (Energia, Indústria, Floresta e Uso da Terra), valendo-se de metodologias reconhecidas de redução e sequestro de emissões no mercado;
- Considerar a modificação da Política Estadual sobre Mudanças Climáticas visando a inserção em seus instrumentos econômicos da promoção dos créditos de carbono enquanto fonte de recursos para financiamento das atividades climáticas e ambientais no estado;
- Investir em pesquisa e em tecnologias de mensuração de emissões e captura de carbono nos solos dos principais biomas e florestas cearenses, sobretudo na caatinga e nas áreas de manguezais;
- Incentivar o uso de biomassa renovável por meio de políticas de substituição energética e acompanhar o impacto dessas iniciativas na redução de emissões de GEE.

Longo Prazo

Até 2050

- Considerar a criação e a implementação de um Mercado Estadual de Carbono, estruturando comitês técnicos junto das secretarias do governo para estudar a viabilidade do projeto, designar o escopo do mercado e os setores a serem regulados (ver 2.1);
- Nos moldes do Conselho de Recursos Aéreos da Califórnia – CARB existente no

Mercado de Carbono da Califórnia (Ver 2.2.2), o Estado do Ceará poderá criar igualmente uma autoridade ou conselho estadual para administrar o registro, a expedição e a venda dos créditos de carbono produzidos no Ceará no âmbito do mercado regulado estadual;

- Fomentar a inovação tecnológica da indústria cearense e incentivar projetos que reduzam a emissão de GEE nos estabelecimentos industriais, sobretudo projetos que promovam uma maior eficiência energética dos processos e combustíveis utilizados;
- Fortalecer a gestão e monitoramento das emissões de GEE provenientes do setor industrial;
- Continuar a implementação da Política Estadual de Transição Energética Justa (Decreto nº 34.733) visando fortalecer a matriz energética de baixo carbono no Estado e descarbonizar a economia cearense, criando assim um ambiente propício a projetos aptos a se beneficiarem dos mecanismos do Artigo 6 e de uma futura regulamentação nacional;
- Seguir fomentando projetos que incentivem produção de energias renováveis, sobretudo projetos de produção de Hidrogênio Verde, pois em breve novas metodologias e padrões de certificação para esse tipo de projeto serão disponibilizadas pela Verra e Gold Standard (Ver tópico 4.2);
- Continuar mapeando e buscar acompanhar projetos NBS/REDD+ sendo desenvolvidos no Estado e com registro ativo ou pendentes de aprovação no mercado voluntário;
- Ampliar o investimento nos serviços ecossistêmicos em áreas de manguezais, marismas e pradarias do Estado (e.g. proteção contra erosão costeira, aprimoramento da pesca, qualidade da água, proteção da biodiversidade).

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
------------------	----

Os mecanismos de troca de carbono como solução viável à descarbonização do Estado do Ceará

PARTE I - Tipologia dos mercados de carbono.....	19
---	-----------

1. Mercados internacionais de carbono.....	22
---	-----------

1.1. O Protocolo de Quioto e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL).....	23
--	----

1.2. Acordo de Paris e os novos mecanismos do Artigo 6.....	24
---	----

2. Sistemas de Comércio de Emissões (SCE).....	27
---	-----------

2.1. Uma lógica de mercado estatal em prol da mitigação climática.....	29
--	----

2.2. SCE no mundo: um mercado em crescimento.....	31
---	----

2.2.1. Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE).....	33
--	----

2.2.2. Mercado de Carbono da Califórnia (Californian Cap-and-Trade Program).....	38
--	----

2.2.3. Mercado de Carbono Chinês.....	42
---------------------------------------	----

2.2.4. Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE): um mercado nacional de carbono em construção.....	47
--	----

3. Mercados voluntários de carbono: mecanismos de compensação.....	52
---	-----------

3.1. Funcionamento: o papel dos standards.....	53
--	----

3.2. Processo de creditação.....	68
----------------------------------	----

3.3. Desenvolvimento do mercado de carbono voluntário.....	62
--	----

3.4. O mercado voluntário de carbono no Brasil.....	64
---	----

3.5. O protagonismo dos governos subnacionais.....	66
--	----

PARTE II - Ceará no caminho do mercado de carbono: revisão setorial.....	80
---	-----------

4. Setor de Energia.....	87
---------------------------------	-----------

4.1. Transportes	91
------------------------	----

4.2. Geração de eletricidade.....	103
-----------------------------------	-----

5. Setor Industrial.....	121
---------------------------------	------------

5.1. Produção de cimento.....	122
5.2. Indústria metalúrgica.....	126
6. Setor de Florestas e Mudança no Uso da Terra.....	133
6.1. Caatinga: um potencial de recuperação de carbono e de biomassa vegetal.....	136
6.2. Carbono azul: o potencial dos manguezais cearenses.....	146
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	157
ANEXOS	176

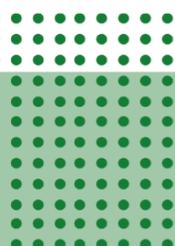
INTRODUÇÃO

Os mecanismos de troca de carbono como solução viável à descarbonização do Estado do Ceará

A crise climática causada pelo homem é uma consequência de mais de um século de emissões de gases de efeito estufa (GEE) provenientes de um estilo de vida, degradação ambiental, bem como padrões de consumo e produção insustentáveis. Segundo relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas das Nações Unidas (em inglês, *Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC*), o aquecimento da terra em no mínimo 1,5°C até 2050 causará um aumento inevitável dos eventos climáticos extremos e acarretará mudanças profundas e negativas aos ecossistemas e aos seres humanos (IPCC, 2022a).

Ademais, ainda segundo as Nações Unidas, sem ações urgentes, eficazes e profundas de mitigação e adaptação às mudanças do clima, seus efeitos continuarão a ameaçar progressivamente a saúde e a subsistência humana em todo o mundo, assim como o equilíbrio dos ecossistemas e da biodiversidade. Sendo assim, a mobilização de ações climáticas mais fortes e mais ambiciosas é necessária para atingir a meta de neutralidade climática estabelecida no Acordo de Paris até 2050 (UNFCCC, 2022a; UNFCCC, 2015).

Apesar do consenso científico e de mobilizações internacionais, as últimas negociações multilaterais no âmbito da Conferência das Partes (COP) não têm obtido êxito em promover engajamentos efetivos. A 27ª reunião da Conferência das partes, que ocorreu em novembro de 2022 na cidade de Sharm El-Sheik no Egito, foi ainda menos ambiciosa que a sua antecessora (COP 26), que ocorreu em Glasgow em novembro de 2021. A exceção da



criação do novo fundo para reparar Perdas e Danos¹, o texto final teve pouquíssimos avanços em sua missão de implementar as denominadas Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDC)², ou *Nationally Determined Contributions* em inglês, e de fazer avançar o combate à emergência climática.

Um dos assuntos pouco negociados na COP 27 foi o tema do mercado de carbono. A COP 26 trouxe avanços importantes em temáticas pendentes sobre os mecanismos do Artigo 6 do Acordo de Paris, dispositivo que permite uma cooperação entre os diferentes atores públicos e privados para a compra e venda de créditos de carbono.

Os mercados de carbono são mecanismos importantes e economicamente viáveis de precificação do carbono. Eles vêm conquistando novos adeptos e intensificando os investimentos em ações mitigatórias pelo mundo graças à sua eficácia como ferramenta política na redução de emissões e no cumprimento de metas climáticas com custo reduzido.

Com o formato do mercado de carbono definido no Artigo 6 do Acordo de Paris, novas oportunidades derivadas destes mercados estão sendo amplamente consideradas por empresas e governos em todo o mundo junto das iniciativas já existentes de mercados voluntários e alguns mercados regulados, principalmente na Europa, nos EUA e na China.

¹ O documento final da COP 27, aprovado em 20 de novembro de 2022, cria um fundo para reparar Perdas e Danos, que será um mecanismo financeiro específico para compensar os países pobres que estão sofrendo com eventos climáticos extremos decorrentes da mudança do clima, notadamente o grupo de pequenos países insulares (Brasil não será contemplado). Apesar da sua aprovação, os critérios operacionais e as fontes de financiamento desse novo mecanismo serão definidos por um comitê de transição até a COP 28.

² Até o momento, o Brasil já apresentou suas contribuições em 3 versões diferentes. Em sua terceira versão, apresentada em abril de 2022, o país se comprometeu a "*promover uma redução das suas emissões de gases de efeito estufa em 37% abaixo dos níveis de 2005, em 2025. Além disso, indicou uma contribuição indicativa subsequente de redução de 50% abaixo dos níveis de emissão de 2005, em 2030, e finalmente atingir a neutralidade carbono em 2050*" (UNFCCC, 2022f).

O objetivo comum é simples: buscar um novo portfólio de investimentos sustentáveis que contribuam com a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas e permitam alcançar metas ambiciosas de redução de emissões de GEE.

A mais recente NDC brasileira declara o compromisso do país de reduzir as emissões líquidas totais de gases de efeito estufa em 37% até 2025, em 50% até 2030 e finalmente alcançar a neutralidade de carbono em 2050 (UNFCCC, 2022f). Atingir essas metas a tempo será um desafio para o Brasil. Para alcançá-las, o país deve impulsionar as estruturas de política climática já existentes e implantar rapidamente novos programas mitigatórios.

No Brasil, a Política Nacional sobre Mudança Climática de 2009 já previa, em seu artigo 9, a criação e o modo de operacionalização de um mercado nacional regulado de carbono, denominado de Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE)³. Entretanto, apesar desta previsão na política climática nacional e de uma perspectiva futura para a sua implementação⁴, ainda não existe no Brasil um mercado regulado de carbono.

³ Art. 9º da Lei Federal nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que cria a Política Nacional sobre Mudança Climática - PNMC e dá outras providências: *“O Mercado Brasileiro de Redução de Emissões - MBRE será operacionalizado em bolsas de mercadorias e futuros, bolsas de valores e entidades de balcão organizado, autorizadas pela Comissão de Valores Mobiliários - CVM, onde se dará a negociação de títulos mobiliários representativos de emissões de gases de efeito estufa evitadas certificadas”*.

⁴ Em 2022, com a aprovação do Decreto federal nº 11.075 que estabeleceu os procedimentos para a elaboração de Planos Setoriais de Mitigação da Mudança Climática e instituiu o Sistema Nacional de Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa, as discussões para a implementação de um MBRE foram se intensificando e as promessas começaram a apontar para a criação de um mercado regulado nacional em breve. Entretanto, em junho de 2023, após uma transição de governo, o Decreto nº 11.075 foi revogado pelo então Decreto federal nº 11.550, que dispõe sobre o Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima (CIM). Por fim, tramitam no Congresso Federal diversos projetos de lei para a criação do MBRE. Para saber mais sobre as iniciativas e normas relacionadas ao MBRE, consulte o tópico 3.2.4 do presente documento.

De acordo com a iniciativa *Climate Action Tracker*⁵, enquanto as ações do país caminham lentamente e aquelas existentes são inconsistentes com o objetivo global do Acordo de Paris, os governos estaduais são alguns dos atores capazes de assumir um papel de liderança e destravar oportunidades que antes só estavam disponíveis para as esferas nacionais; uma dessas oportunidades é iniciar um programa estadual de políticas públicas voltado para a mitigação de emissões e ser parte ativa dos mercados de carbono já existentes, sobretudo dos mercados voluntários.

Entre os estados brasileiros, o Ceará tem um potencial notável para a criação de projetos que reduzam ou armazenem emissões de GEE aptos a serem certificados e comercializados futuramente nos mercados de carbono. No entanto, o estado precisa identificar seus setores-chave com potencial para a transição de baixo carbono caso queira inovar no cumprimento dos compromissos climáticos feitos pelo Governo do Estado do Ceará quando de sua adesão às campanhas "*Race to Zero*" e "*Under2 Coalition*", ambas no âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima⁶.

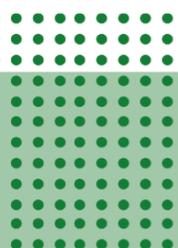
⁵ Segundo a *Climate Action Tracking* (CAT), uma análise científica independente que rastreia a ação climática adotada pelos governos e a mede em relação aos objetivos acordados globalmente no Acordo de Paris, a NDC brasileira tem uma classificação geral de "Altamente Insuficiente". A classificação "Altamente insuficiente" indica que as políticas e compromissos climáticos do Brasil não são consistentes com o limite de temperatura de 1,5°C do Acordo de Paris. A meta brasileira de redução de emissões em 2030 é consistente com 4°C de aquecimento quando comparada às vias modeladas de emissões domésticas. Para ver a classificação geral, consulte o site da CAT: <https://climateactiontracker.org/countries/brazil/>.

⁶ Por meio do [Decreto N° 34.283](#), de 7 de outubro de 2021, e do [Decreto N°35.503](#), de 15 de junho de 2023, o Governo do Estado do Ceará formalizou e ratificou, respectivamente, compromissos que foram estabelecidos internacionalmente no âmbito da 26ª Convenção Quadro das Nações Unidas, quando aderiu às campanhas "*Race to Zero*" e "*Under2 Coalition*". Nessa oportunidade e por meio de decreto, o Estado do Ceará comprometeu-se a neutralizar as emissões de gases de efeito estufa em setores estratégicos da economia cearense (siderurgia, termoeletrônica e cimenteira), bem como a converter carros da frota veicular pública estadual movidos a combustão para veículos híbridos e/ou elétricos, no prazo de até 10 anos.

CONCEITOS BÁSICOS SOBRE O REGIME CLIMÁTICO GLOBAL

- *Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC)*: Atualmente com 198 signatários, este tratado foi assinado em 1992 e entrou em vigor a partir de 1994, sendo responsável por introduzir o regime internacional de mudanças climáticas e os seus principais princípios. O objetivo central da convenção é conter o avanço das alterações do clima a partir da estabilização das emissões de GEE. Acessório a este tratado, existem outros documentos jurídicos adotados pelos signatários que visam garantir o cumprimento dos objetivos climáticos.
- *Conferência das Partes (COP)*: órgão decisório supremo, responsável por tomar as decisões pertinentes a implementação efetiva da Convenção-Quadro de Mudanças Climáticas, assim como revisar e monitorar a implementação de suas disposições e os demais instrumentos jurídicos adotados. Todos os países que são signatários da Convenção-Quadro possuem representação durante as COPs.
- *Protocolo de Quioto*: instrumento desenvolvido visando o cumprimento da Convenção-Quadro adotado na COP 3, realizada em Quioto, Japão, em 1997, passando a vigorar apenas em 16 de fevereiro de 2005. O seu objetivo é a operacionalização das disposições da Convenção-Quadro a partir da fixação de metas de emissões de GEE para os países desenvolvidos que constam no Anexo 1 do Protocolo, não havendo obrigatoriedade de cumprimento para os países em desenvolvimento.
- *Acordo de Paris*: o mais recente tratado sobre mudanças climáticas, adotado na COP 21, que aconteceu em Paris, na França, em 2015. Em vigor desde 4 de novembro de 2016, o seu objetivo é limitar o aumento da temperatura média global para valores bem abaixo de 2°C, preferencialmente 1,5°C, ambos dos níveis pré-industriais. Considerando este propósito, espera-se alcançar a neutralidade climática, que corresponde ao equilíbrio entre as emissões e remoções de GEE da atmosfera, até metade deste século. Em seu Artigo 6º, o Acordo estabelece novos mecanismos para o comércio internacional de créditos de carbono.

- *Contribuição Nacionalmente Determinada (no acrônimo em inglês NDC):* refere-se aos compromettimentos de cada país signatário do Acordo de Paris, contendo ações capazes de cumprir os objetivos definidos no Acordo de Paris (limitar o aumento da temperatura média global em até 2°C). Ademais, de acordo com o Artigo 4 do Acordo de Paris, as NDCs de todos os signatários precisam ser regularmente registradas em uma plataforma da Convenção de Clima da ONU (UNFCCC) a cada 5 anos a partir de 2020 (2020, 2025, 2030, etc.).



PARTE I

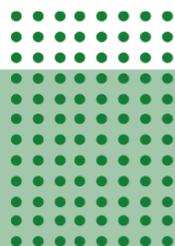
TIPOLOGIA DOS MERCADOS DE CARBONO

Antes de adentrar à tipologia dos mercados de carbono, é imprescindível compreender o conceito de **precificação do carbono**, também chamada em inglês de “*carbon pricing*”.

A precificação de carbono é uma ferramenta política eficaz e comumente utilizada pelos governos ao elaborar suas estratégias climáticas. Ela consiste basicamente em dar um preço às emissões de gases de efeito estufa (calculado por tonelada de CO₂ equivalente – tCO₂) a fim de criar um incentivo econômico e financeiro à redução ou à retirada de emissões de GEE da atmosfera (Xiayimulati, Aruna, 2023; World Bank, 2022).

Em teoria, a precificação de carbono se baseia no **princípio do “poluidor-pagador”**. Esse princípio busca onerar o agente causador de danos ao meio ambiente, ou seja, quem polui deve pagar pelos prejuízos que causa à sociedade como um todo. No caso da precificação do carbono, o agente que emitir GEE deverá pagar pelo valor total de suas emissões, internalizando assim os custos e as externalidades negativas que está gerando para a sociedade. Logo, sendo o custo da precificação excessivamente elevado para o agente emissor, este se sentirá estimulado a reavaliar sua produção, seu consumo e seus investimentos em busca de alternativas de baixo carbono que reduzam ou removam suas emissões (World Bank, 2021a; Guo Y J., 2021; Green, J. F., 2020).

Pelo fato de transferir aos agentes emissores os custos à sociedade ocasionados pela emissão de GEE, a precificação do carbono torna-se um instrumento de mercado classificado como custo-efetivo, isto é, capaz de possibilitar uma redução na emissão de



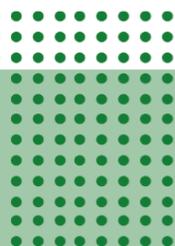
GEE pelo menor custo possível à sociedade, já que esses custos serão repassados aos agentes poluidores e não onerarão em demasia os cofres públicos (Santos, G., 2022).

Os mecanismos para se precificar as emissões de carbono variam conforme o ente que cria e implementa mencionado mecanismo. No setor público, mecanismos de precificação de carbono são normalmente integrados à uma política climática governamental, servindo como um instrumento para o atingimento das metas governamentais de redução de GEE que foram definidas internamente ou internacionalmente por meio da assinatura de acordos e convenções climáticas internacionais.

Como mecanismo de suas políticas mitigatórias, os governos podem precificar o carbono de duas formas: por meio de uma **taxa ou imposto sobre o carbono**, ou seja, estabelecendo uma alíquota (preço) sobre emissões de gases de efeito estufa, gerando assim uma obrigação tributária⁷; ou por meio da criação de **licenças de emissão (allowances)**, que são ativos negociados nos mercados regulados de carbonos regionais, nacionais e subnacionais denominados Sistemas de Comércio de Emissões (SCE), ou ETS, sigla do termo em inglês *Emission Trading System*.

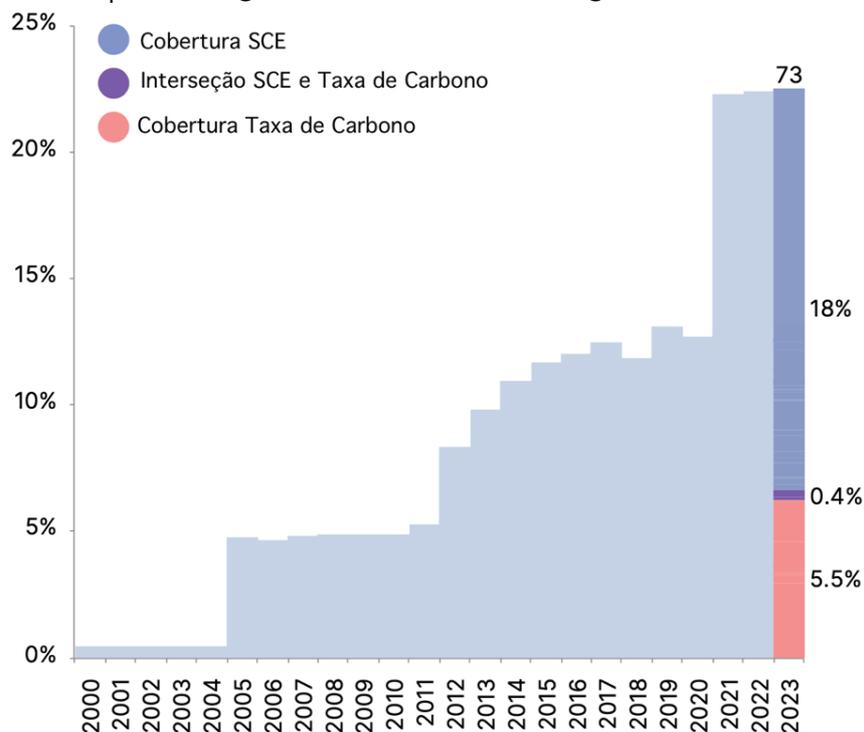
Até 1º de Abril de 2023, conforme levantamento realizado pelo Banco Mundial, existem 73 iniciativas governamentais de precificação de carbono operando no mundo (taxa de

⁷ Definido por lei e, portanto, obrigatório, o tributo sobre o carbono não estabelece limites de emissões, porém os pode modular indiretamente por meio do montante da alíquota estabelecida. A tributação do carbono pode ser aplicada de diferentes maneiras; por exemplo, sobre combustíveis fósseis como petróleo, gasolina, gás natural e carvão, de acordo com a quantidade de carbono que emitem. Ela também pode ser aplicada sobre emissões de usinas elétricas, fábricas ou mesmo sobre automóveis. Embora uma taxa de carbono possa ser aplicada sobre os combustíveis, ela é distinta de outras taxas sobre combustíveis existentes. As taxas sobre combustíveis geralmente não se baseiam na quantidade de emissões de carbono de cada combustível para a definição de seu valor e tendem a se concentrar principalmente na geração de receita ao invés do objetivo de redução de emissões inerente à taxa de carbono (World Bank, 2021a).



carbono e SCE), o que cobre aproximadamente 23% do total global de emissões de GEE (Figura 1).

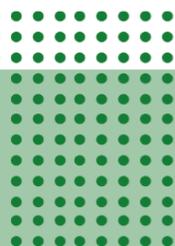
Figura 1: Quantidade de instrumentos de preço de carbono (Taxa de Carbono e SCE) e porcentagem de emissões ao longo dos anos



Fonte: World Bank, 2023 (com tradução dos autores)

Por serem mecanismos governamentais, tanto a taxação de carbono quanto os Sistemas de Comércio de Emissões (SCE) são instrumentos de precificação de carbono restritos ao campo da regulação, ou seja, são mandatórios e dependem de ações governamentais para serem implementados de forma coordenada ou separadamente (World Bank, 2021a; Santos, G., 2022).

No setor privado, o carbono pode ser precificado de forma independente e paralela às precificações mandatórias de carbono. Essa precificação da iniciativa privada ocorre por meio da **certificação de créditos de redução de emissões**, ou **carbon offsetting** em inglês, que são ativos ambientais negociados nos mercados voluntários de carbono por agentes



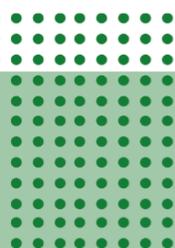
econômicos independentes de governos (empresas, organizações não-governamentais, organizações internacionais, etc.).

Uma vez considerados os diferentes mecanismos existentes para a precificação do carbono, o presente Roadmap tem como foco entender, em um primeiro momento, o funcionamento e as oportunidades existentes na compra e na venda dos ativos ambientais nos mercados de carbono, sejam elas licenças de emissões e/ou de créditos de redução. Nesse sentido, será analisado na parte I do presente documento a tipologia dos três tipos de mercados de carbono existentes: **o mercado internacional de carbono** no âmbito da **UNFCCC - Artigo 6º do Acordo de Paris (Capítulo 1)**; os mercados regionais, nacionais e subnacionais de carbono denominados **Sistemas de Comércio de Emissões - SCE (Capítulo 2)**; e finalmente os **mercados voluntários de carbono ou mercados de compensação (Capítulo 3)**.

Atenção! Cumpre ressaltar que a divisão aqui proposta tem um propósito estritamente didático, pois, na realidade, os limites e as distinções existentes entre esses três tipos de mercados nem sempre são tão claros. Dentro de uma mesma jurisdição, por exemplo, podem existir modelos de mercado de carbono híbridos, que misturam instrumentos ou ativos ambientais de dois ou dos três tipos de mercado - o mercado regulado da União Europeia e da Califórnia, por exemplo, permitem que ativos ambientais negociados em mercados voluntários sejam contabilizados e compensados em metas setoriais de seus próprios sistemas (mais detalhes no ponto 2.1).

1. Mercados Internacionais de Carbono

A existência de um mercado de carbono como instrumento internacional de precificação do carbono remonta à primeira Conferência das Partes no âmbito da UNFCCC, em 1994. Entretanto, somente com a assinatura e conseqüente implementação do Protocolo de



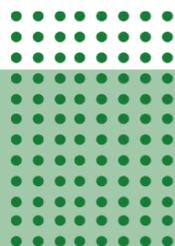
Quioto, em 2005, a aplicação de um mercado de carbono internacional passou a ser possível (Prolo et al., 2021; Michaelowa, A. Shishlov, I. Brescia, D., 2019).

1.1. O Protocolo de Quioto e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)

O Protocolo de Quioto estabeleceu, em seu artigo 12, que países em desenvolvimento poderiam contribuir para que os países desenvolvidos atingissem suas metas compulsórias e quantificadas de limitação de emissões de GEE. Nesse sentido, os países em desenvolvimento poderiam desenvolver projetos geradores de créditos de carbono (denominados *Reduções Certificadas de Emissões - RCEs*) a fim de vendê-los aos países que tivessem metas de redução a respeitar (Prolo et al., 2021; Michaelowa, A. Shishlov, I. Brescia, D., 2019).

Ainda no âmbito do Protocolo de Quioto, o mecanismo desenvolvido para viabilizar a compra e venda de RCEs foi o denominado **Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)**. Graças ao MDL surgiu o primeiro mercado regulado internacional de créditos de carbono, cujos fornecedores de crédito são os países em desenvolvimento, por meio de seus projetos de redução de GEE, e os compradores provenientes dos países desenvolvidos do Anexo 1 do Protocolo (UNFCCC, 2022e).

O mercado de carbono do MDL ficou ativo durante anos, proporcionando a negociação de créditos de carbono até o ano de 2021, quando teve suas operações encerradas. Ainda que tenha sido um mecanismo inovador e eficaz na mitigação de emissões no âmbito do Protocolo de Quioto, o MDL possuía limitações em termos de preço, poucas metodologias disponíveis para o desenvolvimento de projetos, assim como escopos setoriais limitados de



atuação, o que levou ao surgimento de mercados de carbono paralelos denominados de Mercado Voluntário de Carbono (Souza et al., 2014).

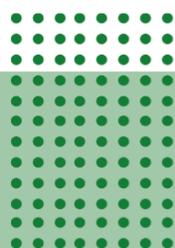
Até o seu último ano de implementação (2021), o MDL foi responsável pela criação de 340 projetos no Brasil, mobilizando US\$ 32 bilhões em investimentos no país, sobretudo em projetos de geração de energia renovável - 97% do total investido (ICC; Waycarbon, 2021). Desde então, a possibilidade de criação de novos projetos no âmbito da UNFCCC resta pendente do estabelecimento dos novos mecanismos de mercado que foram estabelecidos no Acordo de Paris quando de sua assinatura, em 2015 (Asadnabizadeh, M., 2019).

1.2. Acordo de Paris e os novos mecanismos do Artigo 6

O Acordo de Paris reconheceu o potencial mitigador dos mercados de carbono em seu Artigo 6. Este artigo permite que os países cooperem voluntariamente entre si por meio da transferência de créditos de carbono derivados da redução de emissões de GEE em seus territórios. O objetivo desta regra é ajudar um ou mais países a atingirem suas metas NDCs de forma cooperativa e por meio dos mercados de carbono (Asadnabizadeh, M., 2019; Shuai, G. et al., 2019).

A cooperação internacional com base no Artigo 6 pode ocorrer por dois mecanismos de mercado diferentes:

- **Artigo 6.2 – Transferências de unidades de mitigação** (em inglês, *Internationally transferred mitigation outcomes* - ITMOs): esta é uma estrutura contábil que liga os mercados regulados de carbono de dois ou mais países sob a autoridade das próprias



partes envolvidas. O Artigo 6.2 permite assim a transferência interestatal de créditos de carbono de forma descentralizada e independente (UNFCCC, 2022c).

- **Artigo 6.4 - Mecanismo central de comercialização de reduções de emissões de GEE:** também conhecido como "mecanismo de desenvolvimento sustentável", o Artigo 6.4 prevê a comercialização internacional de créditos de carbono gerados através de projetos específicos de desenvolvimento sustentável em países em desenvolvimento. Por exemplo: país A desenvolvido pode financiar um projeto no país B em desenvolvimento. O país A se beneficiará então dos créditos gerados pelas reduções de emissões no país B. A supervisão dessas transações será feita pela própria Conferência das Partes (COP), de forma centralizada, tendo como intermediário auxiliar uma Autoridade Nacional Designada (AND) no país hospedeiro do projeto (UNFCCC, 2022d).

MDL e Artigo 6.4 do Acordo de Paris

O novo Mecanismo de Desenvolvimento Sustentável do Artigo 6.4 segue algumas das diretrizes, modalidades e procedimentos já adotados pelo Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no âmbito do Protocolo de Quioto.

O MDL permite que projetos de redução de emissões em países em desenvolvimento adquiram créditos de redução certificada de emissões (CER), cada um equivalente a uma tonelada de CO₂. Estes CERs podem ser comercializados, vendidos, e utilizados pelos países industrializados para cumprir uma parte de suas metas de redução de emissões sob o Protocolo de Quioto.

Assim como no Artigo 6.4, a comercialização dos CER será controlada por um Órgão Supervisor da UNFCCC em colaboração com autoridades nacionais (ADNs) em cada país membro. De acordo com o decidido na COP 26, alguns CERs poderão vir a ser transferidos e utilizados nos NDCs do Acordo de Paris. Este é o caso dos CERs de projetos registrados em 2013, ou a partir de 2013, que cubram a redução de emissões pré-2023,

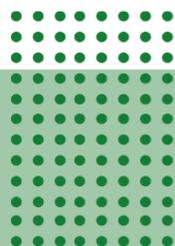
que poderão ser transferidos para o novo mecanismo do 6.4 desde que sejam para cumprimento de NDC até 2030. Considerando os projetos ainda sem CER, o prazo para o pedido de transição é até 2023.

Obs. 1: No Brasil, a Autoridade Nacional Designada para o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (AND) está, atualmente, sendo desempenhada pela **Coordenação-Geral de Ciências do Clima e Sustentabilidade**, da Secretaria de Pesquisa e Formação Científica, uma vez que a Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima (CIMGC) foi extinta em 28 de junho de 2019 por força do Decreto n. 9.759, de 11 de abril de 2019.

Obs. 2: O prazo para a transição das atividades registradas no MDL para o mecanismo do Artigo 6.4 é até 31 de dezembro de 2023. Até o presente, o governo brasileiro ainda não está recebendo solicitações de aprovação para novos projetos a serem desenvolvidos sob o Art. 6.4. Os procedimentos referentes a tais projetos serão oportunamente divulgados. A expectativa é de que uma decisão nesse sentido seja tomada até o final de 2023, mesmo prazo para a transferência dos CERs. Para mais informações acessar o site do [Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação](#).

Considerado um dos pontos mais técnicos em discussão nas conferências do clima, o Artigo 6 e suas modalidades de cooperação ainda não estão completamente operacionais. Para isso, os países devem finalizar algumas das discussões relacionadas aos mecanismos de abatimento e questões procedimentais ligadas ao sigilo das negociações e ao rigor dos critérios de certificações para se evitar o mau uso dos mecanismos (Carbon Brief, 2022).

Durante a COP 27 no Egito, esses temas sofreram poucos avanços. Na oportunidade, foram adotadas novas orientações acerca dos procedimentos do Artigo 6.2, assim como sobre a rastreabilidade e a interoperabilidade dos registros que serão utilizados para depósito dos ITMOs. Em relação ao Artigo 6.4, os debates foram sobre o processo e os critérios de autorização de novos projetos (UNFCCC, 2022c; UNFCCC, 2022d). Questões polêmicas e



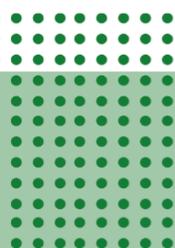
importantes, a exemplo da remoção de créditos e da possibilidade de revogação de créditos em caso de dupla contagem, ficaram como assuntos pendentes para as próximas reuniões.

A curto prazo, a expectativa geral é a de que até a próxima COP os governos preencham algumas das lacunas existentes nos novos mecanismos, dentre elas o tema da múltipla contagem dos créditos certificados pelos dois procedimentos, o que acaba inviabilizando a mitigação global das emissões de GEE. Ademais, muito se exige que os procedimentos de creditação sejam mais rigorosos e respeitem a proteção dos direitos dos povos indígenas. O objetivo é evitar o mau uso de compensações em mercados de carbono por empresas que buscam apenas se utilizar desses mecanismos para fomentar práticas de greenwashing (Carbon Brief, 2022).

2. Sistemas de Comércio de Emissões (SCE)

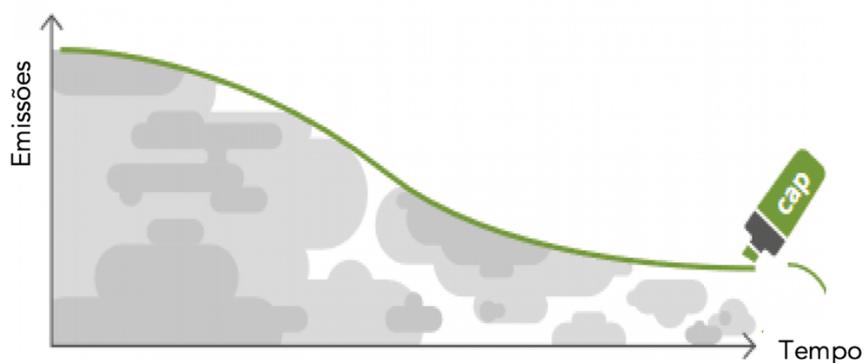
Um Sistema de Comércio de Emissões (SCE), ou *Emission Trading System (ETS)* em inglês, é um mecanismo político de precificação do carbono de caráter mandatário, ou regulado, uma vez que é previsto em lei e administrado pelo poder público.

O principal objetivo de um SCE é limitar as emissões totais de GEE em setores estratégicos da economia pelo menor custo possível aos governos. Para atingir este objetivo, os governos impõem um limite total de emissões permitidas (denominado teto, ou *cap* em inglês) a cada um dos setores econômicos abrangidos pelo sistema. Esse limite é quantificado pelo número de licenças (*allowances*) que poderão ser negociadas em cada setor. Em outras palavras, *cap* é o número total de licenças (*allowances*) permitidas para os setores cobertos pelo SCE. O *cap* é reduzido progressivamente para que o total de



emissões caia até atingir os objetivos de mitigação propostos para cada sistema (ICAP, 2022a).

Figura 2: Gráfico representando a ação do cap na redução de emissões de GEE



Fonte: Relatório ICAP 2022

Cada licença corresponde a uma tonelada de emissões de CO₂ equivalente (tCO₂e) e o seu preço pode variar conforme a legislação de cada mercado. Ademais, segundo o marco regulatório de um SCE, as licenças podem ser atribuídas gratuitamente a um setor - com base em alguma combinação de emissões históricas, lobbying político e/ou padrões de desempenho - ou vendidas em leilão (PMR & ICAP, 2022).

O leilão é o método mais utilizado pelos governos, pois resultam em receitas. Ao estabelecer um limite de licenças para cada setor, surge para os agentes interessados uma obrigação legal de comprovar que o volume de suas emissões é igual ou inferior ao valor de suas licenças. Caso ultrapassem o limite de suas licenças, os agentes poderão compensar o excedente por meio da compra de permissões de um outro agente regulado. Assim, a imposição de um limite de licenças e o estabelecimento de um ambiente para negociá-las de forma livre, como em uma bolsa de valores, resulta no estabelecimento de um preço de mercado para cada tonelada de carbono reduzido ou retirado da atmosfera, o que chamamos de "preço do carbono". Ao final de cada rodada de negociação, parte do valor

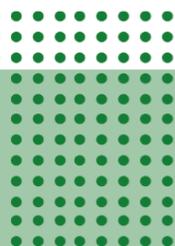
arrecadado com a venda das licenças será de propriedade do governo, que deverá prever, em normativo, a sua correta destinação orçamentária.

Normalmente, o destino do valor arrecadado no âmbito de um SCE é alocado em financiamento de novos programas ou políticas públicas ambientais de mitigação climática, incluindo programas de eficiência energética, transporte com baixo teor de carbono, dentre outros. A quantidade de receita gerada é, portanto, fundamental para entender o papel de um SCE na redução de emissões de GEE e nas políticas de mitigação do clima, uma vez que o valor arrecadado com estes leilões é comumente aplicado para financiar programas climáticos nacionais, subsidiar uma matriz energética deficiente ou mesmo devolvê-lo diretamente à setores da sociedade que estão sendo negativamente impactados pelas mudanças no clima (World Bank, 2021b).

2.1. Uma lógica de mercado estatal em prol da mitigação climática

Ao definir limites (*caps*) de emissões para cada setor do mercado, os governos procuram então conciliar as metas climáticas com a viabilidade econômica do sistema financeiro. Um *cap* maior (maior limite de emissões) significa mais licenças disponíveis no mercado e consequentemente preços mais baixos. Enquanto isso, um *cap* menor (menor limite de emissões) significa menos licenças (e um preço de permissões mais alto).

Além do mais, por meio dessa lógica, o preço do carbono poderá impulsionar uma empresa a reduzir suas emissões de forma autônoma ou não. Se o custo que uma empresa terá para reduzir diretamente suas emissões for superior ao preço que ela pagará de forma obrigatória no mercado de carbono, a empresa tenderá a não mudar seu direcionamento corporativo e continuará a poluir, considerando que já cumpre seu dever perante o mercado regulado.



No entanto, se seus custos com o SCE forem relativamente altos, a empresa tenderá a aumentar seu investimento em políticas próprias de mitigação.

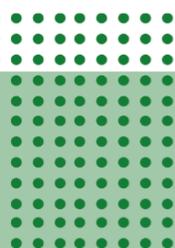
Cap rigoroso = menos licenças = preços mais altos = maior incentivo à redução de GEE
Cap relaxado = mais licenças = preços mais baixos = menos incentivo à redução de GEE

Essa é a lógica de mercado existente em um comércio regulado de carbono. Quanto menor for o preço do carbono em um sistema, mais forte é o incentivo para que as empresas comprem licenças em vez de reduzir suas próprias emissões. Desta forma, a definição de um *cap* setorial tem uma importância crucial no bom desempenho de um mercado regulado. Um *cap* alinhado com os objetivos climáticos de um país tornará o SCE o melhor mecanismo para estimular uma transformação econômica sustentável (PMR & ICAP, 2022).

O mecanismo descrito no presente capítulo se denomina comumente de “*cap-and-trade*”, que é o tipo de política regulatória mais aplicada pelos SCE no mundo. Entretanto, ainda que menos frequentes, existem duas outras políticas de regulação possíveis:

Sistemas de comércio de linha de base e crédito (*baseline-and-credit*): essa política recompensa com créditos de emissão os agentes que atingiram um determinado valor de referência recomendado pelo governo (normalmente medido em CO₂ equivalente por unidade de produto). Esses créditos podem então ser negociados com entidades cobertas que precisem de créditos adicionais para cobrir suas emissões excedentes em relação à linha de base definida pelo ente regulador. Essa política diferencia-se do modelo *cap-and-trade* pois o ente regulador não impõe um *cap* de emissões nem penalidades para o seu não cumprimento, ele tão somente estabelece critérios de eficiência/performance que geram benefícios econômicos aos agentes cumpridores (World Bank, 2022).

Sistemas de comércio híbridos: sistemas regulados que reúnem, em setores específicos, diferentes instrumentos de precificação de carbono. No Brasil, por exemplo, a configuração híbrida de política de precificação parece ser a mais adequada para o futuro projeto do Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE), onde para o setor

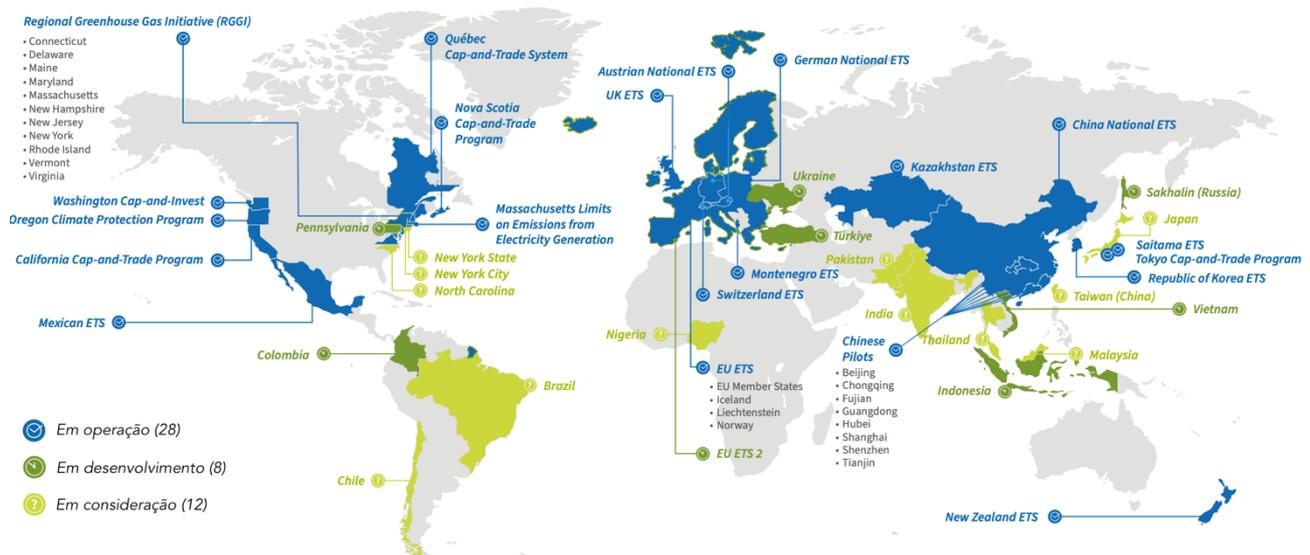


industrial aplicar-se-ia o mercado regulado no modo cap-and-trade, limitando de forma centralizada as entidades mais emissoras, e para o setor de transportes, o ideal seria a aplicação de uma taxa de carbono sobre os combustíveis devido o caráter disperso das emissões nesse setor (Monzoni M., 2022; Santos, 2021).

2.2. SCE no mundo: um mercado em crescimento

De acordo com a última sondagem realizada pela ICAP (*International Carbon Action Partnership*), até janeiro de 2023, existiam **28 SCE em vigor no mundo e 8 em processo de implantação**, como os sistemas regulados na Colômbia, Indonésia e Vietnã (ICAP, 2023). Para além desses países, 15 ainda estão considerando o papel que o SCE pode desempenhar em suas políticas climáticas nacionais, dentre eles o Brasil (Figura 3).

Figura 3: Situação do mapa mundial Sistema de Comércio de Emissões (SCE)



Fonte: ICAP 2023

Na medida em que o número de SCE em todo o mundo cresce, aumenta também a quantidade de emissões de GEE coberta por este instrumento e expande a receita gerada pelos países com a troca de licenças. Atualmente, do total de emissões de GEE

provenientes de iniciativas de precificação de carbono, 17% são provenientes de sistemas SCE (ICAP, 2023).

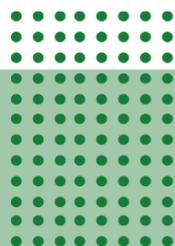
Além disso, pela primeira vez, as receitas geradas pelos mercados regulados superaram as receitas geradas pelos impostos de carbono, que historicamente dominaram as iniciativas de precificação de carbono. Em 2022, por exemplo, os mercados regulados geraram 2/3 das receitas de precificação do carbono no mundo, algo em torno de 63 bilhões de dólares. Isto se deve principalmente a um aumento nos preços e ao número de licenças leiloadas nos mercados regulados existentes (ICAP, 2023; World Bank, 2022).

Nesse cenário promissor, a compreensão das práticas adotadas pelos mercados regulados de países que mais emitem GEE no mundo, notadamente a China (30,9%), os Estados Unidos (13.5%) e a União Europeia (7.52%) (Our World in Data, 2021), torna-se fundamental para vislumbrar possíveis caminhos no desenvolvimento de políticas que fomentem a criação de um mercado regulado no Brasil e identificar os seus reflexos no Ceará.

UNIÃO EUROPEIA (UE)

A União Europeia é o terceiro maior emissor do planeta, responsável pela emissão de 3.241.716 MtCO₂e em 2021, algo em torno de 7,52% das emissões globais (EU, 2023; Our World in Data, 2021). Face a essa realidade emissora e diante dos compromissos assumidos no Acordo de Paris, a UE tem a meta de, até 2030, reduzir de 55% suas emissões de GEE em relação aos níveis de 1990, além de atingir a sua neutralidade de carbono até 2050 (Parlamento Europeu, 2022).

Nessa trajetória de descarbonização, a UE contará com uma das principais e mais efetivas ferramentas da sua política climática para reduzir emissões setoriais de gases de efeito estufa: o Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE).



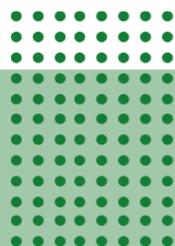
2.2.1. Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE)

Introduzido em 2005 pela Diretiva de nº 2003/87/EC, o Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE) é o mais antigo mercado regulado de carbono em vigor no mundo e o mais relevante em termos de cobertura de emissões e de receitas geradas anualmente. Para se ter uma noção da relevância desse mercado, o CELE cobre as emissões de mais de 10000 entidades econômicas, algo em torno de 38% do total de emissões do bloco europeu. Ademais, somente no ano de 2022, ele foi responsável por produzir 40,8 bilhões de dólares em receitas (ICAP, 2023).

Instrumento fundamental da política climática da União Europeia, o CELE opera em todos os seus Estados-Membros, mais a Islândia, o Liechtenstein e a Noruega, totalizando assim 30 países. O sistema cobre as emissões de dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O) e perfluorcarbonos (PFC) emitidos pelos setores de energia, indústria e aviação. Todas as entidades que operam nestes três setores são obrigadas a participarem do sistema, exceções apenas para algumas pequenas empresas e membros do setor da aviação (Comissão Europeia, n.d.).

Funcionamento

O CELE é classificado como um sistema "*cap and trade*" que funciona principalmente através do leilão de licenças. De acordo com esse mecanismo, um limite de licenças é estabelecido pela Comissão Europeia em cada fase de implementação para representar a quantidade total de GEE que pode ser emitida pelas entidades dos setores da energia, indústria e aviação. Na medida que as fases do sistema avançam, o número de licenças



autorizadas vai diminuindo visando garantir uma equivalente redução das emissões de GEE e refletir nas metas climáticas propostas pela política climática europeia.

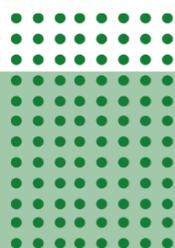
Cumpramos ressaltar que algumas entidades cobertas pelo CELE (indústrias de transformação, geração de energia e companhias aéreas por exemplo) ainda se beneficiam de alocações gratuitas como incentivo ou fomento ao desenvolvimento de suas atividades, evitando assim o fenômeno do vazamento de carbono, ou *carbon leakage* em inglês, que consiste na transferência da produção de uma empresa para regiões ou países com menos restrições de emissões de GEE (ICAP, 2022; Tribunal de Contas Europeu, 2020; EUR-Lex, 2019).

CELE e financiamento climático

De acordo com o regulamento europeu, as receitas provenientes dos leilões de licenças de emissões vão para os orçamentos nacionais dos Estados-Membros, que devem usar pelo menos 50% em projetos relacionados ao clima e à geração de energia (EUR-Lex, 2021). Em 2020, cerca de 72% das receitas foram gastas com projetos nacionais e internacionais relacionados ao clima. No total, o CELE financiou cerca de 36% dos programas da UE para combater as mudanças climáticas e reduzir as emissões de GEE entre 2020 e 2021 (ERCST; BloombergNEF; The Wegener Center & Ecoact, 2022; ICAP, 2022). Por justamente promover uma eficaz redução de GEE e funcionar como fonte de financiamento a outras políticas climáticas, o CELE é considerado o protótipo ideal de mercado regulado para outros países (Borghesi & Montini, 2016).

Fases e revisões

Desde seu lançamento em 2005, o mercado de carbono europeu passou por quatro fases diferentes, cada uma com períodos de duração diferentes:



- Fase 1: 2005 - 2007 (3 anos)
- Fase 2: 2008 - 2012 (5 anos)
- Fase 3: 2013 - 2020 (8 anos)
- Fase 4: 2021 - 2030 (10 anos)

A última revisão no esquema europeu foi em 2018 e começou a ser implementada em janeiro de 2021 (Fase 4). Essa fase teve como limite de emissões (*cap*) o total de **1.572 Mt CO₂e**, o que representou 2,2% de redução em comparação com as emissões autorizadas na fase anterior. Para o setor da aviação, que é regulamentada separadamente, o limite da UE foi de **24,5 Mt CO₂e** para o mesmo período, iguais 2,2% de redução linear ao período anterior. Portanto, no total, o sistema europeu permitiu a troca de quase **1.597 Mt CO₂e** em 2021, o que representa a soma de 31 bilhões de euros (ERCST; BloombergNEF; The Wegener Center & Ecoact, 2022; ICAP, 2022).

A reforma do CELE e o Pacto Verde Europeu

Em julho de 2021, a Comissão Europeia apresentou um pacote de reforma política para cumprir o "Pacto Ecológico Europeu"⁸ e alinhar os esforços de descarbonização dos Estados-Membros com novas metas climáticas atualizadas da UE. Esse pacote propõe a revisão de diversos marcos regulatórios da UE relacionados ao tema das mudanças

⁸ O Pacto Ecológico Europeu (PEE) é o conjunto de propostas legislativas adotadas pela Comissão Europeia com o objetivo de tornar as políticas da UE em matéria de clima, energia, transportes e fiscalidade adequadas para alcançar uma redução das emissões líquidas de gases com efeito de estufa de, pelo menos, 55 % até 2030, em comparação com os níveis de 1990. Ele surgiu enquanto resposta da Comissão Europeia aos desafios contemporâneos causados pelas mudanças climáticas e demais crises ambientais, objetivando realizar uma transformação sistêmica da economia europeia rumo à neutralidade climática. Este instrumento representa uma mudança paradigmática da forma como a União Europeia efetiva suas ações, devendo não só considerar os impactos climáticos, como também estabelecer estratégias que contribuam para a redução das emissões de GEE e o consequente cumprimento de seus objetivos climáticos (EU, 2019).

climáticas, dentre eles as regras do mercado regulado europeu. O principal objetivo desta reforma é alinhar os esforços de descarbonização do CELE com as metas climáticas da UE. Segue algumas das modificações propostas pela recente reforma do mercado europeu:

- Inclusão do setor marítimo no CELE a partir de 2023;
- Um SCE de combustível separado para edifícios e transporte rodoviário;
- Promover novos mecanismos de investimento de baixo carbono para apoiar tecnologias revolucionárias;
- Incluir os setores da indústria e da geração de energia na rede de financiamento do SCE por meio de dois novos fundos independentes (*Innovation Fund* e *Modernisation Fund*);
- Eliminação gradual da alocação gratuita para o setor de aviação;
- Introdução de um mecanismo de ajuste de carbono na fronteira a partir de 2026.

O mecanismo de ajuste de preço de carbono na fronteira (*Carbon Border Adjustment Mechanism - CBAM*) consiste em tarifas específicas aplicáveis à importação de produtos intensivos em carbono e que foram produzidos em países que não aplicam políticas de precificação de carbono. Aprovado em dezembro de 2022, esse mecanismo iniciará sua fase de testes em 1º de outubro de 2023. Entretanto, a partir de 2026, a sua aplicação será definitiva.

Uma vez em vigor, o CBAM será implementado no âmbito do esquema de comércio de emissões europeu (CELE). Nesse sentido, importadores europeus que desejem comprar mercadorias intensivas em carbono de países terceiros deverão compensar essas emissões externas no mercado europeu (via compra de certificados pelo importador com preços variáveis conforme leilões de permissões). Inicialmente, serão cobertos os seguintes setores: ferro e aço, alumínio, cimento, fertilizantes, eletricidade e hidrogênio. No futuro, essa lista poderá aumentar.

ESTADOS UNIDOS

Com poucas perspectivas de ação federal abrangente sobre a mudança climática em meados dos anos 2000, muitos estados americanos começaram a planejar seus próprios programas estaduais ou regionais de compra e venda de emissões de carbono (World Resources Institute, 2015). Inexistindo um mercado nacional de carbono, o comércio de emissões nos Estados Unidos é composto atualmente de cinco programas independentes⁹:

1. Iniciativa Regional de Gás de Efeito Estufa - RGGI¹⁰ (Em vigor desde 2009)
2. Mercado de Carbono da Califórnia (Em vigor desde 2012)
3. Limites de Massachusetts para Emissões de Geradores de Eletricidade (Em vigor desde 2018)
4. Mercado de Carbono de Oregon (Em vigor desde 2022)
5. Mercado de Carbono de Washington (Em vigor desde 2023)

Considerando a multiplicidade de mercados de carbono regulados nos EUA, cada um com diferentes escopos e modos de funcionamento (ver resumo do anexo 3), o presente Roadmap fará uma análise nesse capítulo apenas do Mercado de Carbono da Califórnia. Tal decisão deve-se ao fato de o mercado californiano ser considerado o quarto maior mercado de carbono do mundo - atrás apenas dos mercados da UE, da China e da Coreia do Sul.

⁹ Três estados nos EUA ainda estão considerando implementar seus próprios mercados de carbono: Novo México, Nova York e Carolina do Norte. Uma colaboração regional das jurisdições do nordeste e do meio-atlântico dos EUA também está programada para começar em 2023. Denominado Programa Iniciativa de Transporte e Clima (TCI-P), este programa tem como objetivo reduzir as emissões de GEE do setor de transporte e minimizar a sua dependência dos combustíveis com alto teor de carbono. Esta iniciativa foi assinada e será em breve implementada em quatro estados: Connecticut, Washington (D.C.), Massachusetts, e Rhode Island (Narassimhan, Easwaran, et al.,2022).

¹⁰ A Iniciativa Regional de Gases de Efeito Estufa (RGGI) foi o primeiro mercado regulado de GEE nos Estados Unidos, porém abrange apenas as emissões do setor energético em 11 dos seus Estados signatários (Connecticut, Delaware, Maine, Maryland, Massachusetts, New Hampshire, New Jersey, New York, Rhode Island, Vermont e mais recentemente a Pensilvânia) (Narassimhan, Easwaran, et al.,2022; ICAP, 2022).

Ademais, dos cinco programas em operação nos Estados Unidos, o Mercado de Carbono da Califórnia assume protagonismo pelo fato de ser o maior e mais abrangente de todos, cobrindo atualmente mais de 400 instalações e 75% das emissões total do estado (ICAP, 2023).

2.2.2 O Mercado de Carbono da Califórnia (Californian Cap-and-Trade Program)

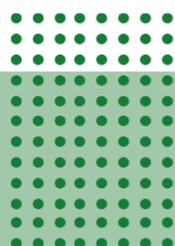
Introduzido pelo *Global Warming Solution Act* de 2006, também chamado de *Assembly Bill 32 (AB 32)*¹¹, o Mercado de Carbono da Califórnia está operacional desde 2012 e abrange as emissões de quatro setores (energia, indústria, transporte e construção civil).

O sistema possui ainda o mais amplo escopo de emissões de GEE do mundo, cobrindo um total de oito gases estufa: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), perfluorocarbonos (PFCs), hexafluoreto de enxofre (SF₆), hidrofluorcarbono (HFCs), trifluoreto de nitrogênio (NF₃) e outros GEEs fluorados (ICAP, 2022).

A autoridade que administra os leilões dentro deste mercado é o Conselho de Recursos Aéreos da Califórnia (California Air Resources Board - CARB)¹², uma agência governamental

¹¹AB-32 *Air pollution: greenhouse gases: California Global Warming Solutions Act of 2006*. Esta lei exige que a Califórnia volte aos níveis de emissões de gases de efeito estufa de 1990 até 2020. Dessa forma, todos os programas desenvolvidos sob a AB 32 contribuem para as reduções necessárias para alcançar este objetivo, e irão proporcionar uma redução geral de 15% nas emissões de gases de efeito estufa em comparação com o cenário-base de emissões até então (Califórnia 2006; CARB 2018). A meta inicialmente fixada nesta legislação foi alcançada com sucesso anos antes do prazo estabelecido, sendo posteriormente adotado objetivos climáticos mais ambiciosos (Califórnia, 2016; CARB, 2022).

¹² O CARB é um dos seis conselhos, departamentos e escritórios sob a égide da Agência de Proteção Ambiental da Califórnia. A agência é líder estadual em programas de mudança climáticas além de supervisionar todos os esforços de controle da poluição do ar na Califórnia. Mais informações em: <https://ww2.arb.ca.gov/about>



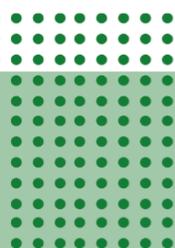
responsável pela criação, expedição e controle das licenças de emissão de GEE dentro do sistema estadual.

Funcionamento

Tal como o mercado europeu, o SCE da Califórnia é classificado de um sistema "cap and trade", entretanto, as licenças são distribuídas conforme três métodos: leilão, alocação gratuita e alocação gratuita com consignação. O leilão é o principal método aplicado pelo SCE californiano para a atribuição de licenças. Cada entidade coberta tem que comprar uma licença para cada tonelada de emissão de GEE que emite. A alocação gratuita de permissões é distribuída para instalações industriais de acordo com o perfil da indústria e o nível de risco de vazamento (baixo, médio ou alto). A alocação gratuita com consignação é devida às concessionárias de distribuição elétrica e fornecedores de gás natural com a condição de utilizar essas permissões em nome dos contribuintes e reduzir as emissões (CARB, 2021).

Cumprir ressaltar que o mercado regulado californiano é compulsório às fontes emissoras que emitem mais de 25.000 Mt CO₂e, tais como grandes empresas de geração de eletricidade e grandes fontes estacionárias (refinarias, instalações de produção de cimento, etc.)¹³. Sendo assim, os setores que emitem menos de 25.000 t CO₂e anualmente ficam isentos de participação, exceto quando voluntariamente, nesses casos eles estarão sujeitos às mesmas obrigações anuais de relatório, verificação, cumprimento, registro e

¹³ As obrigações de conformidade só começaram em 2013 para geradores de eletricidade e grandes instalações industriais que emitem 25.000 Mt CO₂e ou mais anualmente. Em 2015, o mercado foi ampliado para abranger emissões derivadas dos distribuidores de transporte, gás natural e outros combustíveis fósseis (Narassimhan, Easwaran, et al.,2022).



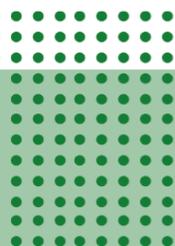
conformidade aplicáveis às outras entidades cobertas compulsoriamente (Narassimhan, Easwaran, et al., 2022; ICAP, 2022).

Períodos de conformidade

O Mercado de Carbono da Califórnia é estruturado em torno de períodos de conformidade, durante os quais o CARB avalia se os setores cumpriram ou não os limites de emissões/licenças permitidas. Assim, ao final de cada período, cada entidade é obrigada a demonstrar perante esta instituição a sua conformidade às metas e objetivos do seu setor, bem como o total de licenças emitidas e negociadas no período (CARB, 2021). Desde 2013, o programa passou por quatro períodos diferentes:

- 1º período: 2013-2014 (2 anos)
- 2º período: 2015-2017 (3 anos)
- 3º período: 2018-2020 (3 anos)
- 4º período: 2021-2023 (3 anos)

O sistema começou em 2013 com um teto de 162,8 Mt CO₂e. O último limite para a fase quatro foi de **307,5 Mt CO₂e** em 2022 (o que representa 4% de redução em relação às emissões anteriores) já que durante o período 2021 - 2030, o limite decresce cerca de 4% ao ano até atingir a meta de no máximo **200,5 Mt CO₂e** de emissões negociadas em 2030 (ICAP, 2022).



O preço atual da permissão (por t/CO₂e) é de USD 22,21 (preço médio de liquidação em leilão em 2023) e a receita total desde o início do programa é de USD 22,25 bilhões. Somente em 2022, o programa arrecadou USD 4,03 bilhões¹⁴ (ICAP, 2023).

Pelo fato de o sistema funcionar no modelo “cap-and-trade”, a cada ano, são criadas menos permissões e o limite negociável anual diminui. Dessa forma, o crescente preço anual dos créditos leiloados, juntamente com as reduções anuais das permissões, estimula ações para reduzir as emissões de GEE na Califórnia (CARB, 2021).

Objetivos futuros do SCE Californiano

Desde janeiro de 2021, o mercado de carbono californiano passou por grandes mudanças. Uma das modificações foi a redução mais acentuada das licenças de emissões, com uma nova fórmula para reduções anuais, a fim de melhor alinhar o mercado à meta de redução de 40% dos GEE até 2030 e de neutralidade carbono até 2045.

CHINA

A China é o país responsável pela maior parcela de emissões de GEE no mundo. Somente no ano-base de 2021, a emissão anual de CO₂ equivalente da China foi de 11.47 bilhões de toneladas, o que representa em média 30% das emissões totais do mundo (Our World Data, 2023). Em conformidade com sua primeira NDC, apresentado em 28 de outubro de 2021, a China demonstrou quais serão suas ações para atingir o seu pico das emissões de CO₂ até 2030 e alcançar a neutralidade carbono até 2060¹⁵, incluindo a adoção de um sistema de comércio de emissões em âmbito nacional (UNFCCC, 2022b).

¹⁴ Não inclui a receita dos leilões de licenças consignadas

¹⁵ Por se classificar como um país em desenvolvimento, a China defende o direito de seguir emitindo GEE de forma progressiva em certos setores produtivos (indústria e energia por exemplo). Nesse sentido, a China se

2.2.3. O Mercado de Carbono Chinês

Em operação desde julho de 2021, o Mercado de Carbono Chinês é considerado uma das principais ferramentas do governo chinês para alcançar seus compromissos climáticos perante o Acordo de Paris (China, 2021). Pesquisas estimam que o SCE chinês já cobre mais de 4 bilhões de tCO₂, o que representa mais de 40% das emissões nacionais de carbono (ICAP, 2023; He, W. & Liu, K., 2021).

De mercados-pilotos regionais a um mercado regulado nacional de aplicação provisória

O Mercado de Carbono Chinês surgiu graças à experiência prévia e bem-sucedida de um sistema regional de comércio de emissões implementado inicialmente no ano de 2011. Esse sistema regional chinês era composto por 7 pilotos localizados nas províncias de Pequim, Tianjin, Shanghai, Guangdong, Shenzhen, Chongqing e Hubei, cada um apresentando critérios econômicos, sociais e geográficos específicos. (Heggelund; Stensdal; Duan, 2022).

Esses pilotos regionais chineses foram criados visando a transição gradual a um mercado único nacional, que só foi anunciado em 2017 e lançado oficialmente no início de janeiro de 2021, quando o Ministério de Ecologia e Meio Ambiente (MEMA) da China publicou a

reserva o direito de aumentar ou estabilizar a sua emissão de GEE até atingir um certo pico no ano de 2030, quando passará então a reduzi-las para atingir uma neutralidade no ano de 2060. De acordo com a instituição *Climate Action Tracker - CAT*, as emissões da China, de acordo com as políticas atuais, continuam altíssimas, sem nenhum sinal de reduções substanciais de emissões antes do cronograma de pico de 2030, colocando em risco uma das metas de NDC do país. As previsões de demanda de energia e eletricidade continuam a crescer, e o governo chinês continua a defender o papel dos combustíveis fósseis na transição de seu setor de energia, o que acaba prolongando a dependência da China dos combustíveis fósseis, apesar do progresso substancial nos setores de energias renováveis e de uso final. A classificação geral do CAT para as políticas e metas da China continua sendo "Altamente insuficiente" (Climate Action Tracker, 2023b).

documentação referente ao *Projeto de Regulamento Provisório*¹⁶, que consiste em um plano de três fases para a implementação provisória do mercado regulado chinês (China, 2022).

Desde as suas primeiras negociações oficiais em julho de 2021, o Mercado de Carbono Chinês opera, portanto, de forma provisória, ou seja, o mercado encontra-se sob avaliação do governo chinês e aberto a comentários dos setores interessados, podendo sofrer modificações futuras. Assim, somente após o projeto sofrer algumas emendas e começar a ser definitivamente adotado, é que o Mercado de Carbono Chinês passará a ser regido por regras definitivas e que suas atividades serão obrigatórias em todo o país (China MEMA, 2021b). Cumpre ressaltar que até o presente e por um curto prazo, os mercados-pilotos operam de forma paralela ao mercado regulado nacional, cobrindo setores e entidades não incluídas na legislação nacional. Entretanto, a médio e a longo prazo, na medida que mais setores forem regulados pelo mercado nacional, a tendência natural proposta pelo governo chinês é a de que as entidades já cobertas por sistemas regionais sejam integradas no mercado nacional (Hou, L. Q; He, W. & Liu, K., 2021; ICAP, 2021).

Funcionamento

Apesar de ainda ter uma aplicação provisória, o SCE chinês segue a lógica de todos os outros mercados regulados existentes no mundo. A única particularidade do mercado chinês é a de que ele emite licenças de emissão para empresas com base em uma **referência de emissão de carbono**, que é uma unidade de emissão permitida para uma determinada entidade de acordo com o tipo e intensidade de sua produção energética. Em outras palavras, as referências de carbono do SCE chinês seria o equivalente ao *cap* dos outros

¹⁶ Em inglês, *Interim Regulations for the Management of Carbon Emissions Trading*, documento publicado oficialmente pelo MESMA em janeiro de 2021. Desde então, esse documento vem sofrendo diversas reformas e emendas legislativas por parte do governo chinês.

sistemas caso levassem em conta a produção e a matriz energética de cada ente emissor. Atualmente, existem quatro referências distintas para classificar as diferentes usinas com base em sua matriz e potencial energético:

1. Usinas convencionais de carvão abaixo de 300 MW
2. Usinas convencionais de carvão acima de 300 MW
3. Carvão não convencional
4. Gás natural

A alocação gratuita e o leilão são duas formas de alocação de permissões para cada entidade. Durante a sua fase provisória, a alocação gratuita é a única forma disponível para a distribuição de licenças. No futuro isso será alterado pois o Projeto de Regulamento Provisório já prevê uma transição gradual para uma predominância do leilão no mercado nacional chinês (ICAP, 2022).

Fases e revisões

Conforme mencionado anteriormente, a China lançou os mercados-piloto regionais em 2011 e levou dez anos, de 2011 a 2021, para preparar a operação definitiva do SCE nacional em julho de 2021.

- **Período de preparação (2011-2021):** lançamento dos mercados-piloto regionais de carbono
- **Primeiro período de cumprimento (2020 - 2021)**
- **Segundo período de cumprimento (2021 - 2022)**

Atualmente não há fases específicas para o SCE nacional chinês. No final de 2021, o MEMA chinês anunciou a conclusão bem-sucedida deste primeiro período de cumprimento, com entidades que representam 99,5% das emissões cobertas, tendo cumprido suas metas individuais. Para este mesmo período, o volume acumulado de licenças de emissão de carbono negociadas foi de **179 Mt CO₂** e o volume acumulado é de **CNY 7,661 bilhões (em torno de USD 106.947.560)** (Xiliang, et al., 2022). O balanço para o segundo período de aplicação ainda não foi divulgado pelo governo chinês (ICAP, 2023).

Em seu primeiro período de aplicação, o preço negociado do carbono foi **CNY 54,22**, o que equivale a **USD 8,45** (China MEMA, 2021). Entretanto, cumpre destacar que esse preço não é o preço de mercado, pois nele consta um subsídio médio do governo chinês de CNY 46,61, em torno de USD 7,23 (ICAP, 2022).

A Nova Estratégia Climática da China: Estrutura Política "1+N"

Para promover o seu pico de carbono até 2030 e a neutralidade de carbono em 2060, a China estabelecerá planos de implementação em setores chaves da indústria, assim como uma série de medidas de apoio e garantia, construindo um sistema de política "1+N" para o cumprimento da sua NDC (China MEMA, 2021a).

O que é o "1+N" Policy Framework?

O "1" refere-se aos princípios gerais da política climática adotada pelo governo chinês para o cumprimento de suas metas. Por sua vez, o "N" corresponde aos planos de ações voltados ao controle e atingimento dos picos de emissões dos principais setores emissores da China (energia, indústria, infraestrutura e transporte), bem como de outras áreas fundamentais para a ação climática chinesa (economia circular, tecnologia, finanças, políticas econômicas, comércio de carbono, soluções baseadas na natureza). Juntos, esses planos de ações que compõem o "N" estabelecem as metas específicas de cada setor visando o cumprimento

das metas gerais apresentadas na NDC chinesa (China MEMA, 2021a).

BRASIL

Em 2015, o Brasil apresentou o seu primeiro compromisso internacional na área de mudanças climáticas. Na época, a Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) apresentada pelo Brasil perante o Acordo de Paris era de reduzir as emissões de CO₂ em 37% até 2025 e de 43% até 2030, tendo como base os níveis registrados em 2005 (UNFCCC, 2015). Em março de 2022, data da última revisão da NDC enviada à ONU, o País aumentou de 43% para 50% o seu compromisso de redução de CO₂ até 2030, mantendo, entretanto, o seu objetivo para o ano de 2025 (UNFCCC, 2022f).

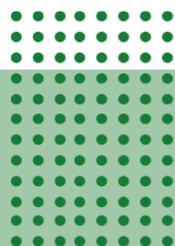
Esse compromisso climático do Brasil é resultado de um objetivo já previsto na **Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) da Lei 12.187 de 29 de dezembro de 2009**. Ainda que anterior ao Acordo de Paris, essa lei estabelece em seu artigo 12 uma meta de redução de emissões para 2020. Trata-se, entretanto, de um compromisso nacional voluntário, uma vez que o Brasil não se enquadrava nos países listados no Anexo I do Protocolo de Quioto, pois não possui uma responsabilidade histórica nas emissões de GEE. O objetivo previsto na PNMC seria, portanto, um compromisso em prol do cumprimento voluntário das diretrizes da própria política nacional e que não deve ser confundido com o compromisso atualmente em vigor para o Acordo de Paris.

Além de contribuir para o estabelecimento das metas nacionais de mitigação, a PNMC estabeleceu uma estrutura institucional que marca o início das ações coordenadas de mitigação e adaptação às alterações climáticas em nível Federal. Dessa forma, respaldados pelas diretrizes desta lei, Estados e Municípios poderão criar normas e políticas autônomas sobre o tema, o que demonstra um avanço na agenda política nacional (Santos, 2021).

2.2.4. Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE): um mercado nacional de carbono em construção

A PNMC previu diferentes instrumentos técnicos e econômicos a serem implementados na luta contra as mudanças climáticas, tais como planos econômicos setoriais e a criação de um mercado de carbono nacional, que ela denomina de **Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE)**. Ainda que previsto na política climática nacional, esse mercado regulado de carbono nunca chegou a ser definitivamente implantado no Brasil. Mesmo após anos de implementação de sua política climática, o Brasil ainda está na fase de discussão e análise da viabilidade dos mecanismos de precificação de carbono. Houve inclusive um grande projeto do Banco Mundial em parceria com o Ministério da Fazenda, chamado **Projeto PMR Brasil**, que analisou minuciosamente, ao longo de vários anos, os melhores caminhos, os principais modelos existentes e os impactos para a futura criação de um mercado regulado de carbono nacional (Wills, William, et al., 2022; PMR, 2019).

Apesar de todo esse período de discussão e análise, nenhum instrumento técnico e econômico ligado ao mercado de carbono foi criado e implementado no Brasil. Para isto, faz-se necessário a aprovação prévia de uma lei federal para regular a compra e venda de créditos de carbono no Brasil. Visando sanar esta lacuna legislativa, tramitam no Congresso Nacional diversos projetos de lei objetivando regular o Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE) previsto na Política Nacional de Mudança Climática. Dentre os projetos existentes, os mais importantes são: [PL 412/2022](#) (em tramitação no Senado), e o [PL 528/2021](#) (em tramitação na Câmara dos Deputados apensado ao PL 2148/2015 - projeto que concede benefício fiscal aos produtos de baixa emissão de carbono).

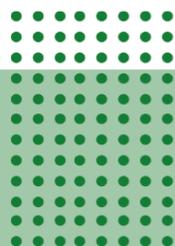


Enquanto os projetos acima continuam em tramitação no legislativo brasileiro, o Poder Executivo faz alguns avanços no tema por meio da aprovação de Decretos Executivos. Em maio de 2022, sob o governo do ex-presidente Jair Bolsonaro, houve a aprovação do **Decreto Federal nº 11.075**, que visava esclarecer alguns conceitos e estabelecer as bases necessárias para a criação do MBRE, tais como os Planos Setoriais de Mitigação das Mudanças Climáticas e o Sistema Nacional de Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa (Sinare). Em junho de 2023, após uma transição de governo e a instauração de uma nova pauta climática pelo presidente Luiz Inácio Lula da Silva, o Decreto nº 11.075 foi revogado devido a publicação do **Decreto Federal nº 11.550**¹⁷, que dispõe sobre o Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima – CIM, novo instrumento institucional responsável por definir diretrizes e deliberar sobre as estratégias do país no âmbito do Acordo de Paris.

O Decreto Federal nº 11.550 se insere num pacote de medidas anunciadas pelo presidente Luiz Inácio Lula da Silva para o combate das mudanças climáticas no Brasil, são elas: a publicação de mais quatro novos decretos (Decretos Federais nº 11.546, 11.547, 11.548 e 11.549), a indicação de alterações na NDC brasileira, e a apresentação da nova fase do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal - PPCDAm¹⁸. Por meio dessas ações, o governo afirma pretender fortalecer a agenda ambiental e climática no Brasil, assim como organizar o seu arcabouço normativo e a sua governança estatal.

¹⁷ Decreto nº 11.550, de 5 de junho de 2023. Dispõe sobre o Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-11.550-de-5-de-junho-de-2023-488175975>

¹⁸ Criado em 2004, o PPCDAm objetiva reduzir de forma contínua o desmatamento na Amazônia Legal e criar as condições necessárias para um modelo de desenvolvimento sustentável nessa região. Atualmente em sua 5ª fase de implementação (2023 a 2027), o novo PPCDAm estabelece diretrizes para a proteção da Floresta Amazônica nos próximos quatro anos, além da meta de zerar o desmatamento na região até 2030. O plano propõe ainda a instauração de uma Taxonomia Verde para orientar projetos governamentais e privados que promovam atividades de mitigação e adaptação às mudanças climáticas (Governo Federal, 2023).



Apesar das movimentações do executivo brasileiro na pauta das mudanças climáticas, o futuro da regulamentação de um Mercado Brasileiro de Redução de Emissões – MBRE resta incerto, aguardando avanço das proposições legislativas no Congresso Nacional. Nesse cenário, o Brasil está ficando para trás no que diz respeito à aplicação de mecanismos de precificação de carbono, uma vez que outros países da própria América Latina já estão adotando seus próprios mercados regulados de carbono (Colômbia e México por exemplo). A aprovação de um instrumento normativo regulando o MBRE é, portanto, imperativa para que o País possa rentabilizar suas vantagens competitivas ao trazer, via mercados de carbono, financiamento externo para uma rota de descarbonização (ICC Brasil, Way Carbon, 2022).

RECOMENDAÇÕES AO PODER PÚBLICO

Os mercados regulados podem ser implementados no âmbito regional, nacional ou subnacional, nesse sentido, existe a possibilidade que o Governo do Estado do Ceará regulamente e implemente um mercado estadual (subnacional) regulado de compra e venda de créditos de carbono (a exemplo do mercado existente na Califórnia);

- Após designado o sistema de troca de emissões e baseando-se principalmente no inventário de emissões do Estado, o Governo do Ceará deverá impor a cada um dos setores econômicos abrangidos pelo sistema um limite total de emissões permitidas, quantificado pelo número de licenças;
- Além da distribuição das licenças, o governo deverá ainda determinar as regras e os parâmetros de compra e venda dessas licenças, que poderão ser negociadas em leilão ou alocadas gratuitamente;
- Nos moldes do Conselho de Recursos Aéreos da Califórnia (California Air Resources Board - CARB) existente no Mercado de Carbono da Califórnia, o Estado do Ceará poderá criar igualmente uma autoridade ou conselho estadual para administrar a alocação das licenças dentro do mercado subnacional. Esse órgão seria igualmente

responsável pela criação, expedição e controle das licenças de emissão de GEE dentro do sistema estadual;

- Por ser um instrumento econômico que exige uma elevada transparência e governança internacional, os créditos de carbono negociados no mercado estadual, além de livremente negociáveis, devem ser decorrentes do conjunto das reduções de emissão de carbono aferidas no território do Estado do Ceará, segundo critérios de periodicidade, territorialidade e contabilidade estabelecidos anteriormente pelo Estado e aceitos internacionalmente pela UNFCCC;
- A opção do Governo do Estado por implementar um sistema subnacional de comércio de emissões deverá levar em conta a provável existência de um Mercado Brasileiro de Redução de Emissões – MBRE. Nesse sentido, além de dever alinhamento aos parâmetros, regras e princípios internacionais, o mercado subnacional deverá se adequar igualmente às diretivas e previsões normativas do MBRE, o que, a curto e médio prazo, traz uma significativa insegurança jurídica para o projeto.

QUADRO RESUMO DO CAPÍTULO 2

(Ver igualmente anexos 1 e 2)

- Um Sistema de Comércio de Emissões (SCE), ou *Emission Trading System* (ETS) em inglês, é um mecanismo político de precificação do carbono de caráter mandatário, ou regulado, uma vez que é previsto em lei e administrado pelo poder público. O seu principal objetivo de um SCE é limitar as emissões totais de GEE em setores estratégicos da economia pelo menor custo possível aos governos.
- Os governos impõem um limite total de emissões permitidas (denominado teto, ou *cap* em inglês) a cada um dos setores econômicos abrangidos pelo sistema. Esse limite é quantificado pelo número de licenças (*allowances*) que poderão ser negociadas em cada setor. Em outras palavras, *cap* é o número total de licenças (*allowances*) permitidas para os setores cobertos pelo SCE. O *cap* é reduzido progressivamente para que o total de emissões caia até atingir os objetivos de mitigação propostos para cada sistema.
- Cada licença (*allowance*) corresponde a uma tonelada de emissões de CO₂

equivalente (tCO₂e) e o seu preço pode variar conforme a legislação de cada mercado. Ademais, segundo o marco regulatório de um SCE, as licenças podem ser atribuídas gratuitamente a um setor - com base em alguma combinação de emissões históricas, lobbying político e/ou padrões de desempenho - ou vendidas em leilão.

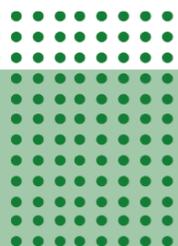
- De acordo com a última sondagem realizada pela ICAP (*International Carbon Action Partnership*), até janeiro de 2023, existiam 28 SCE em vigor no mundo e 8 em processo de implantação, como os sistemas regulados na Colômbia, Indonésia e Vietnã. Para além desses países, 15 ainda estão considerando o papel que o SCE pode desempenhar em suas políticas climáticas nacionais, dentre eles o Brasil.
- Nesse cenário promissor, a compreensão das práticas adotadas pelos mercados regulados de países que mais emitem GEE no mundo, notadamente a China (30,9%), os Estados Unidos (13.5%) e a União Europeia (7.52%).

UE - Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE)

- O Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE) é o mais antigo mercado regulado de carbono em vigor no mundo e o mais relevante em termos de cobertura de emissões e de receitas geradas anualmente. Enquanto instrumento fundamental da política climática da União Europeia, o CELE opera em todos os seus Estados-Membros, mais a Islândia, o Liechtenstein e a Noruega, totalizando assim 30 países.
- De acordo com o regulamento europeu, as receitas provenientes dos leilões de licenças de emissões vão para os orçamentos nacionais dos Estados-Membros, que devem usar pelo menos 50% em projetos relacionados ao clima e à geração de energia. Desde seu lançamento em 2005, o mercado de carbono europeu passou por quatro fases diferentes, cada uma com períodos de duração diferentes.

EUA - Mercado de Carbono da Califórnia

- O Mercado de Carbono da Califórnia é um dos cinco programas independentes nos Estados Unidos, estando em operação desde 2012. Este abrange os setores de energia, indústria, transporte e construção civil, sendo que às fontes emissoras que emitem mais de 25.000M t CO₂e, tais como grandes empresas de geração de eletricidade e grandes fontes estacionárias (refinarias, instalações de produção de



cimento, etc.) possuem participação compulsória no mercado californiano.

CHINA - O Mercado de Carbono Chinês

- Em operação desde julho de 2021, o Mercado de Carbono Chinês é considerado uma das principais ferramentas do governo chinês para alcançar seus compromissos climáticos perante o Acordo de Paris. O seu surgimento se deu graças à experiência bem-sucedida de mercados-piloto regionais de carbono nas províncias de Pequim, Tianjin, Shanghai, Guangdong, Shenzhen, Chongqing e Hubei.
- O mercado de carbono chinês ainda atua de maneira provisória. Somente após o projeto sofrer algumas emendas e começar a ser definitivamente adotado, é que o Mercado de Carbono Chinês passará a ser regido por regras definitivas e que suas atividades serão obrigatórias em todo o país.

BRASIL

- Em relação ao Brasil, tramitam no Congresso Nacional diversos projetos de lei objetivando regular o Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE) previsto na Política Nacional de Mudança Climática. Enquanto não há um instrumento normativo definitivo, o executivo regulamenta alguns assuntos correlatos à matéria por meio de Decretos Executivos (Decretos Federais nº 11.075, 11.546, 11.547, 11.548 e 11.549).
- A aprovação de um instrumento normativo regulando o MBRE é, portanto, imperativa para que o País possa rentabilizar suas vantagens competitivas ao trazer, via mercados de carbono, financiamento externo para uma rota de descarbonização, principalmente em atividades ligadas ao uso da terra como agropecuária e florestas.

3. Mercados voluntários de carbono: mecanismos de compensação

Os mercados voluntários de carbono, também denominados mecanismos de compensação (*offsetting mechanisms*), são sistemas financeiros autônomos em que se comercializam créditos de carbono derivados de uma redução ou eliminação de gases de efeito estufa (GEE). Utilizados principalmente por pessoas físicas, corporações, governos e ONGs para

emitir, comprar e vender créditos de carbono fora dos mecanismos regulados e obrigatórios de precificação de carbono, os mercados voluntários podem ser considerados mercados privados paralelos de compra e venda de créditos de carbono (Climate Focus, 2022).

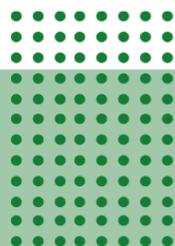
O principal objetivo de um mercado voluntário de carbono é mitigar a mudança climática, criando espaço para os atores públicos e privados financiarem atividades que removam as emissões de gases de efeito estufa da atmosfera ou as reduzam de forma lucrativa. A participação desses atores se dá de diferentes formas, como, por exemplo:

- investindo em projetos e programas que geram créditos de GEE comercializáveis;
- comprando créditos para compensar voluntariamente suas próprias emissões de GEE ou;
- financiando atividades que reduzam diretamente as emissões de GEE ou sequestram os GEE da atmosfera.

3.1. Funcionamento: o papel dos standards

Um mercado voluntário de carbono funciona através da comercialização de créditos de carbono. Cada crédito representa uma tonelada de dióxido de carbono equivalente (tCO₂e) que é sequestrado ou não emitido.

Os créditos de carbono no mercado voluntário são emitidos e certificados por diferentes certificadoras, reconhecidas internacionalmente pelo termo “*carbon standards*” ou apenas “*standards*”. As certificadoras de carbono são organizações privadas, mais comumente organizações não governamentais, reconhecidas internacionalmente, que estabelecem os requisitos e as regras específicas voltadas para orientar os desenvolvedores de projetos na



implementação de atividades que geram resultados de redução de emissões de GEE (Climate Focus, 2022). Os principais *standards* de carbono existentes são:

Standard	Locais de aplicação	Tipos de projetos	Observação
Verified Carbon Standard (VCS)	Todos	Todos	Standard pioneiro no mundo (presente em 82 países). Administrado pela certificadora VERRA e aplicado sobretudo em países em desenvolvimento.
Climate, Community & Biodiversity Alliance (CCBA)	Todos	AFOLU ¹⁹ REDD+ ²⁰	Standard que se destaca pelo seu cuidado com os impactos à biodiversidade, às comunidades locais e aos pequenos produtores. Administrado pela VERRA desde 2014
Gold Standard (GS)	Todos	Todos (Exceto REDD+)	Segundo maior standard do mundo. A maioria dos registros são de projetos nos setores de energia e eficiência energética. Clientes europeus são os principais compradores de certificados GS.
American Carbon Registry Standard (ACR)	Todos	AFOLU REDD+; Energia; Resíduos sólidos	Standard reconhecido internacionalmente, porém ainda predominante nos EUA. É habilitado como standard de compensação no Mercado regulado da Califórnia

¹⁹ AFOLU é a sigla para projetos no tema Agricultura, Florestas e Uso do Solo, *Agriculture, Forestry and Other Land Use* em inglês.

²⁰ REDD + (Redução de Emissões provenientes de Desmatamento e Degradação Florestal) é a sigla para designar projetos que seguem uma metodologia da ONU/UNFCCC para reconhecer iniciativas de mitigação de GEE no setor florestal em países em desenvolvimento (mais informações ir no tópico 3.5 e capítulo 6).

Climate Action Reserve (CAR)	América do Norte (EUA; Canadá e México)	Processos industriais; AFOLU; Captura de carbono e Resíduos sólidos	Poucos registros fora dos EUA. É habilitado como standard de compensação no Mercado regulado da Califórnia e atualmente responsável pelo projeto piloto do ETS no México (2021-2023).
Social Carbon	Países menos avançados (PMA) e países em desenvolvimento	Processos industriais; AFOLU; REDD+; Energia; Captura de carbono e Resíduos sólidos	Standard que se destaca pelo seu diferencial em exigir a incorporação de benefícios sociais, ambientais e econômicos significativos aos projetos e às partes interessadas locais. Até o presente momento, esse standard possui poucos projetos registrados ou em processo de registro no Brasil.

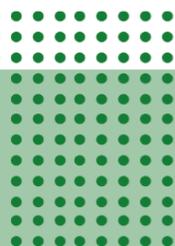
Ainda que os requisitos para a certificação de um projeto variem conforme o padrão e a certificadora escolhida, alguns critérios são comuns e condicionais a praticamente todos os projetos que busquem uma creditação no mercado voluntário, são eles:

- **Realidade:** projeto deve ser real, ou seja, deve gerar uma redução ou remoção de GEE quantificável e verificável, que gerem benefícios para a atmosfera;
- **Exclusão de dupla contagem:** projetos devem demonstrar que seus créditos são únicos, que ele não possui registro em outro *standard* ou SCE. Tal exigência deve-se ao fato de que os certificados de carbono só podem ser vendidos e creditados uma vez, por exemplo, não podem ser reivindicados no mercado voluntário e simultaneamente no mercado regulado;
- **Adicionalidade:** o projeto deve somar ao cenário anteriormente existente, logo, deve ser bem demonstrado que as reduções ou remoções de GEE não teriam ocorrido sem o incentivo criado pelos créditos de carbono;

- Permanência: o projeto deve promover reduções ou remoções permanentes de emissões, comprovando-se a inexistência de uma redução ou cancelamento do mesmo por mudanças/eventos externos (incêndio, doenças, pragas, extração ilegal de madeira, etc.).
- Auditorias independentes regulares: o projeto deve prever a existência de auditorias independentes e regulares para avaliar e monitorar a execução do projeto e os resultados planejados.

Para gerar créditos de carbono, as atividades precisam ser projetadas, desenvolvidas e certificadas de acordo com as metodologias estabelecidas por cada *standard*. Neste processo, as reduções e remoções de emissões de GEE precisam ser monitoradas, relatadas e verificadas; e os créditos de carbono precisam ser emitidos e transferidos. Uma vez que os créditos de carbono de um projeto ou programa específico sejam certificados e estejam prontos para serem comercializados, eles podem então ser trocados em outros mercados voluntários desde que exista equivalência, considerando que não existe um mercado único ou centralizado (Climate Focus, 2022).

Cumprir destacar que a eficácia de um mercado voluntário varia conforme o rigor e o padrão utilizados pelos principais *standards* de certificação (Climate Focus, 2022). Em outras palavras, dependendo dos critérios que os *standards* normalmente exigem para a geração de um crédito de carbono, a efetividade de um mercado poderá aumentar ou diminuir. Assim, os padrões exigidos devem considerar os parâmetros suficientes e necessários para atestar a geração do crédito de carbono sem que criem barreiras que limitem o desenvolvimento de projetos, e, por consequência, a queda no fomento de redução de GEE e uma menor participação setorial no mercado.

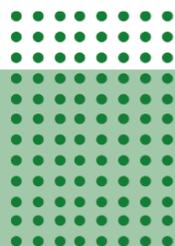


As restrições de desenvolvimento de projetos variam a depender do tipo, metodologia aplicável e *standards*, sendo que os programas com um escopo maior, como o GS e o VCS (Ver quadro acima para definições), tendem a possuir menos limitações do que os demais com um escopo seletivo (PMR, 2015). Existem projetos que terão sua implementação limitada em virtude da inexistência de metodologias hábeis a mensuração dos créditos de carbono, como acontece, por exemplo, com projetos aplicados no bioma da Caatinga; outros sofreram limitações pelos próprios *standards*, como aconteceu com projetos de energias renováveis, dos quais países em desenvolvimento não são mais elegíveis (Gold Standard, 2021; VCS, 2019a).

Afinal, quanto custa um crédito de carbono no mercado voluntário?

No mercado voluntário de carbono, os valores atribuídos aos créditos irão variar conforme o tipo de projeto e a metodologia aplicada, seguindo a lei da oferta e da procura. Existem créditos que valem alguns centavos de dólares por tCO₂ equivalente, enquanto outros poderão chegar a USD 300,00 por tCO₂e (Favasuli, Sebastian, 2021).

Sendo assim, no momento da aquisição dos créditos de carbono, a escolha de quais projetos investir dependerá dos objetivos e interesses corporativos ou institucionais do ente comprador. Além do critério climático, relativo ao total de emissões reduzidas ou removidas da atmosfera, as empresas poderão considerar outros fatores quando de sua escolha, como o de escolher projetos que tragam um retorno socioeconômico às comunidades na localidade do seu negócio (Gold Standard, c2023).



Créditos de carbono e iniciativa privada

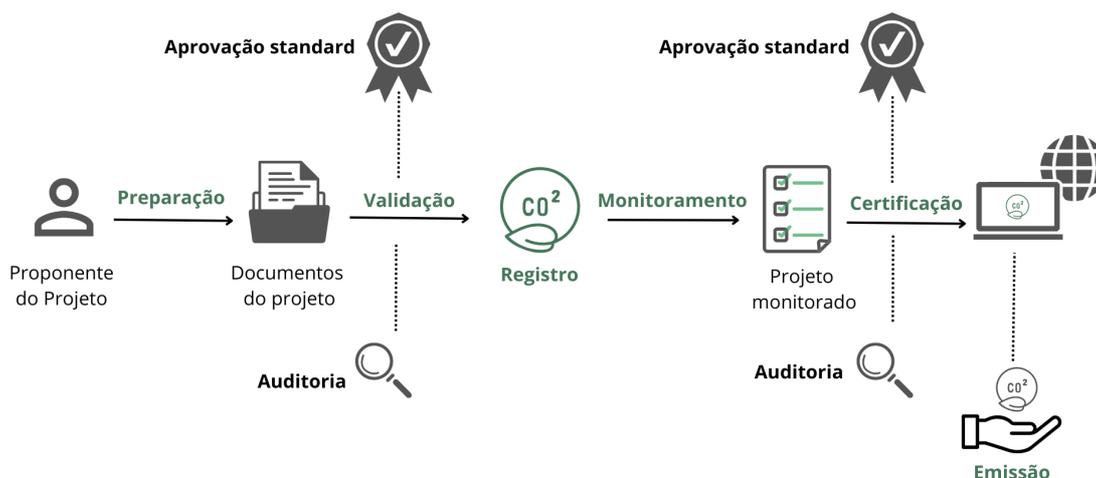
A iniciativa privada, sobretudo as grandes empresas, comercializam certificações de carbono geralmente para atenderem uma meta voluntária corporativa. No geral, elas tendem a investir na compra de créditos para atingirem suas metas climáticas e conseqüentemente se diferenciarem de seus concorrentes por meio de um *branding* mais sustentável, que mostre seu engajamento com os desafios ambientais e climáticos. Esta é uma estratégia de marketing popular para construir o reconhecimento de uma marca e fortalecer a fidelidade dos consumidores em um período em que muitos estão cada vez mais conscientes dos impactos das mudanças climáticas (PMR & World Bank, 2021a).

No Brasil, segundo estudos da consultoria McKinsey, a demanda por créditos de carbono tenderá a crescer nos próximos anos para atender o interesse do empresariado brasileiro. Das 80 principais empresas atuando no país, 77% já publicaram alguma meta de redução de emissões. No entanto, desse total de empresas com metas de redução, 56% ainda não estão alinhadas às recomendações da comunidade científica para atingir o limite de 1,5°C e 41% ainda não se comprometeram com as metas de neutralidade carbono (McKinsey, 2022). Sendo assim, considerando que nos próximos anos essas empresas apresentarão novos compromissos climáticos e mudarão suas práticas corporativas, a demanda por crédito de carbono voluntário no Brasil deverá chegar a 7 milhões de tCO₂e em 2030 (algo em torno de USD 200 milhões). Ademais, segundo o mesmo estudo, essa demanda pode chegar a 90-220 milhões de tCO₂e em cenários mais otimistas, o que representa um potencial mercado de USD \$1,5 a 6 bilhões (McKinsey, 2021).

3.2. Processo de creditação

O processo de gerar e trocar créditos de carbono no mercado voluntário é complexo e exige a colaboração de diferentes stakeholders, dentre eles os standards de certificação e as agências independentes de auditoria. No geral, o projeto objeto de creditação passa por cinco diferentes etapas desde a sua preparação até a sua validação, registro, certificação e conseqüente negociação dos créditos de carbono (Figura 4).

Figura 4: Processo de certificação no Mercado Voluntário de Carbono



Elaboração: Autores

Etapa nº 1: Preparação do projeto e escolha da metodologia

Ao desenvolver ou adaptar um projeto visando a geração de créditos de carbono, os proponentes, sejam eles públicos ou privados, precisam primeiramente **identificar a atividade com potencial de reduzir ou remover emissões de GEE e se certificar da sua executabilidade**. Em teoria, deve-se demonstrar que o projeto é : (i) real e mensurável; ii) adicional, pois contribui positivamente para a redução ou a remoção de GEE; iii) permanente, pois não corre o risco de ser interrompido por eventos externos e iv) único/exclusivo, pois seus créditos não foram anteriormente negociados em um outro mercado (World Bank, 2022).

Em paralelo ao escopo do projeto, os proponentes devem igualmente **escolher a metodologia a ser aplicada para o cálculo e consequente monitoramento de suas atividades**. A depender do tipo do projeto, são várias as metodologias existentes. As metodologias mais usadas e que possuem maior credibilidade nos mercados de carbono são aquelas reconhecidas pelos principais standards de certificação e pré-aprovadas por

grupos técnico-científico²¹. Na inexistência de uma metodologia adequada ao projeto, existe a possibilidade de se criar uma nova metodologia, entretanto, a mesma deve ser previamente validada por uma auditoria independente e aprovada pelo mercado ao qual o projeto será enviado (Vargas, Delazeri & Ferreira, 2021).

Atenção! Uma boa escolha metodológica é fundamental para o sucesso do projeto, pois ela irá definir os parâmetros e procedimentos a serem utilizados para se calcular o potencial de crédito de carbono, ou seja, a quantidade de emissões de GEE em tonelada de CO₂ equivalente que será reduzida ou retirada anualmente quando comparado à um cenário base de emissões em que inexistia o projeto analisado (o que chamamos de adicionalidade ou linha de base de crédito) (Climate Focus, 2022).

As principais metodologias adotadas pelos *standards* são disponibilizadas em suas plataformas virtuais: [Verified Carbon Standard](#) | [Gold Standard](#) | [American Carbon Registry](#). Os projetos desenvolvidos no Brasil são em sua maioria associados com os setores de agricultura, florestas e uso do solo; transição energética (substituição de combustível, eficiência energética, entre outros); gestão e descarte de resíduos; pecuária, fermentação entérica e manejo de esterco; e transporte.

Devido a tecnicidade do tema e a grande quantidade de requisitos à certificação das emissões, projetos ambientais voltados para a produção de créditos de carbono no Brasil são normalmente desenvolvidos e preparados por empresas ou ONGs especializadas em mercados de carbono, que conhecem e aplicam as metodologias utilizadas pelos principais *standards* internacionais, algumas delas são: [Sustainable Carbon](#); [Carbonext](#); [Biofilica](#); [Carbon Credits Consulting](#), dentre outros (Vargas, Delazeri & Ferreira, 2021).

²¹ Atualmente, os métodos existentes e aplicados pelos principais *standards* de certificação ainda não estão integrados ou totalmente adaptados à realidade da crise climática e à realidade socioeconômica de todos os países, sobretudo dos mais vulneráveis. Entretanto, com o passar do tempo e com o aumento da demanda global, estes critérios serão revisados e debatidos com maior frequência dentro de um quadro global defendido pela UNFCCC. O objetivo é adaptar o mercado voluntário às ferramentas de mitigação já existentes sem deixar de lado a urgência de inovação e a necessidade de atrair novos atores (PMR & World Bank, 2021).

Etapa nº 2: Auditoria e validação

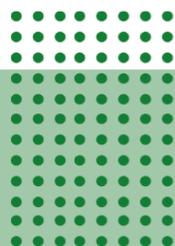
Definido o escopo e a metodologia do projeto, este precisa ser acompanhado e validado por uma auditoria independente, que são normalmente empresas certificadas e escolhidas pelos principais *standards*, tais como : IBOPE (Brasil); Bureau Veritas (Bélgica); Rainforest Alliance (USA), etc. A entidade auditora é responsável por verificar a conformidade das atividades do projeto e entrar em contato com os stakeholders envolvidos na sua execução.

Etapa nº3: Registro

Validado o projeto pela auditoria, os proponentes do projeto devem encaminhá-lo para posterior aprovação de um *standard* de carbono. Uma vez respeitados os requisitos estabelecidos pelo *standard*, o projeto é aprovado e ganha um registro eletrônico na plataforma do *standard* que o aprovou. O registro é requisito formal para que o projeto possa vir a emitir créditos de carbono (Climate Focus, 2022).

Etapa nº4: Monitoramento

Feito o registro e uma vez que o projeto é executado, os proponentes devem iniciar o seu monitoramento, que consiste em rastrear e reportar as emissões de GEE que foram reduzidas ou removidas graças à execução do projeto. De posse dos dados levantados no monitoramento, a entidade independente designada para a auditoria do projeto junto do padrão de carbono no qual o projeto foi registrado fará uma nova análise de conformidade do projeto antes de validá-lo definitivamente. Essa segunda validação é igualmente um requisito formal para a expedição de créditos de carbono (Climate Focus, 2022).



Etapa nº5: Certificação e emissão de créditos

Concluído o registro e a validação final do projeto, os créditos contabilizados são certificados pelo *standard* e liberados aos proponentes em sua plataforma eletrônica. Na posse dos créditos, cabe ao proprietário decidir por sua venda, troca, retirada ou cancelamento. Todos esses procedimentos são feitos eletronicamente.

3.3. Desenvolvimento do mercado de carbono voluntário

Por funcionar seguindo a lógica de um livre mercado, o crescimento do mercado de carbono voluntário depende de diversos fatores e circunstâncias, dentre eles a própria oferta e demanda de créditos no mundo.

Globalmente, em todos os setores, haviam **4.435 projetos** registrados no mercado voluntário de carbono até o ano de 2022. Juntos, estes projetos foram responsáveis por retirar ou reduzir a emissão de **1.448,8 Mt CO₂e** em dez anos, de 2002 à 2022 (Climate Focus 2023^a).

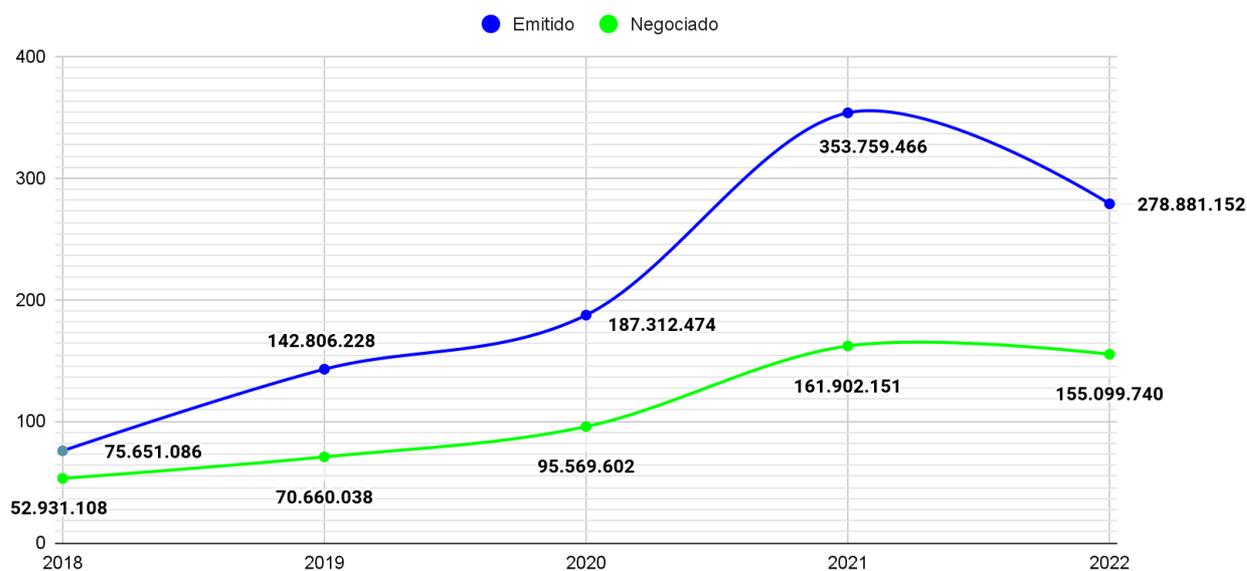
Esses valores são provenientes especialmente dos projetos NBS²² e energias renováveis, seguido das atividades domésticas, resíduos, gases industriais, eficiência energética, substituição de combustíveis, captura e armazenamento de carbono, e de mineração de carvão/metano (Climate Focus, 2023a). Em relação a participação da América Latina nesse mercado, entre os anos de 2010 e 2021 foram registrados um total de 173.3 MtCO₂e em créditos de carbono de carbono, sendo que o Brasil é um dos principais atores no mercado voluntário de carbono na região (Sullivan, et al., 2021).

²² Ações Baseadas na Natureza, ou *Nature-Based Solutions* – NBS em inglês, é um termo usado para designar ações de proteção e restauração dos ecossistemas naturais, bem como atividades que promovam o uso sustentável da terra (IUCN 2021). Mais informações sobre projetos NBS no capítulo 6 do presente Roadmap.

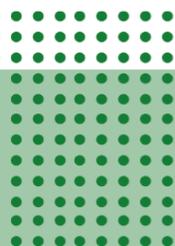
Diferentemente das projeções de que este mercado alcançaria recordes históricos em volume negociados para o ano de 2022 (PMR & World Bank, 2021), a realidade concreta se mostrou o oposto. Em termos comparativos, houve uma queda de 21% na quantidade de créditos de carbono emitidos em relação ao ano-base de 2021, apesar de que a quantidade negociada não sofreu muita alteração, permanecendo estável (Climate Focus, 2023a).

A partir da análise do gráfico nº 1, percebe-se que houve uma variação na tendência de crescimento dos mercados de carbono, especialmente quanto à emissão de novos créditos. Entre os anos de 2018 e 2021, o mercado encontrava-se em forte ascensão, razão pela qual projetava-se que no ano de 2022 os valores obtidos seriam superiores aos demais. Todavia, em virtude do contexto de crise econômica global pós-covid-19, ocorreu a diminuição no número de créditos emitidos, conseqüentemente, da quantidade de dióxido de carbono reduzido ou sequestrado da atmosfera (Climate Focus, 2023b).

Gráfico 1: Quantidade de créditos de carbono emitidos e negociados entre 2018 e 2022 (MtCO₂e)



Fonte: Climate Focus, 2023a
Elaboração: Autores



Apesar dessa queda de emissões entre 2021 e 2022, as projeções para um crescimento posterior restam otimistas considerando a manutenção do volume negociado. Alguns setores alimentam as esperanças de crescimento desse mercado graças ao forte aumento da demanda pelo setor privado, a exemplo dos projetos de energia renovável, que superaram a demanda de projetos NBS - até então líderes do mercado (Climate Focus 2023b).

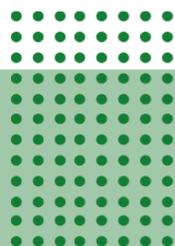
Finalmente, considerando que, juntos, projetos de energia renovável e projetos NBS somam 2/3 do total de créditos emitidos em 2022, pode-se haver um aumento do interesse dos agentes privados nos próximos anos para ambos esses setores (Climate Focus 2023b). Nesse contexto, surge um potencial de mercado a ser explorado pelo Brasil e pelo Ceará, que devem, portanto, fomentar a criação de novos projetos nesses dois setores.

3.4. O Mercado voluntário de carbono no Brasil

No Brasil, o mercado de carbono voluntário conta atualmente com **159 projetos** (Vargas, Delazeri & Ferreira, 2021). Deste total:

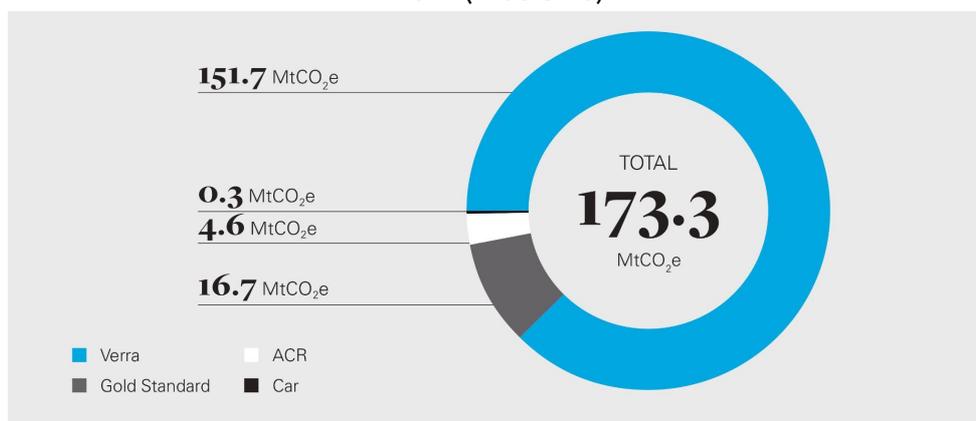
- 80% são projetos registrados e com créditos de carbono já certificados e expedidos;
- 4% são de projetos registrados que ainda aguardam a certificação de créditos e;
- 16% são de projetos em desenvolvimento ou em processo de validação.

Ademais, dos projetos registrados e certificados no país, a quase totalidade das certificações foram realizadas por apenas três standards internacionais: *Verified Carbon Standard - VCS* (89%); *Gold Standard - GS* (7%) e *American Carbon Registry - ACR* (4%).



A certificação da maioria dos créditos de carbono pelo VCS, GS e ACR no Brasil segue a mesma tendência dos demais países na América Latina. Em termos numéricos, o VCS é responsável por 87,5% de todos os créditos emitidos na região, com um valor correspondente a 151,7M tCO₂, entre os anos de 2010 e 2021 (Figura 5).

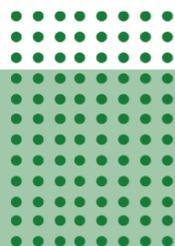
Figura 5: Créditos de carbono emitidos na América Latina por *standard* - 2010 e 2021(MtCO₂e)



Fonte: Sullivan, et al., 2021

Uma das razões pela prevalência do VCS na América Latina e no Brasil está atrelada à sua referência no registro de projetos no setor Agricultura, Florestas e Uso da Terra (AFOLU) que, entre os anos de 2020 e 2021, vislumbrou um crescimento de mais de 200% dos créditos emitidos a partir desses projetos (ICC Brasil, WayCarbon, 2022).

Diante dessa realidade nacional de projetos de créditos negociados no mercado voluntário, cabe aqui verificar quais são as boas práticas atualmente adotadas na esfera governamental no Brasil que viabilizam o desenvolvimento dos mercados de créditos de carbono no país.

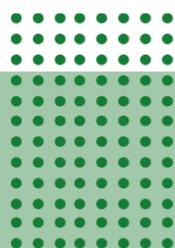


3.5. O protagonismo dos governos subnacionais

Em teoria, o mercado voluntário de carbono funciona de forma independente dos governos, sejam eles nacionais, regionais ou locais. Entretanto, na prática, os governos podem instituir políticas, regulamentos e salvaguardas às atividades que gerem créditos de carbono em seu território, principalmente quando desejam potencializar os impactos mitigatórios desse tipo de mercado ou alinhar seus efeitos em suas jurisdições.

Indiretamente, quando utilizados como instrumento de suporte à execução de outras políticas climáticas, governos podem investir ou fomentar o investimento externo em projetos ou programas mitigatórios com alto potencial de mercado. Nesse sentido, os mercados voluntários de carbono podem contribuir com o cumprimento de metas climáticas governamentais e atrair investimento privado em setores estratégicos de frágil envolvimento do poder público, tais como a proteção da biodiversidade, o desenvolvimento de tecnologia de baixo carbono e a produção de energia renovável. Ademais, por meio de parcerias com diferentes standards de carbono, governos podem se beneficiar de uma expertise técnica para a produção de inventário de emissão de carbono ou mesmo para o uso de procedimentos de compensação de emissão (Climate Focus, 2022).

Diretamente, governos podem ainda participar ativamente do mercado enquanto proponentes de projetos ou entidade geradora de créditos de carbono. A título de exemplo e conforme será demonstrado a seguir, governos criam e emitem créditos de carbono diretamente por meio da implementação de programas jurisdicionais de REDD +, utilizando-se para isso de metodologias reconhecidas pelos principais standards de carbono internacionais (Climate Focus, 2022).



No Brasil, os governos subnacionais (estaduais e municipais) têm desempenhado um relevante papel para o desenvolvimento do mercado voluntário de carbono no país. Considerando a ausência de um mercado regulado nacional (ver ponto 2.3), o protagonismo governamental subnacional tem se manifestado a partir da criação de um ambiente regulatório e político que garanta a segurança dos projetos e investimentos, fortaleça a credibilidade dos créditos, favoreça a repartição de benefícios, entre outros, quando não figura como titular ou beneficiário dos créditos de carbono (Sullivan, et al., 2021).

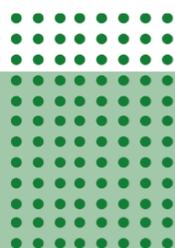
Em relação aos governos estaduais, estes têm adotado diferentes políticas estaduais com dispositivos que abordam, direta ou indiretamente, o mercado de carbono e a geração de créditos. As principais políticas que trazem tais disposições são:

- (1) Políticas Estaduais de Pagamento por Serviços Ambientais;
- (2) Políticas de Incentivos ao mercado voluntário de carbono e a geração de créditos;
- (3) Políticas Estaduais sobre Mudança Climática; e,
- (4) Políticas Econômicas que versem sobre recursos provenientes de créditos de carbono.

Verificar **Anexo 1** do presente documento contendo um resumo detalhado das principais legislações e políticas públicas estaduais sobre o tema de créditos e mercado de carbono.

Apesar de cada Estado ter a faculdade de adotar sistemáticas políticas e legislativas compatíveis com sua realidade, percebe-se que há certas similaridades quanto às disposições e forma de tratamento do mercado e créditos de carbono.

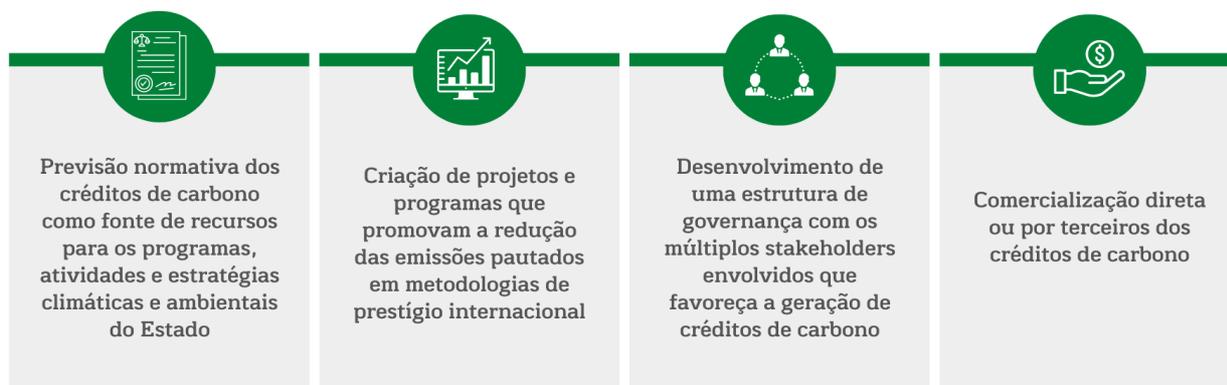
Entre os estados brasileiros, pode-se mencionar quatro ações governamentais que alicerçam o desenvolvimento ou incentivo de projetos de créditos de carbono nas diferentes regiões do país:



1. Por meio da previsão normativa dos créditos de carbono como fonte de recursos;
2. Por meio da criação de projetos e programas que promovam reduções de emissões pautadas em metodologias com credibilidade internacionais;
3. Por meio do desenvolvimento de uma estrutura de governança entre os múltiplos *stakeholders* envolvidos que favoreçam o desenvolvimento de projetos de redução e/ou sequestro de emissões; e, por fim,
4. Por meio da comercialização direta ou por terceiros dos créditos de carbono jurisdicionais.

Figura 6: Práticas adotadas por governos subnacionais do Brasil em relação ao mercado voluntário

Elaboração: Autores.



Ação nº1

Previsão normativa dos créditos de carbono como fonte de recursos estaduais

Os reguladores primários do mercado voluntário de carbono são as organizações gestoras dos standards internacionais de carbono. Dessa forma, cabem aos standards de carbono estabelecer os requisitos e padrões a serem seguidos pelos proponentes de projetos que desejam certificar e negociar créditos de carbono no mercado voluntário. Entretanto,

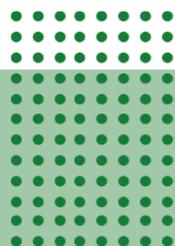
enquanto reguladores soberanos, governos podem igualmente: regulamentar os mercados voluntários por meio do estabelecimento de novas salvaguardas e garantias relacionadas a projetos sociais e ambientais em seus territórios; exigir o compartilhamento de benefícios junto de comunidades; ou mesmo para ligar o mercado voluntário aos seus próprios compromissos climáticos.

Nesse sentido, agindo em suas funções de agente público regulador em prol do bem estar coletivo, alguns estados e municípios brasileiros estão propondo instrumentos normativos, tais como leis e decretos, para regulamentar a produção e a negociação de créditos de carbono originados de projetos desenvolvidos a partir da atividade ambiental dos governos subnacionais. Alguns desses regulamentos prevêm igualmente a destinação dos recursos gerados da comercialização desses créditos e os instrumentos existentes para a atração de investimentos privados no setor, o financiamento dos programas climáticos e ambientais, e a repartição de benefícios para as comunidades onde os projetos são implementados.

A título exemplificativo, o **estado do Tocantins** publicou recentemente uma lei²³ que institui a **Política Estadual de Pagamento por Serviços Ambientais (PEPSA)**. Essa lei é inovadora ao prevê a existência dos **Créditos de Carbono Jurisdicionais**²⁴, como são denominados os ativos decorrentes de suas atividades de preservação, proteção e recuperação do meio ambiente. De titularidade do Estado do Tocantins, a lei prevê a possibilidade de venda desses créditos nos mercados voluntários de carbono e a utilização desses recursos para

²³ Lei nº 4.111, de 05 de janeiro de 2023, que institui a Política Estadual de Pagamento por Serviços Ambientais (PEPSA) do Tocantins, e adota outras providências. Disponível em: https://www.al.to.leg.br/arquivos/lei_4111-2023_61794.PDF

²⁴ De acordo com o artigo 2º, inciso IX, da lei do PEPSA, os Créditos de Carbono Jurisdicionais são descritos como: *crédito de carbono livremente transacionável, decorrente do conjunto das reduções de emissão de carbono aferidas no território do Estado do Tocantins, segundo critérios de periodicidade, territorialidade e contabilidade internacionalmente aceitos.*



financiamento do próprio PEPSA.

Outrossim, a **Política Estadual de Enfrentamento às Mudanças Climáticas de Pernambuco**²⁵, que também autoriza a alienação pelo Estado dos créditos que foram aprovados pelo Conselho Estadual do Meio Ambiente. Por fim, o **Estado de Roraima** prevê igualmente em sua **Política Econômica-Ambiental**²⁶ a destinação dos recursos provenientes da comercialização dos créditos de carbono para financiamento da sua política ambiental.

Outros estados no Brasil também possuem instrumentos normativos similares para regulamentar e incentivar a produção, a compra e a venda de créditos de carbono em seus territórios. Para tomar ciência de outras iniciativas, verificar o **Anexo 1** do presente documento.

Ação nº 2

Desenvolvimento de programas e/ou projetos de geração de créditos de carbono
(participação ativa em programas jurisdicionais REDD+ e pagamento por serviços ambientais)

Os estados brasileiros podem gerar créditos de carbono graças a seus projetos, programas e políticas públicas estaduais que gerem uma redução ou remoção de GEE. Para tanto e caso queiram vender seus créditos no mercado de carbono, tais atividades governamentais devem respeitar os requisitos e as metodologias exigidas para a sua certificação perante os

²⁵ Artigo 23, inciso VII, da Lei nº 14.090, de 17 de junho de 2010 que institui a Política Estadual de Enfrentamento às Mudanças Climáticas de Pernambuco, e dá outras providências. Disponível em: <https://legis.alepe.pe.gov.br/texto.aspx?id=3490&tipo=TEXTOATUALIZADO>

²⁶ Artigo 9 do Decreto Nº 29710-E DE 09 de dezembro de 2020. Institui Política Estadual de Impulsão do Desenvolvimento Econômico-Ambiental de Baixas Emissões de gases de efeito estufa provenientes do desmatamento e da degradação florestal, e dá outras providências. Disponível em: [https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=405863#:~:text=4%C2%BA%20A%20Pol%C3%ADtica%20Econ%C3%B4mica%2DAmbiental,sobre%20Mudan%C3%A7a%20do%20Clima%20\(UNFCCC\)](https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=405863#:~:text=4%C2%BA%20A%20Pol%C3%ADtica%20Econ%C3%B4mica%2DAmbiental,sobre%20Mudan%C3%A7a%20do%20Clima%20(UNFCCC))

standards de carbono existentes.

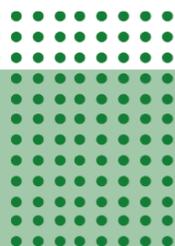
Nesse sentido, a participação ativa dos governos estaduais brasileiros nos mercados de carbono tem se dado na modalidade de proponentes de projetos relacionados às suas atividades de fiscalização, proteção, recuperação e conservação do meio ambiente. Em outras palavras, os programas e projetos estaduais dos quais resultem reduções de emissões devidamente certificadas poderão gerar ativos negociáveis em mercados de carbono.

A principal maneira que os estados brasileiros encontraram para participarem diretamente dos mercados de carbono foi por meio dos programas jurisdicionais no âmbito da iniciativa REDD + (Ver quadro explicativo abaixo).

Sobre o REDD+

Desenvolvido em 2013 durante a COP 19 em Varsóvia, REDD + (Redução de Emissões provenientes de Desmatamento e Degradação Florestal) consiste em uma metodologia da ONU/UNFCCC para reconhecer iniciativas de mitigação de GEE no setor florestal em países em desenvolvimento. Este mecanismo permite beneficiar financeiramente as entidades governamentais que **reduzem as emissões originárias do desmatamento e da degradação florestal, promovem o manejo sustentável, a conservação e o aumento dos estoques de carbono de suas florestas.**

A implementação das atividades de REDD + é voluntária e depende da capacidade institucional e política de cada país ou governo subnacional em desenvolver e apoiar projetos desse tipo no âmbito doméstico. No Brasil, o Ministério do Meio Ambiente é o ponto de contato com a UNFCCC, responsável pela elaboração de estratégias e metas nacionais, cálculo de emissões florestais e repasse de verbas aos projetos registrados e aprovados na plataforma eletrônica da ONU ([UNFCCC REDD+ web platform](#)).



O financiamento de projetos REDD + pode se dar tanto via fundos públicos (internacionais, nacionais ou estaduais), por exemplo o financiamento pelo Fundo Amazônia, ou via setor privado, principalmente por meio da participação em Mercados Voluntários de Carbono. Cumpre ressaltar que os principais financiadores e compradores de créditos derivados de projetos florestais no Brasil são fundos e empresas internacionais, principalmente americanos e europeus (Icap, 2022).

Em relação aos créditos provenientes de programas jurisdicionais de REDD + , pode-se mencionar os casos do Acre e Mato Grosso, ambos integrantes da iniciativa global *REDD Early Movers (REM)*. Lançada em 2012 no âmbito da Rio+20, essa iniciativa busca remunerar os países e estados considerados pioneiros em projetos de conservação florestal e redução das emissões por desmatamento e degradação.

- **Programa REM Acre:** em vigor desde 2012, este recebeu na última fase do programa o montante de 30 milhões de euros em investimento estrangeiro para a execução de suas atividades. Por meio do seu Programa Carbono, integrante do SISA²⁷ (Sistema Estadual de Incentivo a Serviços Ambientais), o Estado do Acre gerou em 2022 um total de 100 milhões de toneladas de créditos de carbono (REM-AC, 2022; ACRE, 2022).
- **Programa REM Mato-Grosso:** em vigor desde 2017, este recebeu um investimento total de 44 milhões de euros a serem repartidos em seus quatro subprogramas. O programa já promoveu o manejo sustentável de quase 4 milhões de hectares e gerou 10 milhões de MtCO₂ em créditos de carbono (REM-MT, 2023).

Outra forma bastante recorrente de gerar créditos de carbono é por meio de uma política estadual de **Pagamento por Serviços Ambientais (PSA)**. Por meio de um PSA estadual, o

²⁷ O SISA foi criado com a lei 2.308, de 22 de outubro de 2010, tendo como objetivo promover os serviços ecossistêmicos essenciais para o estado do Acre.

Estado pode estabelecer que as reduções de emissões provenientes de seus programas de conservação, recuperação e melhoria dos ecossistemas poderão ser certificadas como créditos de carbono ou ativos ambientais e as receitas provenientes de sua comercialização revestidas para a consecução das atividades do próprio PSA. Novamente, podemos citar o exemplo do Estado do Tocantins, que prevê em seu PSA a previsão de créditos de carbono jurisdicionais, ou seja, créditos de propriedade do Governo do Estado do Tocantins e originários de suas atividades de preservação, proteção e recuperação do meio ambiente.

Finalmente, cumpre destacar que os exemplos aqui mencionados não esgotam a quantidade de casos do envolvimento dos estados brasileiros com o mercado voluntário de carbono, nem se limitam apenas aos projetos de REDD + e PSA. A forma como os estados desenvolvem seus programas dependerá dos seus objetivos e setores envolvidos. O Estado do Rio de Janeiro, por exemplo, adotou uma lei estadual de fomento à eletromobilidade ao uso de veículos híbridos²⁸ que, em suas disposições, prevê a possibilidade de o Estado alienar nos mercados de carbono os créditos gerados a partir da redução de emissões provenientes dessa política. Para mais exemplos, consultar a tabela do **Anexo 3**.

Ação nº 3

Desenvolvimento de uma estrutura de governança com múltiplos stakeholders

Por se tratar de uma temática transversal, a geração de crédito de carbono exige uma estrutura de governança capaz de integrar todos os atores públicos e privados envolvidos,

²⁸ Lei n. 9.870, de 30 de setembro de 2022, que dispõe sobre o fomento à utilização de veículos movidos à propulsão elétrica e híbridos segundo as diretrizes setoriais de transportes da lei estadual nº 5.690, de 14 de abril de 2010, política estadual sobre mudança global do clima e desenvolvimento sustentável, e dá outras providências. Disponível em:

http://www3.alerj.rj.gov.br/lotus_notes/default.asp?id=2&url=L0NPTIRMRUkuTINGL2lyNGEYzGE1YTA3Nzg0N2MwMzl1NjRmNDAwNWQ0YmYyLzFjYmEwZmViN2lxMGViYWlwMzl1ODhkMzAwNzMyY2Q5P09wZW5Eb2N1bWVudA==.

capazes de garantir a transparência, mensuração e verificação das emissões com base em metodologias confiáveis. Assim, é ideal que os governos tenham uma boa cooperação com as organizações responsáveis pela consecução das atividades de redução ou sequestro de emissões, bem como contem com o apoio técnico de profissionais dos diversos órgãos e entidades administrativas, tais como Secretarias de Meio Ambiente, Secretaria da Fazenda, Secretaria de Desenvolvimento, Secretaria de Educação, etc.

Na execução de sua Política Estadual de Pagamento por Serviços Ambientais (PEPSA), o Estado do Tocantins tem se destacado no que diz respeito à cooperação com o setor privado para a geração e a alienação de créditos de carbono. Em 2021, por exemplo, o governo do Tocantins assinou um termo de cooperação com a empresa *Biodiversity Ecosystem Future LLC* (BEF) para a negociação de cerca de 60 milhões créditos de carbono em mercado voluntário²⁹. Outros Estados, como o Amazonas e o Maranhão, em virtude do seu envolvimento com a Coalizão LEAF (*Lowering Emissions by Accelerating Forest Finance*)³⁰, negociam igualmente a sua participação nos mercados voluntários com um grupo de países e empresas que visam fomentar as reduções de emissões provenientes do desflorestamento (LEAF, 2022; EMERGENT, 2022).

Ação nº4

Comercialização direta ou por terceiros dos créditos de carbono

²⁹ Assembleia Legislativa do Estado do Tocantins. COP26: Tocantins assina acordo para venda de créditos de carbono; Claudia Lelis elogia ação. Disponível em: <https://al.to.leg.br/noticia/gabinete/claudia-lelis/10573/cop26-tocantins-assina-acordo-para-venda-de-creditos-de-carbono-claudia-lelis-elogia-acao>. Acesso em: 1 de março de 2023.

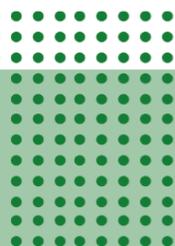
³⁰ "A Coalizão LEAF foi lançada em 22 de abril de 2021, inicialmente por um grupo de governos (USA, Reino Unido e Noruega) e empresas líderes (Airbnb, Amazon, Bayer, BCG, GSK, McKinsey, Nestle, Salesforce e Unilever) com o objetivo de mobilizar pelo menos 1 bilhão de dólares em finanças para auxiliar países e estados florestais (jurisdições) elegíveis na efetivação de reduções de GEE substanciais provenientes de desflorestamento" (LEAF, 2022, tradução dos autores, p. 1).

De posse de créditos de carbono devidamente certificados e registrados, os entes subnacionais poderão aliená-los diretamente ou por meio de intermediários elegíveis em seus instrumentos normativos.

Algumas das disposições jurídicas adotadas pelos estados brasileiros caracterizam os créditos de carbono como ativos ambientais³¹. Esses ativos são representados por meio de títulos e/ou certificados passíveis de alienação, vez que devidamente autenticados, registrados e custodiados enquanto ativos de natureza econômica. A título exemplificativo, o Estado do Acre transferiu, em 2022, cem milhões de toneladas de créditos de carbono (tCO_{2e}) de sua titularidade à Companhia Agência de Desenvolvimento de Serviços Ambientais do Estado do Acre S/A - CDSA para que fossem realizadas as suas negociações nos mercados (ACRE, 2022).

As práticas analisadas acima podem ser ferramentas eficientes e complementares aos esforços mitigatórios dos governos no combate à mudança climática de forma autônoma. Se usadas estrategicamente, a geração e a negociação de créditos de carbono produzirão cada vez mais receitas que poderão ser reinvestidas em fundos públicos exclusivos para projetos e programas socioambientais. Esta é uma grande oportunidade para que os governos inovem de forma ambiciosa e segura no cumprimento de suas metas climáticas (Marketplace, 2021).

³¹ No direito, ativos ambientais são classificados como bens intangíveis e incorpóreos transacionáveis, o que inclui o comando, controle, conservação, fiscalização e monitoramento de ações de preservação, proteção e recuperação ambiental características a esse tipo de bem.



RECOMENDAÇÕES AO PODER PÚBLICO

O estado do Ceará tem forte potencial para se inspirar em outros estados brasileiros e intensificar sua participação nos mercados voluntários e acelerar a descarbonização de setores estratégicos. Fazendo isso, o estado não só poderá se utilizar da comercialização de créditos de carbono para atingir metas estaduais de emissões de CO₂, como também poderá atrair investidores nacionais e internacionais para projetos ou programas de mitigação que contribuam para o desenvolvimento sustentável do estado.

Entre as medidas que o governo do Estado do Ceará pode adotar para fortalecer o mercado voluntário de carbono no Estado, estão:

- A modificação da Política Estadual sobre Mudanças Climáticas visando a inserção em seus instrumentos econômicos a promoção dos créditos de carbono enquanto fonte de recursos para financiamento das atividades climáticas e ambientais no estado;
- A adoção de políticas de incentivo a atividades econômicas de baixo carbono, valendo-se de metodologias de redução e sequestro de emissões capazes de gerar créditos de carbono de titularidade do Estado do Ceará, como acontece no Rio de Janeiro e a sua política de incentivo à eletromobilidade e veículos híbridos;
- A regulamentação da Política Estadual de sobre Serviços Ambientais e Ecosistêmicos do Ceará visando autorizar e regulamentar a comercialização dos ativos ambientais decorrentes da redução e/ou sequestro de emissões de GEE no Estado;
- Reunir um corpo técnico especializado na participação de entidades públicas nos mercados voluntários de carbono e a implementação de outros programas de mitigação das mudanças climáticas, visando a ampliação do estado do Ceará na geração, comercialização e fomento de créditos de carbono;
- Acompanhar a evolução do mercado (regulado e voluntário) de créditos de carbono no Brasil e desenvolver estratégias de fomento para a participação do Ceará.

QUADRO RESUMO DO CAPÍTULO 3

(Ver igualmente anexo 3)

- Os mercados voluntários de carbono, também denominados mecanismos de compensação (*offsetting mechanisms*), são sistemas financeiros autônomos em que se comercializam créditos de carbono derivados de uma redução ou eliminação de gases de efeito estufa.
- Um mercado voluntário de carbono funciona através da comercialização de créditos de carbono. Cada crédito representa uma tonelada de dióxido de carbono equivalente (tCO₂e) que é sequestrado ou não emitido.
- Os créditos de carbono no mercado voluntário são emitidos e certificados por diferentes certificadoras, dentre as quais tem-se: *Verra; Gold Standard; American Carbon Registry; Climate Action Reserve; SocialCarbon*.
- Ainda que os requisitos para a certificação de um projeto variem conforme o standard escolhido, alguns critérios são comuns e condicionais a praticamente todos os projetos que busquem uma creditação no mercado voluntário, sendo estes: realidade; exclusão de dupla contagem; adicionalidade; permanência e auditorias independentes regulares.
- Para gerar créditos de carbono, as atividades precisam ser projetadas, desenvolvidas e certificadas de acordo com as metodologias estabelecidas por cada standard. Neste processo, as reduções e remoções de emissões de GEE precisam ser monitoradas, relatadas e verificadas; e os créditos de carbono precisam ser emitidos e transferidos.
- O processo de gerar e trocar créditos de carbono no mercado voluntário é complexo e exige a colaboração de diferentes stakeholders, dentre eles os standards de certificação e as agências independentes de auditoria. No geral, o projeto objeto de creditação passa por cinco diferentes etapas desde a sua preparação até a sua validação, registro, certificação e conseqüente negociação dos créditos de carbono.
- O mercado voluntário de carbono segue as lógicas de um livre mercado, pautando-se na lei da oferta e demanda de créditos ao redor mundo, o que pode ocasionar variações quanto ao seu desenvolvimento. Em termos comparativos, houve uma

queda de 21% na quantidade de créditos de carbono emitidos em relação ao ano-base de 2021, apesar de que a quantidade negociada não sofreu muita alteração, permanecendo estável.

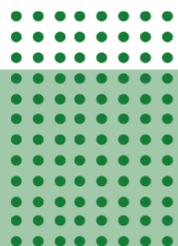
- No Brasil, alguns governos estaduais têm demonstrado grande protagonismo na gestão de créditos de carbono decorrentes de suas atividades ambientais e participação nos mercados internacionais e voluntários (ver quadro resumo do Anexo 3), podendo-se mencionar quatro práticas que alicerçam este envolvimento:

(1) Previsão normativa dos créditos de carbono como fonte de recursos para os programas, atividades e estratégias climáticas e ambientais do Estado;

(2) Criação de projetos e programas que promovam a redução das emissões pautados em metodologias de prestígio internacional;

(3) Desenvolvimento de uma estrutura de governança alinhada com todas as partes interessadas no tema, de forma que favoreça a geração de créditos de carbono;

(4) Comercialização direta ou indireta (por intermediação) dos créditos de carbono.



PARTE II

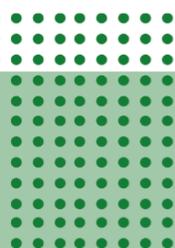
CEARÁ NO CAMINHO DO MERCADO DE CARBONO - REVISÃO SETORIAL

Em um contexto internacional de crescente implementação de novos mercados regulados de carbono em todo o mundo, o Estado do Ceará pode assumir uma posição de protagonista por meio da produção e venda voluntária de créditos de carbono enquanto o mercado regulado não é implementado nacionalmente.

O combate às mudanças climáticas como um dos objetivos do estado do Ceará encontra respaldo na **Política Estadual sobre Mudanças Climáticas - PEMC**, prevista pela **Lei Estadual nº 16.146 de 2016**. A PEMC enfatiza a necessidade de se tomar as medidas cabíveis para prever, evitar ou minimizar as atividades realizadas no território cearense que contribuem para as emissões de GEE, além de deixar claro que a atuação do governo do estado deve considerar os contextos socioeconômicos na consecução de seus programas.

A redução das emissões atmosféricas pelo Ceará e a sua contribuição para que o Brasil consiga cumprir sua NDC está igualmente prevista na PEMC como uma das diretrizes que devem ser observadas. Na busca desse objetivo, a política estadual autoriza a adoção de mecanismos financeiros e econômicos de mitigação e adaptação às mudanças climáticas, a exemplo dos instrumentos de precificação de carbono previstos no Artigo 6º do Acordo de Paris.

Um dos instrumentos já adotados pelo estado do Ceará que aborda os aspectos socioeconômicos das transições fomentadas pelo combate às mudanças climáticas é o **Decreto nº 34.733, de 2020**, que estabeleceu o **Plano Estadual de Transição Energética**

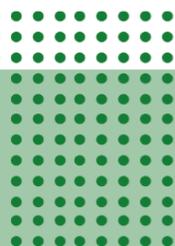


Justa do Ceará - Ceará Verde, objetivando a promoção do equilíbrio entre o fomento de uma matriz energética limpa, uma economia de baixo carbono, combate às mudanças climáticas e desenvolvimento sustentável em território estadual.

Adicionalmente, o estado do Ceará formalizou e ratificou o seu compromisso com as campanhas **"Race to Zero"** e **"Under2 coalition"** por intermédio do **Decreto N° 34.283**, de 7 de outubro de 2021, e do **Decreto N°35.503**, de 15 de junho de 2023, ambos objetivando a implementação de medidas e práticas colaborativas destinadas a descarbonização da economia regional, com metas previstas para os anos de 2030 e 2050. O procedimento de adesão a essas campanhas pressupõe o cumprimento de certas condições mínimas, assim como desenvolver um ambiente de troca de informações e experiências, a execução conjunta de medidas de combate às mudanças climáticas, entre outros pontos essenciais (Ceará, 2021b).

Especificamente relativo ao **"Race to Zero"**, para que seja concretizado a adesão, os entes devem cumprir requisitos básicos, que direcionarão suas ações de mitigação e adaptação às mudanças climáticas. Inicia-se com os compromissos climáticos, os objetivos de longo e médio prazo de descarbonização dos sistemas econômicos, seguido por um planejamento estratégico acerca das políticas e outros instrumentos que serão adotados tendo em vista a imediata implementação para alcançar a neutralidade climática. Ainda, os entes deverão divulgar constantemente o *status* de cumprimento das metas e incentivar a adoção de agendas de combate às mudanças climáticas pelos mais diversos atores e instituições (UNFCCC, 2022e).

Um dos pontos da PEMC que aborda as emissões setoriais no Ceará está prevista no artigo 8º, que estabelece a necessidade de definir as medidas voltadas à redução das emissões



antrópicas, passíveis de mensuração e verificação. Em seu inciso II, determina que devem ser adotadas metas de eficiência setoriais, pautadas em um inventário de emissões de GEE de todos os setores no estado.

Até o presente, o Estado do Ceará não possui um inventário próprio que contabiliza as emissões de GEE no Estado, sejam elas totais ou setoriais. Em virtude dessa carência momentânea de inventário, o presente Roadmap se utilizou dos levantamentos realizados pelo **Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa – SEEG**, uma iniciativa que realiza estimativas anuais das emissões de gases de efeito estufa (GEE) no Brasil em cinco setores: Agropecuária, Energia, Mudanças de Uso da Terra, Processos Industriais e Resíduos³².

De acordo com estimativas do SEEG para o ano de 2021, o Ceará ocupa atualmente a 19ª posição no ranking de emissões por estado, com um total de 28 Mt CO₂ de emissões brutas (Gráfico 2).

³² Mais informações sobre o SEEG e suas metodologias disponíveis em <https://seeg.eco.br/>

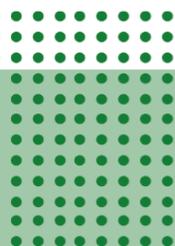
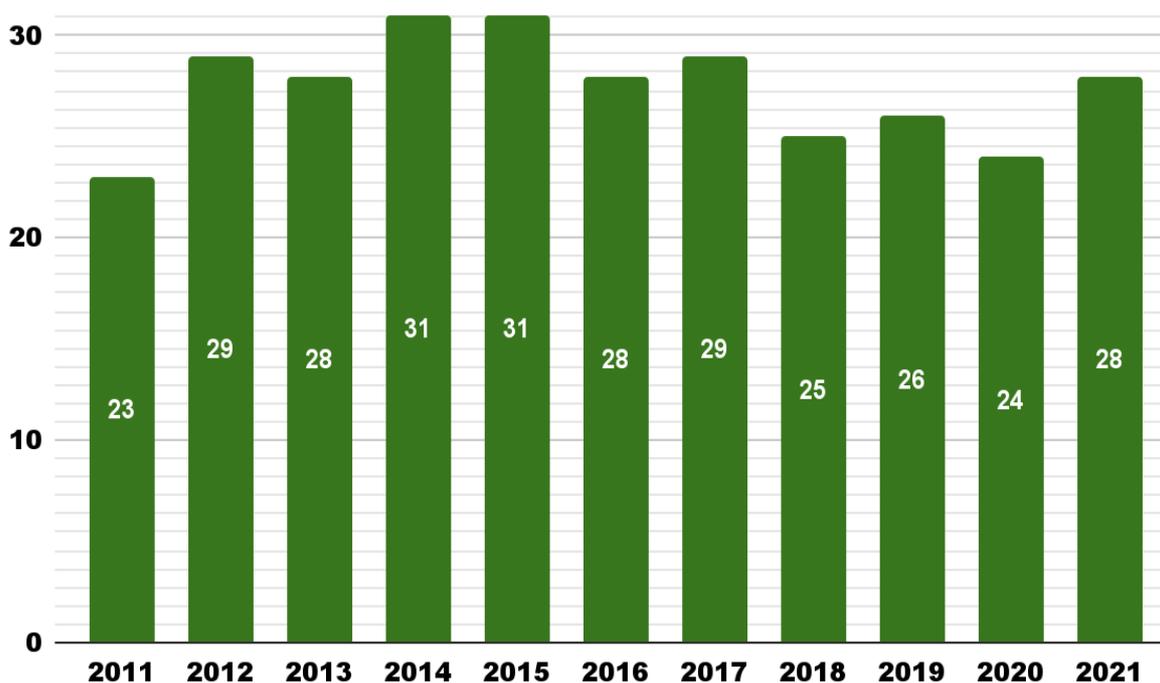


Gráfico 2: Emissões totais alocadas no estado do Ceará de 2011 a 2021 (MtCO₂e)

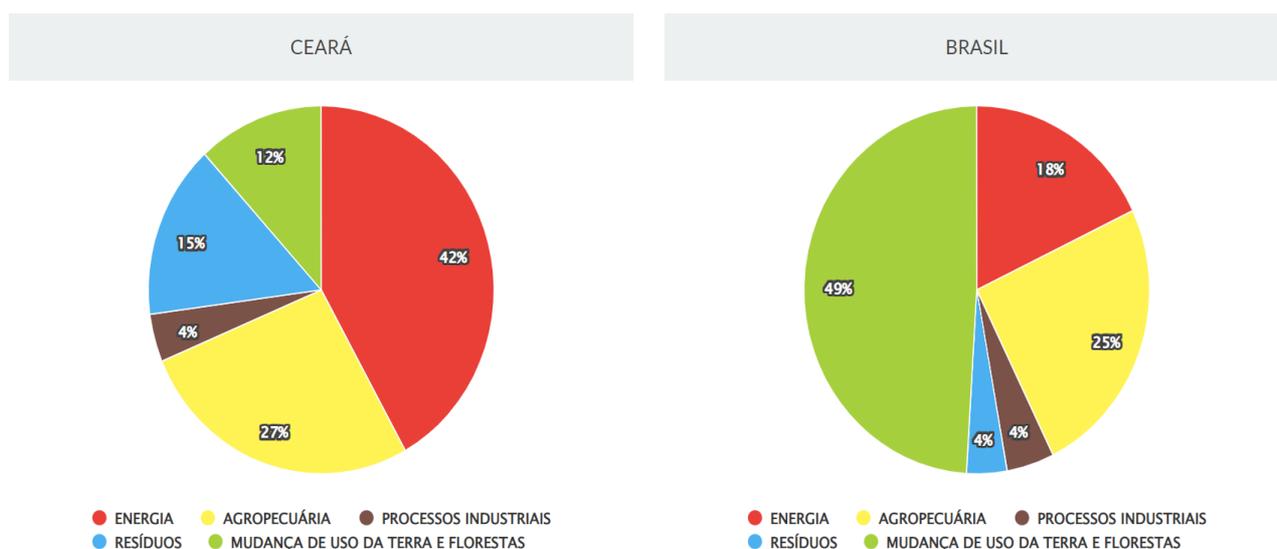


Fonte: SEEG, 2022: Histórico de emissões do Ceará.

Elaboração: Autores.

As emissões de GEE no estado do Ceará são provenientes majoritariamente do setor de energia e agropecuária, seguido por resíduos, mudança de uso da terra e florestas e indústrias. Em comparação com o perfil de emissões nacional, apenas os processos industriais e agropecuária se aproximam dos valores percentuais no estado, enquanto nos demais setores a variação percentual é maior, havendo a predominância do setor de mudança de uso da terra e florestas como principal fonte emissora do Brasil (Gráfico 2).

Gráfico 3: Emissões de GEE por setores – Ceará e Brasil

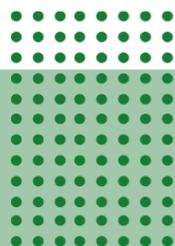


Fonte: SEEG, 2022.

Para os fins do presente Roadmap, foram analisados os setores de energia, indústria, florestas e mudança no uso da terra, considerando o seu potencial no desenvolvimento de projetos destinados à geração de créditos de carbono. Adicionalmente, a descarbonização desses setores contribui ainda para o cumprimento efetivo da NDC brasileira e das metas estabelecidas pelo estado do Ceará em seus compromissos internacionais.

A intensidade das atividades dos setores analisados varia. No setor de energia, em ordem, têm-se transportes, geração de eletricidade, indústria, residências, agropecuária, produção de combustíveis e, por fim, comércio. Dentre esses, as atividades que mais poluem são transporte e geração de eletricidade, responsável por 41,2% e 39,5%, respectivamente (SEEG, 2022).

No setor de uso da terra e florestas, as atividades emissoras são alterações de uso da terra, resíduos florestais e carbono orgânico no solo, sendo a primeira responsável por 94,3% do



total de emissões. Por fim, quanto aos processos industriais, as emissões advêm integralmente da produção de produtos minerais (SEEG, 2022).

A importância de se compreender o perfil de emissões do estado do Ceará reside tanto em considerar as áreas prioritárias no estabelecimento de políticas estaduais de mitigação e adaptação às mudanças climáticas, assim como os potenciais setores que poderão ser beneficiados por projetos passíveis de participação nos mercados de carbono, regulados ou voluntários, contribuindo tanto para a redução das emissões atmosféricas, quanto na geração de receita.

Por exemplo, no estado do Ceará os municípios que mais emitem GEE atualmente são São Gonçalo do Amarante (4.446.687 tCO₂e) e Fortaleza (4.116.025 t CO₂e). A partir do terceiro colocado em diante, esses números reduzem consideravelmente (tabela 1). Logo, pode-se perceber as regiões e municipalidades que devem ser consideradas como áreas prioritárias na implementação de medidas de mitigação das emissões atmosféricas.

Tabela 1: Ranking dos municípios cearenses no total de emissões brutas de GEE no ano de 2019

Município	Ranking	Emissões brutas GEE (CO ₂ e)	Participação (%)
São Gonçalo do Amarante	1	4.446.687	18,41
Fortaleza	2	4.116.025	17,04
Caucaia	3	633.332	2,62
Maracanaú	4	417.310	1,73
Sobral	5	375.043	1,55
Juazeiro do Norte	6	364.720	1,51
Quixeramobim	7	312.108	1,29
Morada Nova	8	293.018	1,21

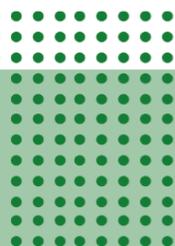
Iguatu	9	286.701	1,19
Tauá	10	271.385	1,12

Fonte: IPECE, 2022a.

Nesse sentido, o incentivo à descarbonização de todos os setores econômicos do estado do Ceará e o desenvolvimento de um sistema regional voltado a implementação de atividades de baixo carbono além de contribuir para o cumprimento dos compromissos firmados internacionalmente, possui o potencial quanto a exploração de projetos capazes de gerar créditos de carbono e inserir o estado nos mercados de carbono.

Após uma análise geral nas principais certificadoras de créditos de carbono, observa-se que os projetos de geração de crédito de carbono no Ceará são poucos dentro de um contexto nacional e internacional de crescente expansão, como demonstrado na primeira parte do presente trabalho. O Estado do Ceará conta hoje com apenas 8 projetos registrados: 4 certificados pela VCS, 2 pela Gold Standard e 2 pela ACR (verificar **Anexo 4**). A grande maioria (62,5%) já está em execução e com créditos de carbono autorizados e expedidos aos proponentes (VCS; Gold Standard; ACR, 2023).

Desse modo, o manejo de projetos de reduções ou sequestros de emissões no Ceará, devidamente certificadas e com base em metodologias confiáveis, enquanto estratégias de mitigação das emissões setoriais se apresentam como uma das oportunidades para inserir o estado nas negociações de créditos de carbono nos mercados nacionais e internacionais. Assim, partir-se-ia para a análise específica dos setores de energia, indústria e florestas e mudança no uso da terra a partir da realidade cearense.



4. Setor de Energia

A transição energética é um imperativo global. O fomento à utilização de fontes energéticas alternativas tem crescido mundialmente em virtude da necessidade de conter os avanços das mudanças climáticas e desenvolver sistemas econômicos neutros em emissões de GEE.

A modificação da matriz energética a partir da implementação de fontes de baixo carbono tem o potencial de contribuir para o avanço da política climática, geração de empregos, melhoria da qualidade de vida e bem-estar social, preservação e redução dos impactos ambientais, além de ser uma área estratégica para a implementação de projetos de geração de créditos de carbono.

O setor de energia é considerado o mais poluente do mundo, sendo responsável por três quartos das emissões totais desde o período pré-industrial (IEA, 2021). Em virtude dessa realidade, surge a necessidade de se modificar o modelo energético vigente e adequá-lo às exigências contemporâneas de descarbonização econômica e concretização das metas de neutralidade climática.

Em relação ao Brasil, a parcela de energias renováveis na matriz energética representa 44,7% da oferta interna, especialmente em decorrência do aumento das fontes eólica, solar e o biodiesel (EPE, 2022). Ao se comparar as emissões provenientes do setor energético (geração de eletricidade e de calor), entre a União Europeia, os Estados Unidos, a China e o Brasil, os índices apresentados por este último são desproporcionalmente menores, razão pela qual a matriz energética brasileira é classificada como uma das mais limpas do mundo (Tabela 2).

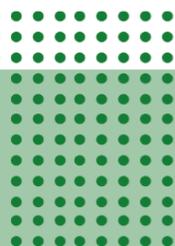


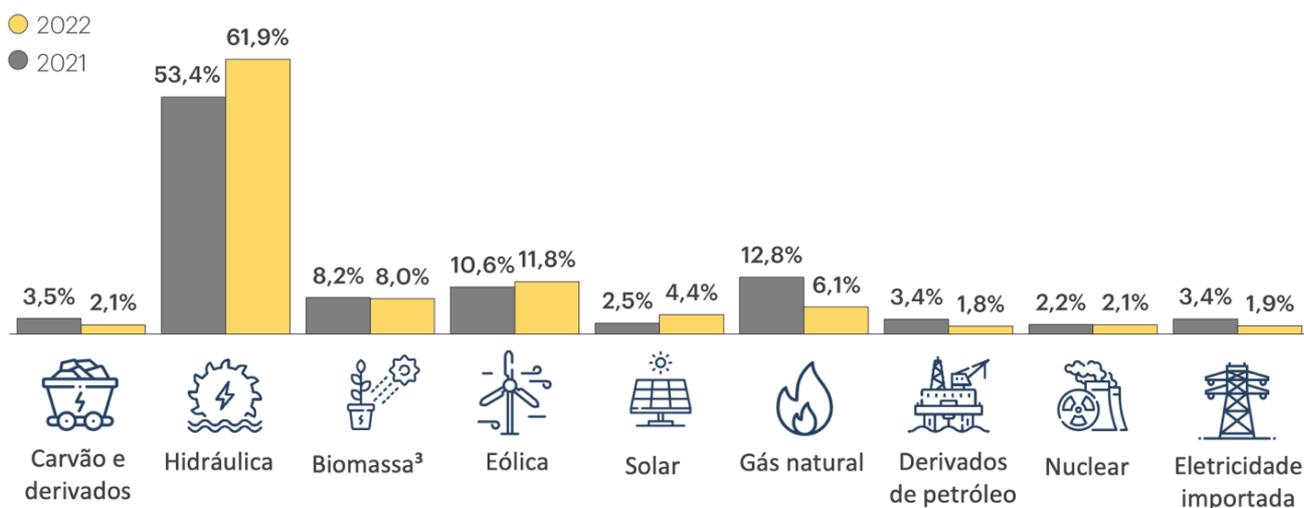
Tabela 2: Total de Emissões de CO₂ (Mt CO₂) do setor energético no Brasil, na UE, nos Estados Unidos e na China

País/Região	Total de emissões de CO ₂ (MtCO ₂)		
	2010	2020	2020
Brasil	342	342	368
União Europeia	2010	1716	1795
Estados Unidos	2863	2601	2752
China	5043	5894	5994

Fonte: World Energy Outlook 2022 (IEA, 2022d).

Esse protagonismo do Brasil deve-se à predominância da fonte hidráulica em sua matriz energética, assim como à crescente das fontes eólica e solar. No ano base de 2022, a parcela de energias renováveis na matriz energética brasileira apresentou o marco de 87,9%, com a predominância da fonte hidráulica (61,9%), seguida pela eólica (11,8% - aumento de 1,2%), pela biomassa (8%), pelo gás natural (6,1%) e pela solar (4,4% - aumento de 2,1% em relação ao ano de 2021) (Figura 7).

Figura 7: Participação (em %) da matriz energética brasileira em 2021 e 2022



Fonte: EPE, 2023.

Apesar da elevada participação de energias renováveis na oferta interna de energia, **o setor energético ainda representa o 3º maior emissor de GEE do Brasil** (SEEG, 2022). Em 2022, o total de emissões de CO₂ associadas à matriz energética brasileira foi de 423M tCO₂e, o que representou uma redução de 5,1% em relação ao ano base de 2021, redução favorecida por um regime hídrico favorável e da consequente redução da geração térmica (EPE, 2023).

Quando da revisão da NDC brasileira em 2022, o setor de energia foi listado como uma das áreas prioritárias no cumprimento das metas de reduções de emissões atmosféricas que o país se comprometeu em alcançar até 2025 e 2050. Importante ressaltar que a revisão da NDC apresentada à UNFCCC em 2022 se limitou a pontuar a parcela de energias renováveis no sistema energético nacional, sem, efetivamente, apontar as metas e objetivos atualizados (UNFCCC, 2022f).

Ainda que inexistentes metas atualizadas na NDC quanto a transição energética brasileira e a descarbonização do setor de energia, o país tem apresentado um crescimento na implementação de empreendimentos de energias renováveis, tendo a região nordeste protagonizado fortemente à diversificação de toda a matriz energética. Entre os estados com grande potencial na geração de energia limpa está o Ceará, como será observado ao longo deste capítulo.

Atualmente, **o setor de energia no Ceará é responsável por 42% do total de emissões do estado**. Esses valores compreendem as emissões advindas da produção de combustíveis (emissões fugitivas e pela sua queima), agropecuária, comercial, geração de eletricidade (serviço público), indústria, público, residencial e transportes (verificar Figura 9). Entre os subsetores mencionados, o setor de transporte é responsável pela maior parcela de emissões (41,2%), seguido da geração de eletricidade (39,5%) e indústria (8,6%) (SEEG, 2022).

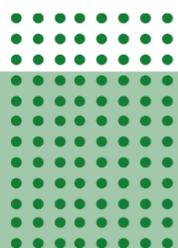
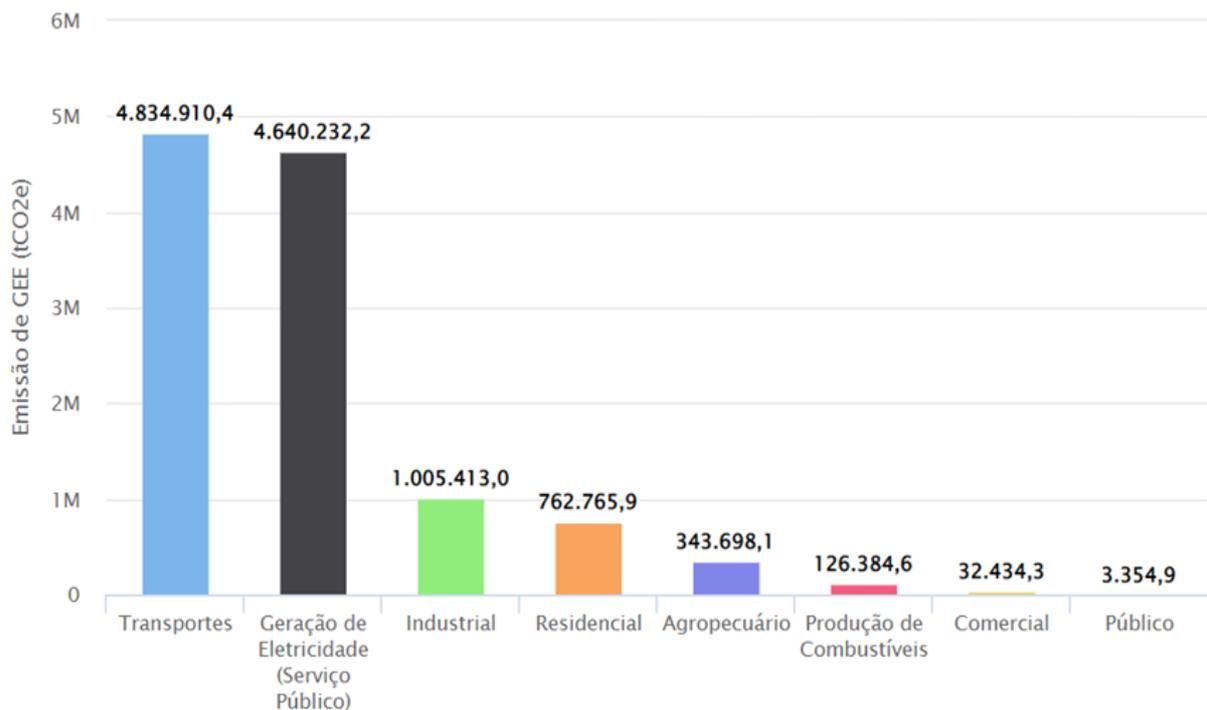


Figura 8: Emissões de GEE pelos Subsetores do Setor de Energia no estado do Ceará em 2021



Fonte: SEEG, 2022

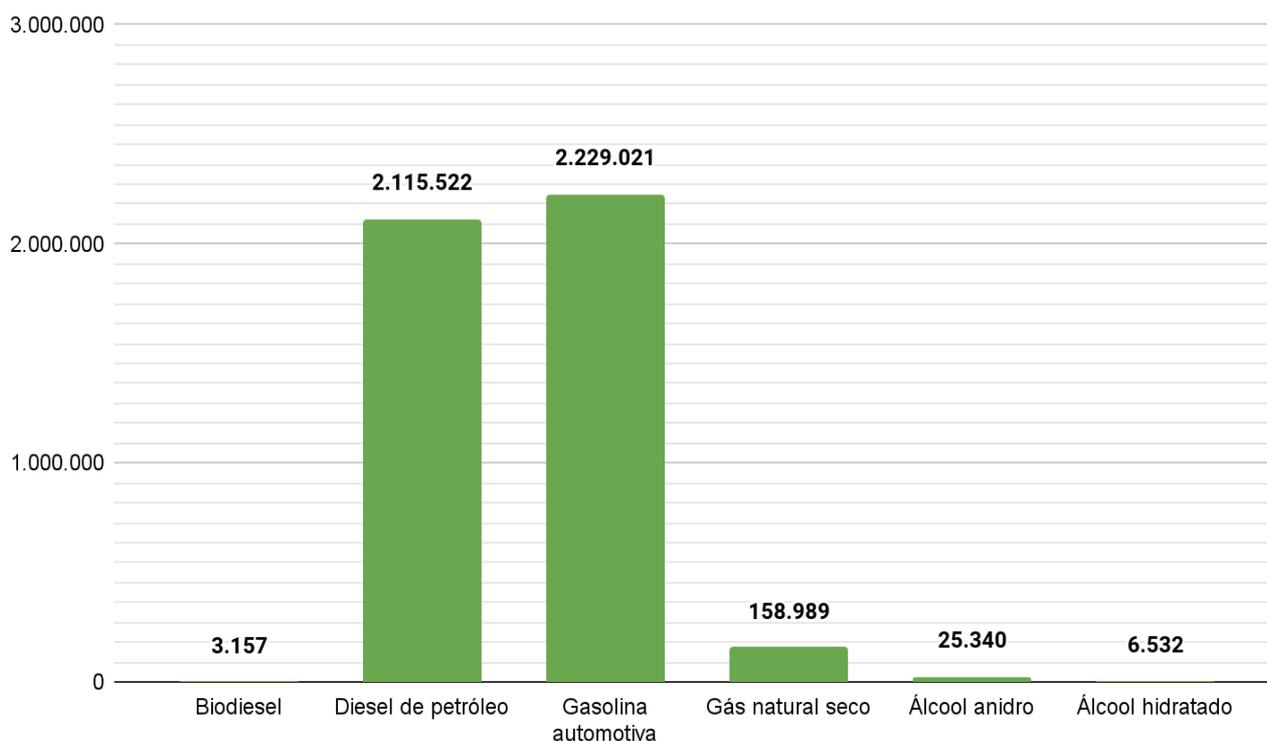
Tendo como objetivo realizar uma análise geral do perfil emissor do setor energético no Ceará visando identificar os potenciais de creditação de carbono no estado, o presente capítulo analisará os dois subsectores mais emissores de GEE no Estado: transportes e geração de eletricidade. O setor industrial terá uma análise mais detalhada no **Capítulo 5**.

4.1. Transportes

O setor de transporte é considerado o segmento das atividades do setor de energia responsável pelo maior teor de emissões, equivalente a 41,2% da totalidade (SEEG, 2022). Esses valores surgem como resultado da dependência de combustíveis fósseis, especialmente os derivados do petróleo (gasolina e diesel) e do gás natural. Nesse sentido, o diesel de petróleo e a gasolina automotiva foram responsáveis por quase a totalidade de

emissões do setor de transporte no ano-base de 2021, com 2,1 Mt CO₂e e 2,2 Mt CO₂e, respectivamente (Figura 9).

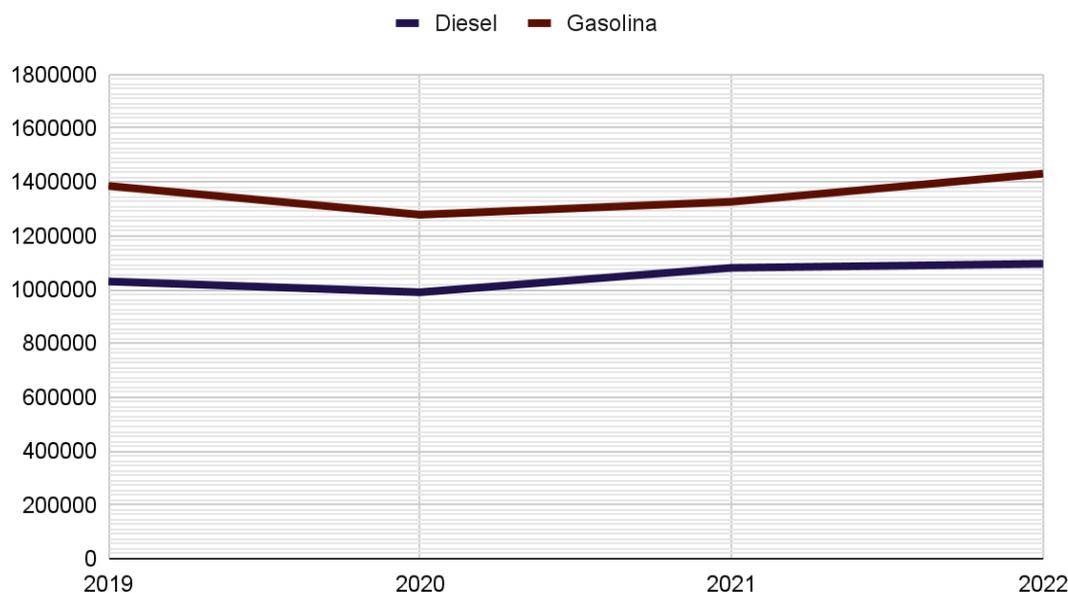
Figura 9: Emissões do Setor de Transporte por Tipo de Combustível (2021)



Fonte: SEEG, 2022. Elaboração: Autores.

Ao se analisar os dados de comercialização de combustíveis fósseis no Ceará, pode-se estimar que essa realidade de emissões permanecerá existindo, ou mesmo seja intensificada, caso nenhuma mudança ocorra no setor. Entre os anos de 2021 e 2022, por exemplo, houve um aumento de 2,98% da venda pelas distribuidoras dos combustíveis derivados do petróleo no estado do Ceará (ANP, 2022; Figura 10).

Figura 10: Venda pelas distribuidoras de diesel e gasolina no Estado do Ceará - 2019 a 2022



Fonte: ANP, 2022.
Elaboração: Autores.

O crescimento progressivo da venda de veículos movidos a combustíveis fósseis também é uma realidade que contribui para o elevado perfil emissor do setor de transportes. Em relação ao ano de 2021, a quantidade de veículos em território estadual movidos a álcool-gasolina, gasolina, gás natural e diesel totalizaram quase 3,5 milhões em 2021 (IPECE, 2022d). Ademais, existe predominância no Ceará de veículos rodoviários movidos a álcool-gasolina e gasolina, sendo a grande maioria desses transportes automóveis e motocicletas (Gráfico 4; Gráfico 5). Importante destacar que as frotas de aviões e embarcações marítimas não foram contabilizadas no presente levantamento, entretanto pode-se afirmar que os tipos de combustíveis utilizados por esses modais são em sua maioria diesel, gasolina e querosene, todos igualmente combustíveis de origem fóssil e, portanto, altamente emissores.

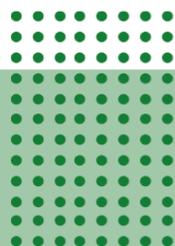
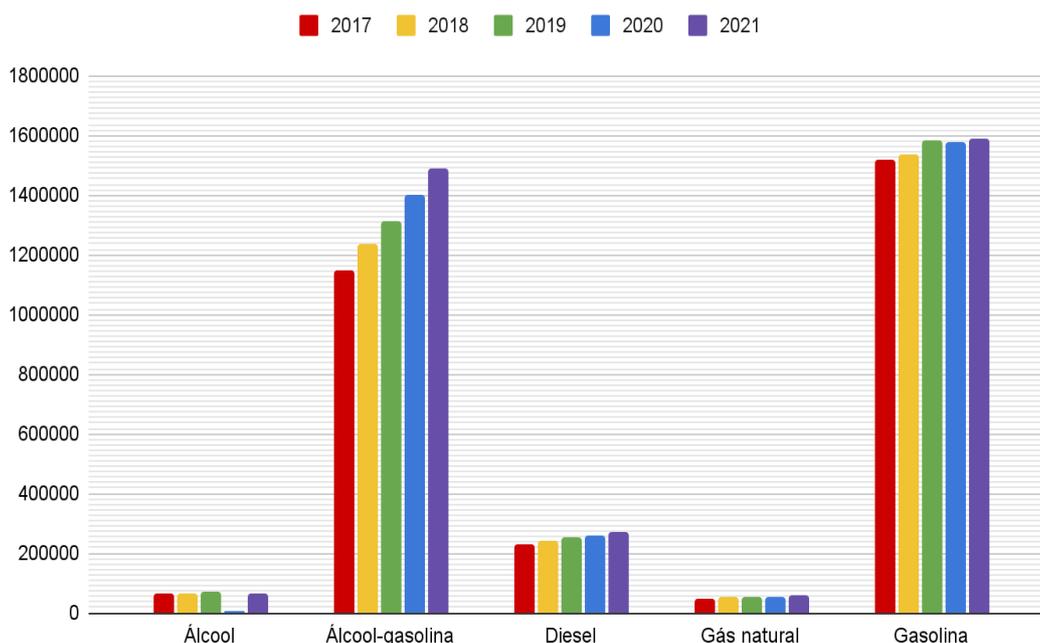
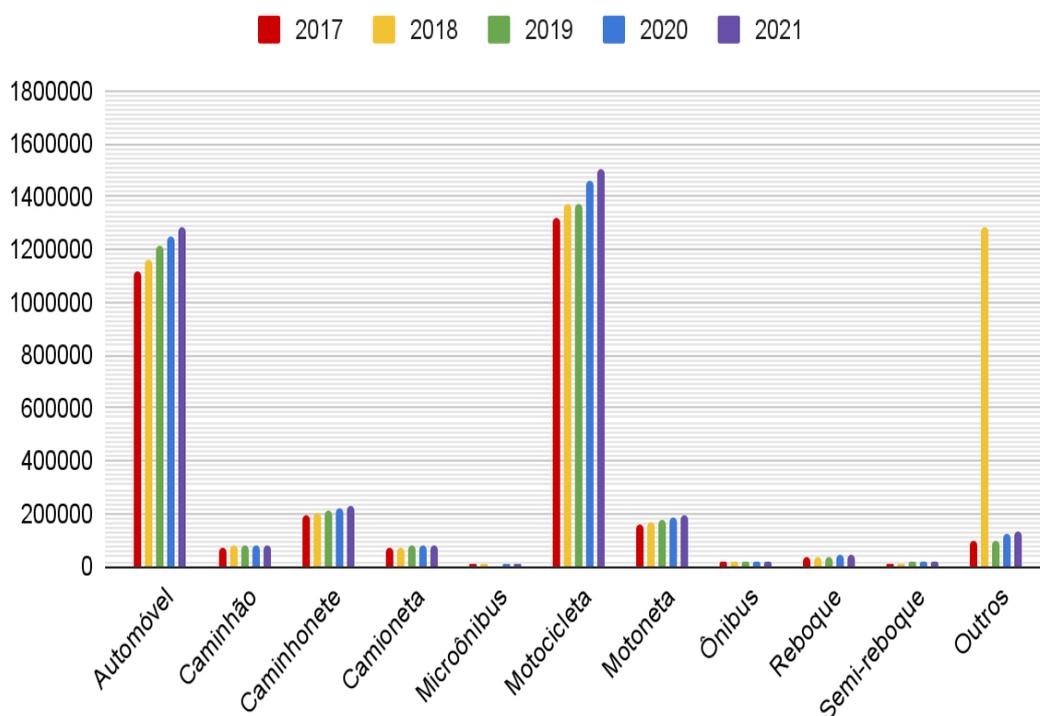


Gráfico 4: Frotas de veículos - Tipo de combustível (2017 a 2021)

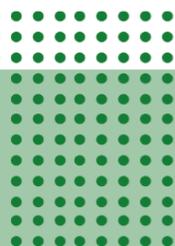


Fonte: IPECE, 2022d.
Elaboração: Autores.

Gráfico 5: Frotas por tipo de veículos (2017 a 2021)



Fonte: IPECE, 2022d.
Elaboração: Autores.



No ano de 2021, os dados acerca da frota de veículos no estado do Ceará demonstram que os automóveis e as motocicletas são os que mais são utilizados em território estadual, correspondendo a 35,7% e 41,7%, respectivamente; sendo que a principal fonte energética são os combustíveis fósseis (IPECE, 2022d).

Em conclusão, os dados acima demonstram que o setor de transportes do Ceará enfrenta uma realidade de predominância de combustíveis fósseis e conseqüentemente em um alto teor de emissões de GEE. Diante desses fatos e caso o Estado deseje alcançar seus objetivos de descarbonização, torna-se imperativo o incentivo e a adoção de novas práticas e políticas setoriais que promovam a mobilidade urbana de baixo carbono no Estado.

Nesse aspecto, o setor de transporte ganha destaque enquanto uma das áreas essenciais no processo de descarbonização da economia e, por extensão, enquanto um dos focos dos mercados de carbono. Por ser um segmento com alto teor de emissões de GEE, este tem o potencial de ser alvo de projetos de geração de créditos de carbono destinados à comercialização no mercado regulado ou no voluntário, em atividades como substituição de combustível fóssil por renovável, incentivo à eletromobilidade, mobilidade urbana, dentre outros.

Mercados de carbono e projetos de mobilidade de baixo carbono

Em 2022, conforme os dados da Associação Brasileira do Veículo Elétrico, o Ceará registrou apenas **909 veículos elétricos em todo o estado** (ABVE, 2023), o que é substancialmente inferior ao total de veículos à combustíveis fósseis, que somaram 3.470.348 no ano de 2021.



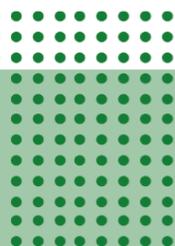
A mobilidade elétrica, ou eletromobilidade, refere-se ao processo de utilização da eletricidade como fonte de energia de veículos, afetando toda a cadeia de produção e utilização. O que se busca garantir é a sustentabilidade do sistema de mobilidade elétrica, sendo disponibilizado pontos de carregamento, o desenvolvimento de um mercado de produção de baterias atento aos impactos ambientais, dentre outros (CNT, 2022).

Existem diversas vantagens com a adoção da eletromobilidade, tais como redução das emissões atmosféricas provenientes do setor de transporte, melhoria na qualidade do ar e menos impactos à saúde coletiva, diminuição da poluição sonora, fortalecimento da segurança energética etc. (CNT, 2022).

Em âmbito federal, existem esforços empregados para fomentar a eletromobilidade em larga escala, tais como o Projeto de Sistemas de Propulsão Eficientes (PROMOB-e), o Programa Rota 2030, e a Plataforma Nacional de Mobilidade Elétrica (ver quadro abaixo).

Programa Rota 2030

O Programa Rota 2030 é uma das políticas estratégicas do governo federal para os setores de mobilidade e logística, unindo aspectos mercadológicos com instrumentos tributários especiais direcionados ao fortalecimento da indústria automotiva brasileira. O objetivo do programa é ampliar a participação progressiva de empresas brasileiras nos mercados internacionais globais, a partir da exportação de veículos e autopeças. A estrutura do programa preza pela observância dos pressupostos de proteção ao meio ambiente e eficiência energética durante a consecução de suas atividades. Por se tratar de uma política pública complexa e com objetivos de longo prazo, o programa é dividido em três ciclos quinquenais, contribuindo para a segurança das relações jurídico-econômicas dos atores envolvidos na sua implementação.



Plataforma Nacional de Mobilidade Elétrica (PNME)

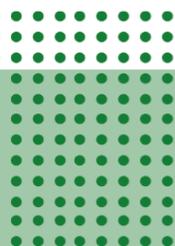
A PNME é uma iniciativa que conta com mais de 30 instituições, dentre as quais estão atores do Governo, da Indústria, da Academia e da Sociedade Civil, tendo como objetivo central a construção de metas de longo prazo acerca do mercado da mobilidade elétrica no Brasil. Por se tratar de uma plataforma de discussão, fomenta-se o trabalho em rede em prol do desenvolvimento de uma agenda nacional que desenvolva o ambiente regulatório e mercadológico do sistema de mobilidade elétrica.

Projeto de Sistemas de Propulsão Eficientes (PROMOB-e)

O PROMOB-e foi uma iniciativa desenvolvida entre o Brasil e a Alemanha de 2017 a 2021 com o intuito de promover a mobilidade elétrica em território brasileiro. O projeto reuniu diferentes atores e organizações públicas e privadas, tais como Ministério da Economia do Brasil, Ministério Alemão para a Cooperação Econômica e o Desenvolvimento Sustentável (BMZ), entre outros, objetivando promover e favorecer estratégias de redução das emissões de gases de efeito estufa, com ênfase na eletromobilidade.

Seguindo os programas de incentivo do governo federal para incentivar uma transição energética no setor de transportes, o Governo do Estado do Ceará já vem desenvolvendo programas e atividades em prol de fomentar a mobilidade urbana e a utilização de veículos que façam uso de fontes energéticas alternativas.

No que diz respeito ao fomento da mobilidade urbana, por exemplo, o Sistema metroviário de Fortaleza e Região Metropolitana, operado pela Metrofor, conta com 84,3 quilômetros de vias férreas e atende mais de 56 mil pessoas todos os dias, nas cidades de Fortaleza, Caucaia, Maracanaú, Pacatuba, Sobral, Juazeiro do Norte e Crato (SEINFRA-CE, 2023a). Ademais, em agosto de 2022, o governo iniciou um projeto de integração do metrô com



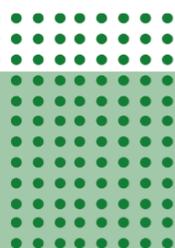
bicicletas, realizando desde então milhares de integrações - 1.800 só no mês de julho de 2023 (SEINFRA-CE, 2023b).

Ainda no exemplo de mobilidade urbana, a cidade de Fortaleza é referência nacional e internacional em infraestrutura cicloviária. Fortaleza conta hoje com mais de 400 km de ciclovias e a tendência é de aumentar ainda mais esse número nos próximos anos. Recentemente, Fortaleza venceu o concurso global de ciclomobilidade da *Bloomberg Initiative for Cycling Infrastructure (BICI)* e receberá um prêmio de 1 milhão de dólares americano (US\$) para a construção de mais 180 km de malho cicloviária (BICI, 2023).

Em relação à transição energética dos transportes públicos, o Estado do Ceará tem como meta promover a conversão de carros da frota veicular pública estadual movidos a combustão em veículos híbridos e/ou elétricos, no prazo de até 10 anos³³. Visando o cumprimento desse objetivo, o Estado obteve um recente avanço na fabricação de transporte de baixo carbono quando da assinatura de um memorando de entendimento acordado com a empresa chinesa *Higer Bus*, visando a implementação de uma fábrica para produção de ônibus elétricos e caminhões elétricos movidos a bateria e hidrogênio (SECCO, 2022).

Iniciativas como as mencionadas acima, desde que comprovem uma redução e/ou remoção significativa das emissões com base em um cenário base, além claro de cumprido todos os requisitos e procedimentos exigidos pelos standards de certificação (ver capítulo 3), possuem grande potencial de contribuição da geração de créditos de carbono passíveis de comercialização nos mercados voluntários.

³³ Ver Art 2º, §2º, do Decreto Estadual nº 35.503, de 15 de junho de 2023, que ratifica o compromisso de adesão do Estado do Ceará às campanhas "race to zero" e "under2 coalition", no âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, e dá outras providências.



A precificação do setor de transportes é uma realidade que vem sendo cada vez mais explorada pela iniciativa privada e pelo poder público no Brasil e no mundo. Diversos países que possuem um mercado regulado de carbono elencaram o setor de transporte como uma das áreas focais de seus programas nacionais de mitigação, a exemplo do mercado de carbono da Califórnia e do ETS da União Europeia, que até possuem uma regulação independente para o setor da aviação (Ver ponto 2.2)³⁴. No Brasil, caso o Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE) seja futuramente aprovado, a expectativa é a de que o transporte público urbano e os sistemas modais de transporte interestadual de cargas e passageiros (aviação incluso) sejam setores cobertos na regulamentação nacional (ICC Brasil, Way Carbon, 2021).

No mercado de compensação ou mercado voluntário, já existem diversos tipos de ações e estratégias no setor de transportes que, além de promoverem uma mobilidade de baixo carbono, produzem créditos de carbono graças à redução ou ao evitamento de emissões, a exemplo do incentivo à utilização de transporte coletivo em detrimento de veículos individuais, da adoção de combustíveis menos poluentes, sobretudo elétricos, da implementação de sistemas inteligentes de transporte urbano, da aquisição de veículos híbridos ou elétricos, dentre outros.

Ademais, créditos advindos de projetos ligados ao setor de transporte vêm crescendo exponencialmente no volume negociado e no preço médio de cada tonelada de emissão.

³⁴A aviação tem sido prioridade nos mercados de carbono regulados da União Europeia e Califórnia (EUA), considerando que os transportes aéreos detêm certas características que dificultam a precificação das emissões e consequentes análises de mercado, como acontece com a determinação dos entes emissores. Entretanto, existem diversas estratégias para se inserir esse tipo de modal nos mercados de carbono, como por exemplo por meio da cobertura dos distribuidores de combustível (LI, TANG, 2017).

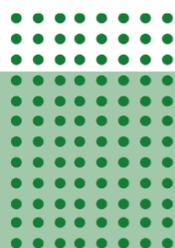
De 2020 para 2021, o volume total negociado nesse setor cresceu de 1,10 Mt CO₂ a 5,40 Mt CO₂. O preço médio por unidade praticamente duplicou, foi de \$0,64 a \$1,16 (Donofrio et al., 2021; ICC Brasil, Way Carbon, 2021).

Face a essa realidade, os standards do mercado de carbono voluntário estão desenvolvendo novas metodologias e aperfeiçoando aquelas existentes para o setor de transporte. Algumas metodologias adotadas pela VCS e pelo Gold Standard, por exemplo, tratam da geração de créditos de carbono a partir da instalação de sistemas de carregamento de veículos elétricos, do fomento à mobilidade urbana, da diminuição de emissões por meio da adoção de veículos elétricos e híbridos, substituição de combustíveis fósseis por biomassa renovável, dentre outros (VCS, 2018; GOLD STANDARD, 2017).

Da análise do registro público do VCS e do Gold Standard, apenas o primeiro detém projetos registrados no Brasil para o setor de transporte. Os três projetos existentes estão relacionados com a substituição de combustíveis, mobilidade urbana e veículos elétricos (Tabela 4).

Tabela 4: Projetos de Mercado Voluntário do Setor de Transporte -Algumas Iniciativas no Brasil da VCS

Projetos no Mercado Voluntário - Setor de Transporte
<p><u>Ticket log fleet fuel substitution</u></p> <p>Tipo de projeto: Energia/Transportes (substituição de combustíveis)</p> <p>Descrição: Trata-se de um projeto de substituição de combustíveis que privilegia a utilização do etanol em detrimento da gasolina em veículos comerciais flex-fuel gerenciados pela Ticket Log. Ao fazer uso de um sistema de gestão, há um monitoramento contínuo dos combustíveis consumidos, com todos os dados detalhados do tipo, local, data e quantidade abastecida. A cada reabastecimento, é feito um novo registro. Ao utilizar a metodologia aprovada, é possível calcular as reduções de emissões das</p>



Ecofrotas.

Certificação: Verified Carbon Standard (VCS) - VM0019 "Substituição de Gasolina por Etanol em Frotas de Veículos Flex Fuel"

Status do Projeto: Expirado

Duração: 10 anos (02/07/2012 - 01/07/2022)

Total de créditos: 456 t CO₂e/ano (expectativa inicial)

Bikes for the planet - Brazil

Tipo de projeto: Energia/Transportes (mobilidade urbana)

Descrição: O projeto busca promover formas alternativas de mobilidade humana ao fomentar a utilização de bicicletas como meio de locomoção. As estratégias adotadas voltam-se tanto a fortalecimento de infraestruturas, como a construção de ciclovias, áreas de estacionamento de bicicletas, etc., como também programas de compartilhamento, e-bikes, dentre outros.

Certificação: Verified Carbon Standard (VCS) - AMS-III.BM "Transporte pessoal leve de duas e três rodas"

Status do Projeto: Registrado

Duração: 10 anos (30/01/2018 - 29/01/2028)

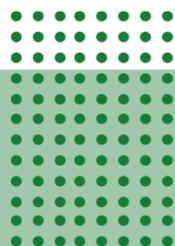
Total de créditos: 167 t CO₂eq/ano

EZVOLT - EV charging network carbon credits project

Tipo de projeto: Energia/Transportes (infraestrutura/veículo elétrico)

Descrição: O projeto almeja construir infraestruturas de carregamento de veículos elétricos em todo o território nacional, ficando encarregado de fornecer tanto o carregamento, quanto a instalação e manutenção das estações. Por substituir as emissões atmosféricas provenientes de veículos baseados em combustíveis fósseis ao utilizar veículos elétricos, este projeto contribui para que as emissões sejam evitadas.

Certificação: Verified Carbon Standard (VCS) - VM0038 "Metodologia para Sistemas de Carregamento de Veículos Elétricos"



Status do projeto: Em desenvolvimento³⁵
Duração: 10 anos (29/07/2021 - 28/07/2031)
Total de Créditos: 14.067 t CO₂e/ano

Fonte: VCS, 2017; VCS, 2019b; VCS, 2022.

Elaboração: Autores

Conforme visto nos exemplos acima, já existem exemplos de projetos no setor de transportes no Brasil com registro no mercado voluntário, o que gera muitas oportunidades estratégicas à iniciativa privada e ao próprio Governo do Estado do Ceará de fomentar ainda mais o setor e demonstrar a viabilidade e a executabilidade de seus projetos junto dos padrões internacionais de certificação.

RECOMENDAÇÕES AO PODER PÚBLICO

O incentivo à mobilidade urbana e à utilização de veículos que façam uso de fonte energéticas de baixo carbono figura como uma grande oportunidade de transformação do setor de transporte do Ceará. Nesse sentido e se utilizando de projetos inovadores no estado, o governo do do Ceará poderá adotar diferentes abordagens para potencializar a transição do sistema de transporte e inserir as iniciativas já existentes nos mercados de compra e venda de carbono. Veja algumas das recomendações ao governo estadual:

- Criar, fomentar ou adequar projetos de mobilidade urbana e/ou de substituição de combustíveis na frota veicular seguindo padrões aplicados pelos principais standards de carbono (VM0019; AMS-III.BM e VM0038 por exemplo);

³⁵ O Verra Registry aceita o registro de alguns projetos que ainda estão em estágios iniciais de desenvolvimento, ainda sem registro expedido para a geração de créditos de carbono, assim como projetos em fase de validação, ou seja, quando já estiverem prontos para o processo de consulta pública e validação governamental. Disponível em: <https://verra.org/wp-content/uploads/2022/12/VCS-Registration-and-Issuance-Process-v4.3-FINAL.pdf>

- Mesurar e analisar o quadro histórico de emissões do setor de transportes e frota veicular no Estado para então identificar pontos de potencialidade para uma redução significativa das emissões via projetos de eletromobilidade e mobilidade urbana;
- Melhorar o diálogo com projetos e programas nacionais que fomentem a eletromobilidade no país, buscando assim alinhar diretivas, encontrar novos desenvolvedores de projetos e estabelecer parcerias estratégicas para posterior inserção no mercado de compensação;
- Continuar incentivando estratégias de mobilidade e de infraestrutura urbana que incentivem a adoção de meios de transporte de baixo carbono, tais como ecofrotas, bicicletas, ciclovias, ciclofaixas, etc;
- Verificar a possibilidade de aplicar incentivos tributários incidentes sobre os veículos elétricos e suas estações de carregamento, idealmente enquadrando esse incentivo dentro de uma política ou projeto-quadro de eletromobilidade no Estado.

4.2. Geração de eletricidade

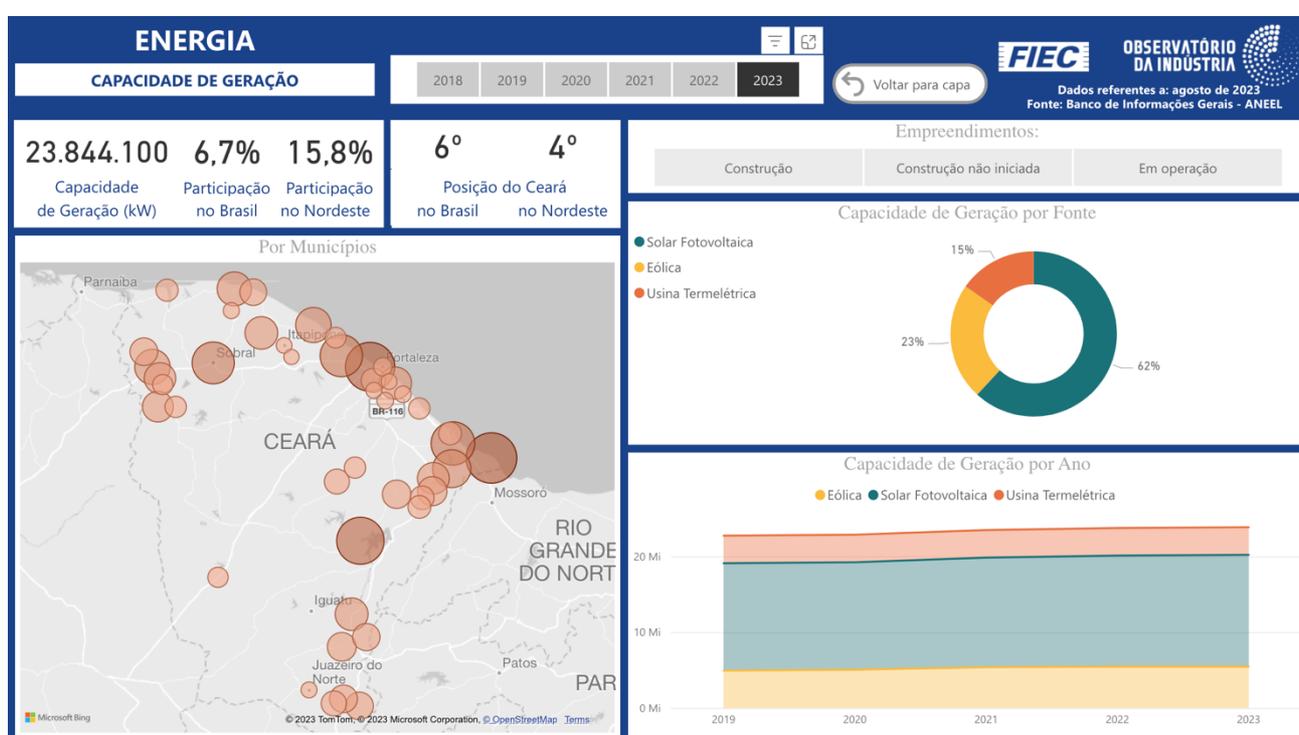
A geração de eletricidade ocupa a segunda posição no total de emissões de GEE do setor energético cearense. Atrás apenas do setor de transporte, que emitiu 41,2% da porcentagem de emissões do setor energia (4,834M t CO₂e), o setor de geração de eletricidade emitiu 39,5% do total, equivalente à 4,64M t CO₂e (SEEG, 2022).

Ainda que bastante poluente, esta atividade destaca-se pela sua diversidade energética. O potencial de energia elétrica proveniente de fontes renováveis vem sendo gradualmente explorado pelo estado e pode vir a ser exemplo nacional no tema da transição energética, com alto potencial de exploração mercadológico da produção de energia de baixo carbono.

Capacidade de geração e matriz energética do Ceará

Em termos de capacidade de geração de energia elétrica centralizada³⁶, o estado do Ceará detém um total de **23.844.100 kW**, o que corresponde a **6.7% da participação na matriz energética brasileira**. Em termos percentuais, a fonte com maior potencial de geração de é a solar (62%), seguida pela eólica (23%) e termelétrica (15%).

Figura 11: Capacidade de geração de energia elétrica centralizada no estado do Ceará.



Fonte: FIEC, 2023.

³⁶ A geração centralizada significa que a produção de energia será realizada por poucas unidades geradoras de grande escala, capazes de abastecer muitos consumidores. Esse conceito se contrapõe a geração descentralizada, uma vez que a geração de energia se dará por fontes menores, localizadas próximo das unidades consumidoras e interligado a rede de distribuição.

Até o final de 2022, o Ceará contava com um total de 269 unidades de empreendimentos de geração de energia centralizada (FIEC, 2022). Desse total, destaca-se o alto potencial de geração da energia elétrica proveniente de eólicas offshore³⁷. Ainda nesse período, o Ceará possuía 21 projetos de eólica offshore aguardando a aprovação de licenciamento ambiental pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Caso todos os processos de licenciamento ambiental das eólicas offshore sejam aprovados, a capacidade de geração dessas unidades corresponderia a **53,585,000 kW**, praticamente mais do dobro da capacidade total de geração do Estado segundo os dados da FIEC (FIEC 2023; MMA, 2022).

Tabela 5: Unidades de Geração Elétrica Centralizada no Ceará (até dezembro 2022).

Unidades de Geração de Eletricidade Centralizada (Ceará)			
Fonte	Status	Quantidade	Potência total (kW)
Eólica	Em operação	99	2,506,440
	Aprovado e em construção	1	71,400
	Aprovado e pendente de construção	12	303,500
Eólica offshore	Aguardando aprovação (IBAMA)	21	53,585,000
Termelétrica	Em operação	37	2,158,808
	Em operação	21	499,926

³⁷ Usinas eólicas offshore compreendem a geração de energia elétrica a partir dos ventos em alto-mar.

Solar Fotovoltaica	Aprovado e em construção	8	201,000
	Aprovado e pendente de construção	66	2,486,732
Hidrelétrica	Em operação	2	1,263
	Aprovado e em construção	1	9,000
Undi-elétrica	Em operação	1	50
Total	- -	269	61,832,119

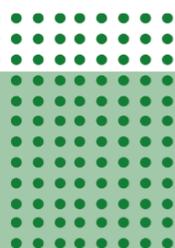
Fonte: FIEC, 2023; MMA, 2022 (dados 05 de dezembro de 2022).

Elaboração: Autores.

Os projetos de energias renováveis e a sua relação com o mercado de carbono

O mercado energético cearense é atrativo para empresas e investidores uma vez que contempla em suas características condições excepcionais para a exploração de energias renováveis, especialmente no tocante às fontes solar e eólica. Além disso, por questões de localização, o estado do Ceará é o mais próximo do continente europeu, facilitando a logística de transporte de energias destinadas à exportação ao mercado europeu, especialmente ao se considerar a existência da conexão que o Porto do Pecém possui com o Porto de Rotterdam.

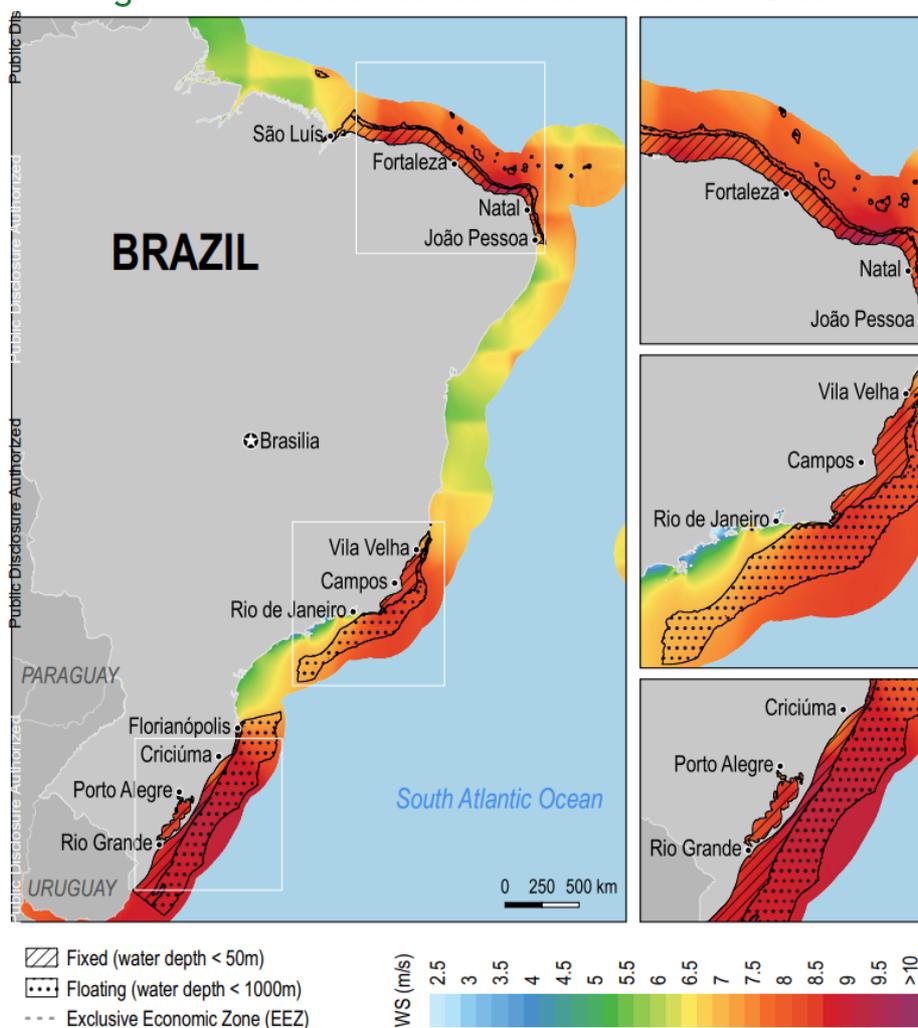
Pode-se igualmente visualizar pontos vantajosos para a exploração de energias renováveis no que diz respeito às condições climáticas e geográficas do território cearense. Em relação à energia solar, o estado do Ceará é favorecido pela sua localização, inserido em latitudes de clima tropical cuja irradiação global é propícia à geração energética. As médias de



irradiação solar na região nordeste alcançam valores próximos de 6 kWh/m².dia, sendo que a média do estado do Ceará é de 5.3 kWh/m²/dia (Camargo Schubert Engenheiros Associados, et al., 2019).

Outrossim, quanto à exploração de energia eólica, o Ceará detém grande potencial para a implementação de projetos *offshore* em território nacional. Os dados publicados em 2020 pela Global Winds Atlas apontam três áreas com maior potencial para esse tipo de projeto no Brasil, dentre as quais está a região litorânea do Ceará (Figura 12).

Figura 12: Potencial técnico eólico offshore no Brasil.



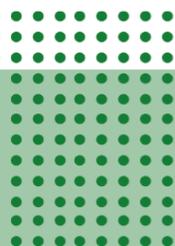
Fonte: World Bank, 2020.

Todas essas condições climáticas e geográficas favoráveis colocam o estado do Ceará em uma posição privilegiada no processo de fomento a novos projetos para o desenvolvimento e a instalação de fontes alternativas de energia. O estado tem assim a oportunidade de acelerar o seu processo de transição energética, conseqüentemente ter uma matriz energética menos dependente de combustíveis fósseis e trazer consigo diversos benefícios socioeconômicos para a população local, para a iniciativa privada e para o poder público.

A implementação de infraestruturas de energias renováveis, a sua manutenção, assim como o incremento de investimentos internacionais no mercado regional possibilitam que haja o fortalecimento do desenvolvimento estadual na medida que surgem novas oportunidades de emprego e crescimento econômico. Uma matriz energética majoritariamente renovável contribui igualmente para que haja a redução de emissões de GEE associados ao setor energético, favorecendo a descarbonização da economia regional (Speranza, Wills, 2019).

Uma das ferramentas que vem sendo utilizada para acelerar a transição energética e limitar as emissões provenientes do setor de energia é o mercado de carbono, sendo este regulado ou voluntário. O setor de energia figura como um dos principais setores em termos de compatibilidade com os Sistemas de Comércio de Emissões, especialmente por conta da disponibilidade de dados acerca das emissões e funcionamento das matrizes energéticas, avanços no desenvolvimento de tecnologias de baixo carbono e, inclusive, a expertise de alguns Estados na geração de créditos de carbono a partir de projetos do MDL (IEA, 2020a).

O setor de energia é tutelado por diversos Sistemas de Comércio de Emissões vigentes no mundo, inclusive o Sistema Nacional de Comércio de Emissões Chinês. Ainda que de aplicação provisória, as operações do mercado nacional chinês abrangem apenas as emissões advindas do setor de energia (usinas de carvão e gás), principal emissor de GEE



no país, para posteriormente incluir os demais setores intensivos em emissões. Dessa forma, espera-se que esse sistema contribua para a redução das emissões da China e, com isso, os seus objetivos climáticos sejam alcançados. A partir da fixação de preços para as emissões e a distribuição de licenças, o setor de energia será levado a aumentar a eficiência de seus processos, assim como ampliar o uso de tecnologias CCUS³⁸ (IEA, 2020b).

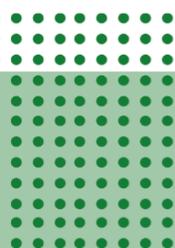
Em relação ao Brasil, o Sistema de Comércio de Emissões ainda está em fase de construção legislativa, então não se sabe ao certo como o seu funcionamento e estruturação serão definidos. Até o presente momento, sabe-se que a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) elencou o setor de geração e distribuição de energia elétrica como um dos Planos Setoriais de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas, que ainda precisam ser definidos pelo governo federal.

No que diz respeito às perspectivas de empreendimentos e projetos de energias renováveis para o mercado de carbono voluntário, as tendências contemporâneas apontam para uma limitação em seu desenvolvimento. Apesar de ser um dos setores que detém a maior quantidade de projetos de créditos de carbono, pode-se apontar dois encaminhamentos que demonstram a limitação desses créditos:

(i) **aumento da competitividade de energias renováveis e diminuição dos preços dos créditos de carbono:** considerado um dos mais baratos no mercado, os preços dos créditos de carbono provenientes de energias renováveis reduziram 42,10% entre os anos de 2017 e 2021³⁹. A redução dos preços reflete o crescimento dos projetos de

³⁸ No acrônimo em inglês que significa “*carbon capture, utilization and storage*” (captura de carbono, utilização e armazenamento).

³⁹ Os respectivos preços por ano: (1) 2017, USD 1.90; (2) 2019, USD 1.40; (3) 2020, USD 0.87; (4) USD 1.1 (Donofrio, et al., 2020; 2021).



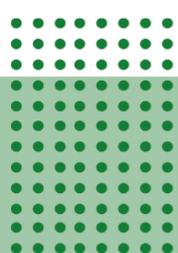
energias renováveis, razão pela qual os standards e os compradores têm modificado sua percepção em relação às compensações de carbono a partir desses créditos, inclusive em termos de comprovação da adicionalidade (Donofrio, et al., 2020; 2021).

(ii) **possibilidade de registro apenas para projetos em países subdesenvolvidos**⁴⁰: recentemente, dois dos principais standards de carbono - Verra e Gold Standard - optaram por registrar projetos de energias renováveis somente em países subdesenvolvidos, o que exclui o Brasil da lista de países elegíveis, vez que classificado internacionalmente como um país em desenvolvimento (Gold Standard, 2021; VCS, 2019a; World Bank, 2021).

Apesar dessas limitações atuais, o Brasil tem um histórico importante de participação no mercado de compensação por meio de projetos de geração de energia renovável. Nos últimos anos, projetos desse tipo geraram 32 bilhões de dólares (US\$) em investimentos estrangeiros conseguidos graças aos créditos negociados em mercados voluntários, soma essa que acabou contribuindo para uma capacidade instalada total de aproximadamente 20 GW no País (HAUSER, FONSECA, 2018).

Ademais, a maioria dos projetos registrados no Brasil até 2021 são do setor de energia (80 de um total de 159), sendo assim responsável pela geração de 25.7 milhões de créditos de carbono. Em âmbito nacional, a região nordeste figura em segundo lugar quanto a totalidade de projetos de energia, contabilizando 27 registros (Vargas, Delazeri & Ferreira, 2021).

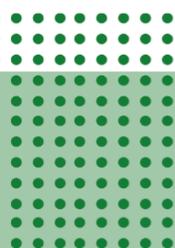
⁴⁰ Segundo a classificação adotada pelo VCS e Gold Standard, estes seguem as listas adotadas pelas Nações Unidas dos "Least Developed Countries (LDC), Small Island Developing States (SIDS) ou LandLocked Developing Countries".



Entre os projetos de energia renovável disponíveis no registro público da Verra, Gold e American Carbon, existem 6 projetos com registro no Ceará. Desses projetos, a maioria consiste em projetos de geração de crédito que evitem a emissão de GEE graças à instalação de centrais eólicas, ou projetos que promovam uma substituição de combustíveis fósseis para biomassas renováveis na indústria de cerâmica (Quadro 1).

Quadro 1: Projetos de Energia no Ceará registrados no banco de dados público do Verra, Gold Standard e American Carbon Registry.

Projetos no Mercado Voluntário - Transição Energética
<p><u>Gravier Renewable Energy</u></p> <p>Tipo de projeto: Energia/Transportes (energias renováveis)</p> <p>Descrição: Projeto de implementação e geração de energia renovável por meio de usinas eólicas no Estado do Ceará, objetivando evitar as emissões de GEE provenientes da geração de eletricidade de fontes fósseis.</p> <p>Certificação: Verified Carbon Standard (VCS)</p> <p>Status do Projeto: Registrado</p> <p>Duração: 10 anos (01/08/2021 - 31/07/2031)</p> <p>Total de créditos: 124.580 tCO₂e/ano</p>
<p><u>Gomes de Mattos Ceramic Fuel Switching Project</u></p> <p>Tipo de projeto: Energia/Transportes (substituição de combustível)</p> <p>Descrição: Projeto de substituição de combustível na Cerâmica Gomes de Mattos a partir da geração de energia térmica proveniente de madeira adquiridos planos de gestão sustentável de florestas.</p> <p>Certificação: Verified Carbon Standard (VCS)</p> <p>Status do Projeto: Registrado</p> <p>Duração: 10 anos (01/05/2016 - 30/04/2026)</p> <p>Total de créditos: 47.997 tCO₂e/ano.</p>
<p><u>Assunção Ceramic Fuel Switching Project</u></p>



Tipo de projeto: Energia/Transportes (substituição de combustível)

Descrição: Projeto de substituição de combustível na Cerâmica Assunção para biomassa renovável.

Certificação: Verified Carbon Standard (VCS)

Status do projeto: Registrado

Duração: 10 anos (01/06/2017 - 31/05/2027)

Total de Créditos: 14.053 tCO₂e/ano.

Santos Energia Wind Power Complex: Santo Antônio de Pádua, São Cristóvão and São Jorge

Tipo de projeto: Energia/Transportes (energias renováveis)

Descrição: Projeto de geração de eletricidade proveniente de três usinas eólicas.

Certificação: American Carbon Registry (ACR)

Status do projeto: Expirado

Duração: 07 anos (11/11/2014 - 10/11/2021)

Total de Créditos: 124.384 tCO₂e/ano.

Ms Renováveis Wind Power Complex: Mar e Terra, Areia Branca, Embuaca and Icaraí

Tipo de projeto: Energia/Transportes (energias renováveis)

Descrição: Projeto de geração de eletricidade proveniente de quatro usinas eólicas: Mar e Terra, Areia Branca, Embuaca e Icaraí.

Certificação: American Carbon Registry (ACR)

Status do projeto: Expirado

Duração: 07 anos (29/06/2013 - 28/06/2020)

Total de Créditos: 135.888 tCO₂e/ano.

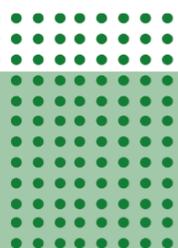
CEARÁ Renewable Energy Bundled Project

Tipo de projeto: Energia/Transportes (substituição de combustível/eficiência energética)

Descrição: Projeto de substituição de combustível e eficiência energética para biomassa renovável nas fábricas de cerâmica pertencentes ao Grupo Tavares.

Certificação: Gold Standard

Status do projeto: Expirado



Duração: 10 anos (01/10/2010 - 31/09/2020)

Total de Créditos: 36.173 tCO₂e/ano.

Fonte: Verra, 2022; Gold Standard, 2023; ACR, 2023.

Por mais que o futuro dos projetos de geração de créditos de carbono provenientes de empreendimentos de energia esteja caminhando para sua redução constante no mercado, ainda existem alternativas que os proponentes podem se utilizar para precificar sua redução ou evitamento de emissões, como é o caso de buscar o registro dos projetos por meio de outras agências certificadoras atuando no mercado de compensação e/ou buscar certificações paralelas que também garantem um incentivo econômico à geração de energia renovável, a exemplo dos Certificados de Energias Renováveis (REC)⁴¹.

Finalmente, em virtude da mutabilidade do próprio mercado voluntário, reformas e o surgimento de novos standards no mercado são cada vez mais recorrentes (World Bank, 2021; GCC, n.d.). Logo, em breve, as limitações e as desvantagens econômicas hoje existentes para a geração de créditos de projetos de energia renovável poderão deixar de existir para incentivar ainda mais esse setor que vem crescendo em todo o mundo, inclusive no Ceará.

⁴¹ Comprovante que atesta que a energia elétrica consumida advém de fontes renováveis. Em termos mercadológicos, esses certificados possuem duas finalidades: (i) incentiva os produtores de energias renováveis a continuarem investindo em energias limpas, assim como garante uma receita adicional; e (ii) possibilita que os adquirentes declarem a procedência da energia elétrica consumida e a respectiva redução de gases atmosféricos.

O potencial disruptivo e inovador do Hidrogênio Verde para a economia cearense

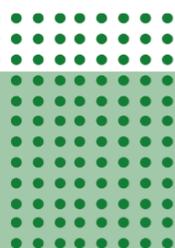
Outro destaque do Estado do Ceará diz respeito à instalação do seu Hub de produção e exportação de Hidrogênio Verde (H2V)⁴², sediado no Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP).

Devido a existência de fontes elétricas sustentáveis na matriz energética do Brasil, a produção do hidrogênio verde tem se tornado um ponto estratégico para a diversificação da matriz energética nacional. Ao trazer inovação energética para o país, a produção de H2V poderá impulsionar a economia brasileira por meio da geração de empregos sustentáveis e da atração de novas oportunidades de investimentos (BEZERRA, 2021).

Em todo o Brasil, a região do nordeste é a que detém as melhores condições para a produção do H2V em virtude dos seus potenciais de geração eólica e solar, assim como a sua localização geográfica para fins de exportação. Dos estados nordestinos, o Ceará tem sido pioneiro nas negociações de projetos de exploração do H2V. Recentemente, foram assinados **24 memorandos de entendimento e 3 pré-contratos com empresas nacionais e internacionais** (OLIVEIRA, 2022; CEARÁ, 2022).

O Hub de H2V do Ceará foi lançado em fevereiro de 2021, uma parceria firmada entre o Governo do Estado, Complexo do Pecém, Federação das Indústrias do Ceará (FIEC), e Universidade Federal do Ceará. A abordagem adotada foi a tríplice hélice, integrando a universidade, indústria e o governo, em um ambiente de inovação e empreendedorismo

⁴² Produção de hidrogênio a partir da eletrólise da água utilizando-se energia proveniente de fontes renováveis, como eólica, fotovoltaica e hidrelétrica.



em prol do desenvolvimento, no caso, visando a produção do H2V com o foco de transformar o Ceará em um grande fornecedor global dessa fonte energética.

O início da produção de H2V no Ceará se deu no início de dezembro de 2022 pela empresa EDP Brasil no Pecém (Machado, 2022). O lançamento oficial foi realizado em janeiro de 2023, com a participação de importantes autoridades e das partes interessadas no mercado de H2V (Campos, 2023). Essa usina prevê a geração de 22,2 kg/h de hidrogênio a partir da eletrólise da água por fontes renováveis (solar, eólica e hídrica) que eram destinadas inicialmente às demandas energéticas do Complexo Industrial e Portuário do Pecém (Anuário do Ceará, 2022).



O Hub de H2V do Ceará é um projeto ambicioso, com expectativa de produção de cerca de **900 mil toneladas de hidrogênio/ano** por meio de eletrólise de 5 GW provenientes de fontes renováveis, tais como solar, eólica e hídrica. Ele possuirá uma posição estratégica para o mercado de hidrogênio brasileiro considerando que:

1. a sua instalação se dará em uma Zona de Processamento de Exportação (ZPE), atrativa para empresas depositarem seus investimentos em virtude dos incentivos tributários diferenciados existentes;
2. a conexão existente com o porto de Rotterdam, nos Países Baixos, o que facilita a logística de exportação do H2V para Europa;

3. por fim, os potenciais de produção de energias renováveis, *onshore* e *offshore* (Oliveira, 2022).

No tocante aos investimentos previstos para o Hub de H2V do Ceará, o montante esperado já atingiu o valor de US\$ 20,43 bilhões em dólares americano (Tabela 7).

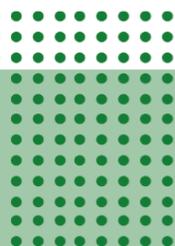
Tabela 6: Investimentos previstos para o Hub de H2V do Ceará por país, empresa e valores (US\$).

Projetos e investimentos confirmados - Hub H2V do Ceará		
País	Empresa	Valores previstos (em dólar americano US\$)
Austrália	Fortescue Future Industries	6 bilhões
	Energix Energy	5,4 bilhões
Países Baixos	Transhydrogen Alliance	2 bilhões
França	Qair	6,95 bilhões
Portugal	EDP do Brasil	8 milhões

Fonte: OLIVEIRA, 2022 (com alterações).

Durante a COP-27 no Egito, a ADECE (Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará) e o Banco Mundial firmaram uma parceria denominada **Hidrogênio para o Desenvolvimento (H4D)**. A ADECE é a única instituição brasileira a compor o grupo de parceiros do Banco Mundial nesse projeto, o que demonstra a liderança do Estado do Ceará no setor.

Apesar dos inúmeros benefícios e do potencial de desenvolvimento em torno de projetos para a geração de hidrogênio verde, a sua inserção no mercado voluntário de carbono tem encarado obstáculos em virtude da baixa competitividade desta fonte energética e dos elevados custos associados à sua produção. Em virtude disso, foi desenvolvida a [Hydrogen](#)



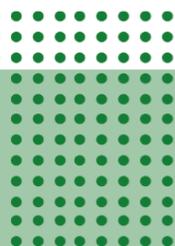
[for Net Zero Initiative](#), que conta com a participação de dois dos principais standards do mercado de carbono - Gold Standard e Verra - a fim de desenvolver as metodologias de acreditação de carbono associados ao hidrogênio de baixo carbono. O objetivo central é ampliar o financiamento de tais iniciativas, especialmente no desenvolvimento tecnológico e incremento da sua competitividade mercadológica (South Pole, s.d.).

O H2V possui um potencial variado no processo de acreditação de carbono. Por ser uma fonte energética de baixa emissão e contribuir para a descarbonização de setores considerados intensivos em emissões, o desenvolvimento de novas metodologias para a acreditação desse tipo de projeto é extremamente aguardado pela comunidade internacional (South Pole, s.d.).

A partir do estabelecimento das metodologias de hidrogênio de baixo carbono, diversos empreendimentos e projetos que se adequem aos critérios estabelecidos poderão pleitear o processo de certificação para fins de comercialização dos créditos provenientes de sua atividade. Assim, o Estado do Ceará, por ser um dos protagonistas no desenvolvimento de H2V no Brasil, deverá estar atento aos pronunciamentos e perspectivas futuras de tais projetos, a fim de encontrar oportunidades para se inserir neste mercado.

RECOMENDAÇÕES AO PODER PÚBLICO

O potencial de exploração de energias renováveis no estado do Ceará representa um grande campo de atração para investimento estrangeiro, geração de emprego, aumento da participação de fontes renováveis na matriz energética nacional, diminuição das emissões de GEE e cumprimento das metas de descarbonização estadual.



Por mais que o VCS e o Gold Standard não considerem o Brasil, como um dos países elegíveis para emissão de créditos de carbono pela geração de eletricidade por fontes renováveis, existem outros tipos de metodologias associadas com a transição energética que podem ser aplicáveis aos possíveis projetos. Assim, cabe ao poder público:

- Acompanhar o desenrolar das negociações do Artigo 6 do Acordo de Paris e do próprio Mercado Brasileiro de Comércio de Emissões, considerando que esses serão os únicos mecanismos possíveis a um curto e médio prazo para a venda de créditos de carbono provenientes de projetos de transição energética, tais como substituição de combustíveis, eficiência energética, entre outros;
- Apoiar o desenvolvimento do mercado regulado de carbono no Brasil e a inserção do setor de energia como um dos setores abrangidos pelo sistema.
- Seguir fomentando projetos que incentivem produção de energias renováveis, sobretudo projetos de produção de Hidrogênio Verde, pois em breve novas metodologias e padrões de certificação para esse tipo de projeto serão disponibilizadas pela Verra e Gold Standard;
- Acompanhar com rigor os projetos sobre a instalação de eólicas, sobretudo aquelas denominadas offshore, situadas no litoral cearense, verificando sobretudo os impactos socioambientais e o potencial mitigatório desses empreendimentos;
- Continuar a implementação da Política Estadual de Transição Energética Justa (Decreto nº 34.733) para fortalecer a matriz energética de baixo carbono no Estado e descarbonizar a economia cearense, criando assim um ambiente propício a projetos aptos a se beneficiarem dos mecanismos do artigo 6 e de uma futura regulamentação nacional;
- Organizar e incentivar espaços de discussão e feiras de empreendimento que aproximem desenvolvedores de projetos e investidores internacionais visando a incentivar implementação de novos projetos de energias renováveis no estado;
- Reunir experiências passadas no mercado voluntário e capacitar os agentes do setor nos padrões e certificações existentes para projetos de transição energética, preparando-os para futuras regulamentações do MBRE e do Artigo 6.

QUADRO RESUMO DO CAPÍTULO 4

- A transição energética é um imperativo global, especialmente considerando que o setor de energia é considerado o mais poluente do mundo, sendo responsável por $\frac{3}{4}$ das emissões globais.
- Apesar da matriz brasileira contar com uma considerável parcela de fontes de energias renováveis, o setor de energético ainda figura como o 3º maior emissor de GEE no país. Essa participação se torna ainda mais evidente para algumas unidades federativas, como o Ceará, que o setor de energia é responsável por 42% do total de emissões estaduais.
- Entre as principais atividades emissoras do setor de energia no Ceará, tem-se a de transporte e geração de eletricidade, respectivamente responsáveis por 41,2% e 39,5% das emissões.
- As emissões provenientes do setor de transporte estão associadas com a dependência de combustíveis fósseis na frota de veículos cearenses, especialmente os derivados do petróleo (gasolina e diesel) e do gás natural.
- O setor de transporte é considerado uma das áreas focais de alguns mercados regulados de carbono, como o da Califórnia e o da União Europeia; sendo também previsto no projeto do Mercado Brasileiro de Redução de Emissões como um dos setores alvos de regulamentação nacional.
- A exploração de projetos e programas de geração de créditos de carbono no setor de transporte figuram como uma oportunidade de ampliação do envolvimento do Estado do Ceará no mercado voluntário de carbono. Nos últimos anos, esses créditos apresentaram um crescimento exponencial no volume negociado e no preço médio de cada tonelada de emissão.
- A adoção de programas, projetos e políticas estaduais que incentivem a transição do setor de transporte, favorecendo a mobilidade sustentável de baixo carbono, o que inclui o incentivo a aquisição de veículos elétricos ou híbridos, substituição de combustíveis fósseis por alternativas menos poluentes, exploração do hidrogênio verde, ampliação e modernização dos sistemas de transporte público, entre outros, são possíveis abordagens que o Ceará poderia adotar visando a redução certificada de

emissões e a consequente geração de créditos de carbono.

- Em relação ao setor de geração de eletricidade, por mais que mais da metade da energia produzida no estado seja proveniente de fontes renováveis, especialmente solar e eólica, essa atividade ainda permanece como uma das maiores emissoras do setor de energia no Ceará.
- O mercado energético cearense é atrativo para empresas e investidores uma vez que contempla em suas características condições excepcionais para a exploração de energias renováveis, especialmente no tocante às fontes solar e eólica. Além disso, por questões de localização, o estado do Ceará é o mais próximo do continente europeu, facilitando a logística de transporte de energias destinadas à exportação ao mercado europeu, especialmente ao se considerar a existência da conexão que o Porto do Pecém possui com o Porto de Rotterdam.
- No que diz respeito às perspectivas de empreendimentos e projetos de energias renováveis para o mercado de carbono voluntário, as tendências contemporâneas apontam para uma limitação em seu desenvolvimento.
- Apesar de ser um dos setores que detém a maior quantidade de projetos de créditos de carbono, o aumento da competitividade de energias renováveis e a diminuição dos preços dos créditos de carbono provenientes da geração de energia por fontes limpas, assim como a restrição geográfica de alguns standards quanto à elegibilidade de alguns países para tais projetos, o que inclui o Brasil, tem limitado as projeções futuras quanto a participação desses créditos nos mercados nacionais e internacionais.
- Apesar dessa limitação atual, o Brasil tem um histórico importante de participação no mercado de compensação por meio de projetos de geração de energia renovável, sendo a maioria dos projetos registrados até 2021 do setor de energia.
- Por mais que os projetos de geração de eletricidade por fontes renováveis no Brasil não sejam mais elegíveis pelo VCS e Gold Standard, outras metodologias associadas com a transição energética para uma matriz sustentável ainda poderão ser exploradas, como o aumento da eficiência energética, entre outros. Além da possibilidade de surgirem novas metodologias, como é o caso da Hydrogen for Net Zero Initiative, que busca desenvolver metodologias de acreditação de carbono associados ao hidrogênio

de baixo carbono.

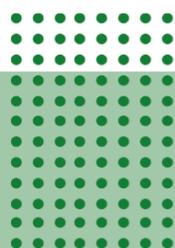
5. Setor Industrial

O setor da indústria tem uma importância incontestável para o crescimento econômico e o desenvolvimento de um país. Entretanto, este setor ainda é considerado altamente emissor e carente de soluções inovadoras para torná-lo mais eficiente e menos dependente de uma matriz energética composta principalmente de combustíveis fósseis.

No mundo, a indústria é responsável por 24% das emissões do setor de energia, que em sua maioria advém da sua dependência à fontes energéticas não-renováveis (ver capítulo 4). Entretanto, para além das emissões provenientes do setor energético, os processos industriais emitem diretamente 5,2% das emissões globais de GEE, sendo 3% da produção de cimento e 2,2% da indústria química e petroquímica (Our World in Data, 2020).

No Brasil e no Ceará, o cenário do setor da Indústria reflete bastante a realidade global. O setor da Indústria, mais especificamente os processos industriais, responde por 22,2% do PIB nacional (CNI, 2022) e emite 4% das emissões brutas nacionais, a maioria advinda da produção de metais (SEEG, 2022). No Ceará, a indústria cearense representa **17,1% do PIB do Estado (R\$ 143,1 bilhões)**, o equivalente à **1,8% da indústria nacional**, e **emite 4% do total de emissões do Estado**, exatamente a mesma porcentagem do setor no Brasil (Portal da Indústria, 2019; SEEG, 2022).

Do total de emissões do setor industrial cearense (aproximadamente 2,23M tCO₂), a grande maioria advém da produção industrial de cimento (**1,86M tCO₂ - 83%**). Em seguida, com



bem menos participação nas emissões, vem as emissões da **indústria metalúrgica (0,079 MtCO₂ - 4%)** e de **outros estabelecimentos industriais (0,29 MtCO₂ - 13%)** - cumpre ressaltar que os dados do mapeamento de emissões não especificam quais dos “outros setores industriais” foram objeto de análise (SEEG, 2022).

Dessa forma, buscando-se identificar as principais causas de emissão do setor industrial para se traçar uma rota de descarbonização alinhada aos desafios e oportunidades dos mercados de carbono, o presente Roadmap concentrar-se-á nas produções de cimento e de metal no Estado.

5.1. Produção de cimento

Conforme mencionado, a produção de cimento ocupa a quase totalidade das emissões de GEE do setor industrial no Ceará (1,86M tCO₂), especialmente em virtude da elevada exigência do consumo energético associado ao seu processo produtivo (IEA, 2022a).

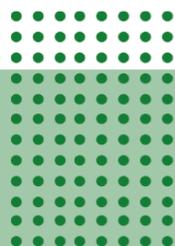
O cimento é feito da combinação e do beneficiamento de substâncias minerais não metálicas que, após passarem por um processo de transformação química em um forno industrial, geram o denominado clínquer (produto intermediário). Este clínquer é em seguida moído e misturado a outros materiais até formar o cimento, cuja composição final poderá variar conforme o tipo do cimento. A fase de clínquerização, etapa intermediária do processo de transformação química do cimento, representa quase 90% do total de energia consumida no processo de fabricação. Ademais, os principais combustíveis utilizados no aquecimento dos fornos industriais utilizados nessa transformação são derivados do petróleo, dentre eles a coque⁴³ e o carvão mineral (CEBDS, 2017).

⁴³ O coque é um resíduo sólido e poroso derivado do carvão mineral ou do petróleo. Ele é obtido via um processo de aquecimento do carvão em altas temperaturas, em câmaras fechadas, processo denominado coqueificação. Esse tipo de combustível fóssil é bastante utilizado pela indústria, principalmente para a fabricação do aço e do minério de ferro, graças ao seu alto potencial energético e baixo custo.

A estratégia atualmente utilizada pela indústria cimenteira para reduzir o consumo energético e conseqüentemente as emissões de GEE é por meio do uso de aditivos que reduzem o teor de clínquer no processo de transformação do cimento. Assim, ao se reduzir a proporção clínquer/cimento, o processo de transformação química será mais rápido e demandará menos combustível, o que resultará em uma menor emissão de GEE (IEA, 2022a; CEBDS, 2017).

Apesar de bastante utilizada, esta técnica é pouco eficiente a longo prazo. Em um cenário de baixo carbono ideal, principalmente numa visão de neutralidade carbono até o ano de 2050, a redução da proporção clínquer/cimento deve ser aplicada em conjunto com outras estratégias que aumentem a eficiência energética do procedimento e a utilização de fontes energéticas menos poluentes (Material Economics, 2019). Nessa trajetória, recomenda-se a utilização de novas tecnologias que evitem o desperdício energético e que sejam capazes de gerar um alto potencial de energia pelo menor custo de emissões possível (IEA, 2022). Ademais, deve-se pensar igualmente em uma substituição energética para os combustíveis fósseis atualmente utilizados pela indústria cimenteira (coque e carvão). Uma maior porcentagem de renováveis, carvão vegetal, biomassa e resíduos industriais são alternativas preferíveis às fontes comumente aplicadas no Brasil (IEA, 2022a; CEBDS, 2017).

Buscando promover uma maior eficiência energética de suas instalações e ainda capitalizar com a redução de emissões de GEE geradas nesse processo, indústrias do setor de cimento em diversos países estão recorrendo ao mercado voluntário para certificar seus projetos de eficiência e substituição energética. Veja alguns exemplos no quadro abaixo:



Quadro 2: Projetos de produção de cimento no mercado voluntário em todo mundo

Projetos no Mercado Voluntário - Produção de cimento

Projeto de Cimento Wanzhou Kehua - Distrito de Wanzhou/China

Tipo de projeto: Eficiência energética no processo produtivo - Indústria

Descrição: Projeto que visa promover uma maior eficiência energética no processo de clínquerização para gerar eletricidade. Em uma indústria de cimento em Wanzhou, o calor residual de duas linhas de produção será utilizado para a geração de energia na atividade do projeto. No passado, o calor residual da linha de produção de cimento era emitido para a atmosfera. A atividade do projeto utilizará o calor residual que teria sido emitido para a atmosfera para gerar energia elétrica, sem afetar a utilização da reciclagem de calor no processo de produção.

Certificação: Gold Standard (ACM0012)

Status do projeto: Registrado

Duração: 10 anos (01/03/2010 - 28/02/2020)

Estimativa de créditos anuais: 79,797 tCO₂e/ano

Projeto de recuperação de calor residual na Indústria de Cimento Akcansa Canakkale - Turquia

Tipo de projeto: Eficiência energética no processo produtivo - Indústria

Descrição: Projeto que visa promover uma maior eficiência energética no processo de clínquerização para gerar eletricidade. Antes do mesmo, o calor residual do forno de aquecimento era liberado para a atmosfera. A atividade do projeto utilizará esse calor residual produzido no processo de calcinação do clínquer para a geração de 106245 MWh em energia. Toda a energia consumida nas fábricas de cimento é importada dessa rede.

Certificação: Gold Standard (ACM0012)

Status do projeto: Registrado

Duração: 10 anos (01/06/2011 - 31/05/2021)

Estimativa de créditos anuais: 58,328 tCO₂e/ano

Projeto Troca de combustível e extensão de gasoduto na Fábrica de Cimento Atocongo - Lima, Peru

Tipo de projeto: Substituição energética - Indústria

Descrição: O projeto consiste na mudança de carvão para gás natural nos dois fornos de cimento da fábrica de cimento de Atocongo. O projeto instalou queimadores de gás natural nos fornos de cimento e construiu um gasoduto de gás natural a partir de um ponto de distribuição localizado a 3,5 km a sudoeste da fábrica. A redução gerou uma redução nas emissões de GEE considerando que o gás natural, ainda que considerado um combustível fóssil, é menos emissor que o carvão mineral.

Certificação: VCS (AM0033)

Status do projeto: Registrado

Duração: (7 anos) 01/09/2022 - 31/08/2029

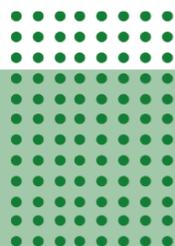
Estimativa CO₂e removido: 130.000 tCO₂e/ano

Fonte: Verra, 2023; Gold Standard, 2023.

Elaboração: autores

Ainda que indústrias de cimento no Brasil e no Ceará não tenham registros nos mercados voluntários, algumas já buscam uma melhora em seus processos de forma autônoma e voluntária, a exemplo da fábrica da Votorantim Cimentos localizada no Pecém/Ceará. Em novembro de 2021, foi inaugurada uma nova linha de produção da fábrica Votorantim Cimentos do Complexo Industrial e Portuário do Pecém. Na oportunidade, a empresa anunciou que utilizará uma nova planta industrial que permite uma redução de 60% da emissão de gás carbônico (CO₂) no novo processo de fabricação do produto. Esta redução se deve à utilização de um moinho vertical e com circuito fechado de refrigeração, tecnologias que buscam a eficiência energética da etapa de moagem do cimento ao possibilitar a redução em 30% do consumo de energia e 90% do uso do recurso hídrico (Ceará, 2021a).

No contexto apresentado, fica claro a existência de oportunidades no mercado voluntário para indústrias do setor de cimentos que desejam minimizar os custos de sua transição de baixo carbono. Ao buscarem uma certificação de carbono no mercado voluntário, os atores do setor de cimento no Ceará poderão se beneficiar tanto de uma carência técnica, quanto



de uma carência financeira comumente existente na implementação desse tipo de projeto quando feitos de forma independente (Climate Focus, 2022).

5.2. Indústria metalúrgica

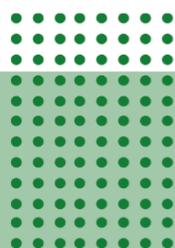
Assim como a indústria cimenteira, a indústria metalúrgica cearense se utiliza majoritariamente de combustíveis fósseis em seus processos produtivos, motivo pelo qual ocupa a terceira posição nas emissões de GEE do Estado (SEEG, 2022).

Parte integrante do Complexo Industrial Metalomecânico⁴⁴ do Ceará, a atividade metalúrgica básica, que inclui o setor siderúrgico⁴⁵, é considerada a mais lucrativa do complexo apesar de contar com uma pequena força de trabalho e poucas unidades produtivas. Dentre os motivos dessa lucratividade e da sua elevada emissão de GEE, as metalúrgicas cearenses são em sua totalidade grandes empresas, de elevado capital e com linhas de produção com vários processos e bastante automatizadas, o que demanda consequentemente uma alta intensidade energética (IPECE, 2022c).

Mundialmente, o setor ainda é dependente de insumos altamente emissores (carvão mineral, minério de ferro, coque, sucatas do carvão, etc.). O carvão mineral é o mais usado por ser agente redutor para extrair ferro do minério de ferro e para fornecer o conteúdo de carbono necessário no aço (IEA, 2022c).

⁴⁴ O Complexo Industrial Metalomecânico (CMM) é entendido como um conjunto amplo e diversificado de cadeias produtivas que, em uma visão sequencial, entrelaçam-se entre si para a produção, processamento e utilização de metais, especialmente o ferro, alumínio e ligas.

⁴⁵ A siderurgia, setor no qual ocorre a fabricação do aço em forma de semi-acabado, laminado, relaminado, trefilado e tubo sem costura, é considerada um ramo da metalurgia, seção na qual estão inseridas outras atividades correlatas.



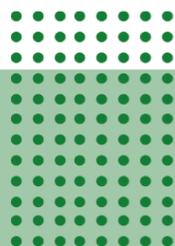
Ainda que tenham ocorrido melhorias na eficiência energética dos processos siderúrgicos, a alta demanda global por aço vem crescendo fortemente nos últimos anos e impulsionando a expansão do setor e o conseqüente aumento da demanda total de energia e de emissão de CO₂ (IEA, 2022c).

Das indústrias metalúrgicas do Estado do Ceará, a **Companhia Siderúrgica do Pecém (CSP)**, recentemente adquirida pela multinacional ArcelorMittal, é a mais relevante. Classificada como a primeira usina integrada no Nordeste, a CSP integra o Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP) e está conectada à sua Zona de Processamento de Exportação (ZPE). Principal produtora de lâminas de aço no Estado do Ceará desde junho de 2016, a siderúrgica hoje exporta a maioria da sua produção para mais de 23 países, o que a coloca entre as maiores empresas exportadoras do País (CSP, 2023).

Em termos energéticos, a siderúrgica se serve majoritariamente da energia proveniente da sua termelétrica instalada no CIPP. Autossuficiente em produção de energia elétrica, a CSP vende o excedente para o Sistema Interligado Nacional (SIN) e contribui com a geração de energia a outras usinas do complexo (CSP, 2023).

Considerando que a queima do carvão mineral é altamente emissora de GEE, o setor tem buscado alternativas para mitigar essas emissões. A exemplo da indústria cimenteira, a estratégia mais utilizada pela indústria metalúrgica consiste na busca por uma maior eficiência energética dos processos produtivos, tais como a utilização de resíduos metálicos como matéria-prima e o reaproveitamento de gases e calor dos processos industriais (IEA, 2022b; CEBDS, 2017).

Em um cenário de baixo carbono, uma outra solução seria a utilização de altos-fornos a carvão vegetal sustentável, ou biomassa vegetal, como fonte renovável de energia. No Brasil, e principalmente no Nordeste, este combustível poderá ser um diferencial competitivo devido à sua disponibilidade e seu fácil consumo (MMA, PNUD, 2018). Ademais, estudos apontam que este combustível poderá ter uma penetração de até 50%



na siderurgia do Brasil até 2050 (ICC, 2021). Entretanto, ainda que seja um combustível que emita menos GEE, os especialistas do setor indicam que as tecnologias e as logísticas existentes para a queima do carvão vegetal ainda são menos eficientes e exigem um maior consumo de energia elétrica no processo produtivo se comparado ao carvão mineral, não sendo assim uma solução altamente recomendada às indústrias a curto prazo (IEA, 2022b; CEBDS, 2017).

Embora também não existam projetos de créditos de carbono para a indústria metalúrgica no Brasil e no Ceará, os principais standards de carbono já possuem metodologias disponíveis para a geração de créditos graças a uma maior eficiência energética na produção de metais, a exemplo da metodologia AM0030 e AM0059 que promovem uma redução da emissão de GEEs nos processos de fundição de alumínio. Veja abaixo alguns exemplos de projetos no mundo que se utilizam dessas metodologias para reduzirem a emissão de GEE de seus processos industriais e consequentemente gerarem créditos de carbono negociáveis:

Quadro 3: Projetos de produção de metais no mercado voluntário em todo mundo

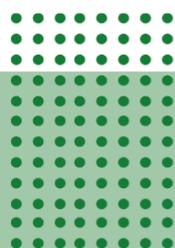
Projetos no Mercado Voluntário - Produção de Metais

Projeto Complexo AMG - Ohio/Estados Unidos

Tipo de projeto: Produção de metais

Descrição: Projeto objetiva reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) por meio da fabricação secundária de metais (óxidos metálicos ou ligas metálicas), ou seja, a partir de resíduos que contenham metais. Os processos de fabricação de metais secundários consomem menos energia e emitem menos GEE em comparação com a fabricação de metais primários. Os principais produtos do processo são: ferro vanádio, ferro níquel, ferro molibdênio e alumina.

Certificação: Verified Carbon Standard (VCS)



Status do Projeto: Em execução

Duração: 20 anos (01/08/2021 - 31/07/2031)

Estimativa CO₂e removido: 200.000 tCO₂e/ano

Projeto de geração de energia térmica residual na produção de ferro silício - China

Tipo de projeto: Eficiência energética - Indústria

Descrição: O projeto visa o reaproveitamento energético no processo industrial. Ele recupera o calor residual de 16 fornos de ferrosilício para a geração de eletricidade. A capacidade instalada prevista é de 24 MW (possíveis alterações de acordo com a situação real). Agora, 3 MW estão instalados para um teste, já que nenhum projeto desse tipo foi feito antes e a capacidade final do projeto depende dos resultados do teste.

Certificação: Gold Standard (Metodologia ACM0012)

Status do Projeto: Finalizado

Duração: 10 anos (30/05/2012 - 29/05/2022)

Total de créditos gerados: 273.212 tCO₂e/ano

Fonte: Verra, 2023; Gold Standard, 2023

Elaboração: Autores

Em um horizonte de longo prazo em que se busque uma redução drástica das emissões de GEE, investir e fomentar projetos inovadores na indústria metalúrgica cearense são imperativos. As indústrias metalúrgicas devem buscar novas soluções que revolucionem a forma como o aço é produzido sem combustíveis fósseis. A adoção de insumos sustentáveis ou de novas tecnologias de redução direta de carbono (CCUS) são alternativas desejáveis no projeto de mitigação climática. Nesse contexto, os mercados voluntários de carbono podem servir como canais de acesso aos insumos técnicos e financeiros necessários à essa revolução energética do setor.

RECOMENDAÇÕES AO PODER PÚBLICO

A descarbonização do setor industrial e a sua conseqüente participação nos mercados de carbono perpassa um cenário governamental de incentivo fiscal e econômico à políticas de transição energética, vez que esse setor no Estado ainda é altamente dependente do abastecimento de combustíveis fósseis.

Ainda que no âmbito privado as indústrias busquem novos processos e novas tecnologias para reduzir suas emissões de GEE, a manutenção de termelétricas como fontes energéticas primárias à conglomerados industriais continuarão sendo um impedimento ao atingimento dos objetivos e das metas de descarbonização do Estado (IEA, 2022c). Nesse sentido, o fomento a adoção de fontes de energias renováveis, tais como solar fotovoltaica, eólica e hidrogênio verde, suficientes para suprir as necessidades energéticas da indústria figura como uma necessidade urgente para se alcançar a sustentabilidade dos processos de produção, redução das emissões atmosféricas e, por conseqüência, contribuir para a geração de créditos de carbono que poderão ser comercializados após a sua certificação.

Finalmente, para cooperar com o setor industrial nessa trajetória de inserção em um mercado de baixo carbono, recomenda-se ao poder público fomentar a inovação tecnológica, principalmente nos polos de cimento e metalurgia. O objetivo aqui é desenvolver práticas e processos industriais inovadores que sejam adaptados à realidade do Estado e da cultura industrial cearense.

Em suma, cabe ao poder público junto do setor industrial:

- Estabelecer políticas públicas e regulamentos que incentivem a descarbonização do setor e a sua transição para uma matriz energética renovável;
- Instigar a adoção de estratégias de eficiência energética nos processos produtivos industriais por meio de incentivos fiscais ou extrafiscais (certificações, selos, etc.);
- Fortalecer a gestão e monitoramento das emissões de gases de efeito estufa provenientes do setor;
- Fomentar a inovação tecnológica da indústria cearense e incentivar projetos que

reduzam a emissão de GEE nos estabelecimentos industriais, sobretudo projetos que promovam uma maior eficiência energética dos processos e combustíveis utilizados.

QUADRO RESUMO DO CAPÍTULO 5

- O setor da indústria ainda é considerado altamente emissor e carente de soluções inovadoras para torná-lo mais eficiente e menos dependente de uma matriz energética fóssil.
- No mundo, a indústria é responsável por 5,2% das emissões globais de GEE, sendo 3% da produção de cimento e 2,2% da indústria química e petroquímica.
- No Brasil, a indústria, mais especificamente os processos industriais, emite 4% das emissões brutas nacionais, a maioria advinda da produção de metais.
- No Ceará, a indústria emite 4% do total de emissões do Estado (2,23M tCO₂), grande parte advinda da indústria de cimento (1,86M tCO₂) e da indústria metalúrgica (0,079MtCO₂).
- A alta emissão do setor industrial cearense deriva primordialmente do elevado consumo energético de seus processos industriais, que em sua maioria advém de fontes não renováveis (termoelétricas, carvão mineral, xisto, etc.).
- O uso de aditivos e a busca por uma maior eficiência energética dos processos produtivos, tais como o reaproveitamento de gases e de calor dos processos industriais, são estratégias comumente utilizadas pela indústria para reduzir o consumo energético e conseqüentemente as emissões de GEE do setor, inclusive com projetos registrados no mercado voluntário de carbono.
- Acontece que, em um cenário de baixo carbono ideal, principalmente numa visão de neutralidade de carbono até o ano de 2050, melhorias na composição e no processo produtivo industrial devem ser aplicadas junto de estratégias duradouras de substituição ou de eficiência energética, que perpassam uma mudança estrutural do setor para o uso de matrizes menos poluentes (biomassa vegetal, hidrogênio, solar, etc.).

- Nessa trajetória de busca de melhorias no setor, é necessário igualmente o fomento à inovação tecnológica da indústria e a busca por soluções energéticas.
- Mercados de carbono podem funcionar como auxiliares no processo de transição energética do setor ao suprir uma carência técnica e financeira comumente existentes.
- O desenvolvimento e a certificação de projetos que tornem eficaz o uso de energia e mitiguem os impactos da transformação do cimento são etapas obrigatórias caso se busque acessar todos os benefícios e vantagens econômicas desses mercados sem deixar de promover uma redução drástica das emissões de GEE do Estado.

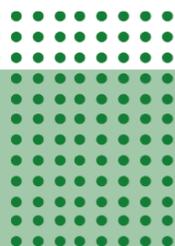
6. Setor de Florestas e Mudança no Uso do Solo

É difícil imaginar um combate efetivo às mudanças climáticas sem se discutir o uso do solo/terra e o manejo sustentável de nossas florestas. O solo é responsável por fornecer a base para a subsistência e o bem-estar humano, pois é dela que provém os alimentos, a água, a energia, a madeira e múltiplos outros serviços ambientais. Fonte emissora e importante reservatório natural de gases do efeito estufa (GEE), o uso do solo desempenha uma função importante na regulação do sistema climático, pois tanto pode emitir GEE quanto armazenar esses gases através de processos naturais dos ecossistemas terrestres ou por meio da agricultura, da silvicultura e outros tipos de uso do solo pelo homem (IPCC, 2019).

De acordo com o sexto relatório de síntese do IPCC, o aumento da temperatura da superfície terrestre foi maior do que o aumento da temperatura média global, isso em comparação com o período pré-industrial (IPCC, 2023)⁴⁶. Uma grande parte desse aumento é consequência de uma exploração muitas vezes predatória e intensiva dos recursos da terra/solo pelo homem, seja por meio por exemplo do extrativismo mineral e vegetal, da agricultura, da pecuária, dentre outras práticas. Estudos indicam que cerca de um quarto (1/4) das emissões globais de GEE estão associadas ao uso da terra, sendo a maioria originárias de práticas de desmatamento e da conversão de ecossistemas naturais para usos diversos (urbano, agrícola, extrativista, ...)⁴⁷ (IPCC, 2022a).

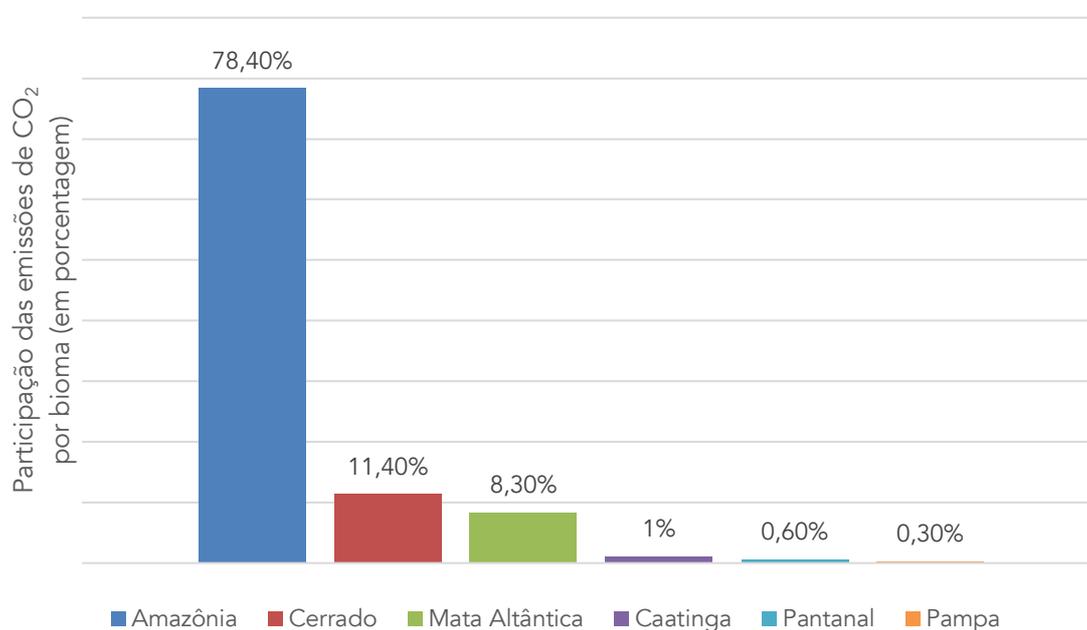
⁴⁶ A temperatura média global da terra foi 1,09°C mais alta entre 2011 e 2020 do que entre 1850 e 1900. Nesse período, o aumento da temperatura sobre a terra foi de 1,59°C e sobre os oceanos foi de 0,88°C.

⁴⁷ O uso da terra contribui com cerca 23% das emissões globais de gases de efeito estufa. As emissões de CO₂ originárias do desmatamento, as emissões de CH₄ originárias da produção de arroz e da criação de ruminantes e as emissões de N₂O do uso de fertilizantes foram as que mais contribuíram o total global, representando juntas quase metade das emissões.



No Brasil, o setor de Mudança de Uso da Terra e Florestas representa a maior fonte de emissão bruta de GEE⁴⁸. Em 2021, esse setor emitiu mais de 1.000Mt de CO₂, o que representa 49% do total de emissões nacionais (SEEG, 2022). A maior parte dessas emissões no Brasil advém do desmatamento ilegal e da conversão intensiva de terras nativas para o agronegócio, sobretudo no bioma da Amazônia, que representa sozinho 78,4% do total (782 MtCO₂) ou o dobro do desmatamento do Cerrado (11,4%), segundo bioma que mais emite GEE. Em terceiro lugar nas emissões vem a Mata Atlântica (8,3%), seguida da Caatinga (1%), Pampa (0,6%) e Pantanal (0,3%) (Figura 13).

Figura 13: Emissões brasileiras por bioma (ano de 2020)



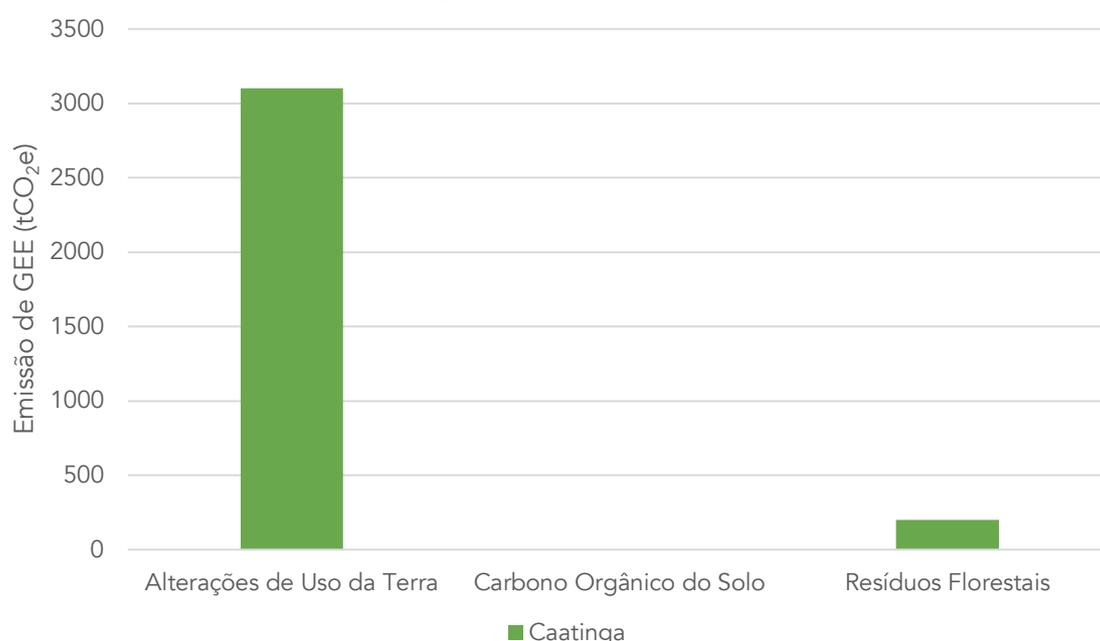
Fonte: SEEG (2021) (com modificações)

⁴⁸ Os dados de emissões do presente relatório foram retirados das estimativas anuais de emissões calculadas pelo SEEG 9.0 (Sistema de Estimativa de Emissão de Gases de Efeito Estufa). De acordo com a nota metodológica para o Setor Mudança de Uso da Terra e Florestas, o organismo leva em consideração as emissões brutas e líquidas de GEE relacionadas aos processos de mudanças dos estoques de biomassa e matéria orgânica existentes acima e abaixo do solo, além de emissões por queima de resíduos florestais. As estimativas de emissões são calculadas após uma análise dos mapas anuais de cobertura e uso da terra publicados principalmente pelo MapBiomas (Coleção 6), bem como da análise dos métodos e fatores do Quarto Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de GEE publicado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI).

Dentro deste panorama nacional, o Ceará contribui com a emissão de algo em torno de **3.3M tCO₂** para o setor “Mudança de Uso do Solo e Florestas”, o que representa apenas **12% do total de emissões do Estado**, proporção bem menor se comparado aos 49% das emissões totais no Brasil (rever gráfico da página 63).

A partir de uma análise mais aprofundada das emissões do Ceará, percebe-se que a totalidade advém de alterações no uso do solo (3.100 tCO₂e) e da queima de resíduos florestais⁴⁹ (200 M tCO₂e) no bioma da Caatinga (SEEG, 2022; Figura 14).

Figura 14: Emissões setor “Mudança de Uso do Solo e Florestas” no Ceará, em tCO₂e



Fonte: SEEG, 2022 (com modificações)

⁴⁹Resíduos florestais são os materiais orgânicos que sobram após a colheita, a produção e o processamento da lenha, podendo ser: sobras e cascas de madeira, galhos, folhas, tocos, raízes, etc. (Delgrossi Barros, 2021). Ao invés de serem descartados como lixo, esses resíduos podem passar por um processo de compactação ou de briquetagem e serem utilizados como combustíveis alternativos no próprio processo de fabricação da lenha ou em processos industriais que utilizam a lenha e o carvão vegetal como fontes energéticas. Importante ressaltar que os processos de compactação e briquetagem podem emitir GEE e essas emissões devem ser levadas em consideração quando da análise de novas estratégias de baixo carbono.

6.1. Caatinga: um potencial de recuperação de carbono e de biomassa vegetal

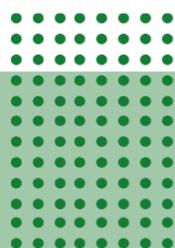
Dos três biomas presentes no Ceará (Cerrado, Mata Atlântica e Caatinga), a Caatinga é o bioma predominante no estado, ocupando 87,7% do território cearense (MMA, 2016). Considerado um bioma complexo e heterogêneo, a Caatinga cearense é composta por diferentes tipos de solos e vegetações, a depender da região analisada (Moro et al., 2015). De forma geral, esse bioma funciona como um sumidouro de carbono, absorvendo uma quantidade significativa de CO₂ pela vegetação e acumula matéria orgânica em seus solos e em sua biomassa. Naturalmente, essa dinâmica de captura pode variar conforme o tipo de solo, o nível de degradação da vegetação, a sazonalidade, ou mesmo a disponibilidade hídrica da região analisada (Menezes et al., 2021; Oliveira et al., 2022).^{50 51}

Acontece que, nos últimos anos, a caatinga cearense vem sofrendo uma contínua conversão da sua vegetação natural devido à ocupação antrópica, sobretudo por meio da pecuária extensiva, da extração vegetal indiscriminada, de queimadas e de práticas agrícolas insustentáveis⁵² (Mapbiomas, 2022; Ceará, 2010; Kauffman et al. 1993). Todos esses fatores

⁵⁰ Menezes et al. (2021) investigou os efeitos das mudanças de uso e cobertura da terra no total de estoques de carbono na caatinga em 7 tipos de solos diferentes, possibilitando quantificar as perdas de CO₂ após a remoção da floresta nativa. Segundo esse estudo, o estoque total médio de carbono do ecossistema na Caatinga Densa (124,76 Mg ha⁻¹) foi significativamente maior do que aqueles na Caatinga Aberta (85,50 Mg ha⁻¹), que foi maior que o estoque em pastagem (71,87 Mg ha⁻¹) que foi maior que o estoque nas lavouras (60,24 Mg ha⁻¹). Também se confirmou que a matéria orgânica do solo estoca a maior parte de carbono desses ecossistemas, abrigando, em média, 72% dos estoques da caatinga densa, cerca de 76% dos estoques da caatinga aberta e quase de 99% nos solos agrícolas.

⁵¹ Em um outro estudo de Oliveira et al. (2021), verificou-se que uma caatinga mais degradada possui maiores perdas de água no solo e possui menor capacidade de sequestro de carbono do que uma caatinga mais preservada, modificando o microclima, impactando o ambiente local e os estoques de carbono regionais.

⁵² De acordo com o Mapbiomas, o Estado do Ceará vem perdendo gradualmente áreas classificadas de “vegetação Florestal” para o avanço principalmente da agropecuária e dos centros urbanos. Do total de 2,14 milhões de hectares de formação florestal no território cearense, 340 mil hectares já sofreram fortes reduções em sua vegetação nativa. Ademais, dos 10 municípios que mais perderam formações florestais na caatinga, 8



são responsáveis por afetar os ecossistemas do bioma da caatinga e a sua dinâmica natural de remoção de carbono, resultando assim nas altas emissões de GEE (3.3M tCO₂) constatadas pelo estudo do SEEG. Atividades frequentes ao longo do tempo no semiárido, como o uso dos solos com práticas de desmatamento e uso recorrente das queimadas para posterior cultivo, tendem a reduzir os estoques de carbono orgânico e conseqüentemente emitir esse excedente de carbono na atmosfera (Salcedo; Sampaio, 2008; Araújo Filho et al., 2022).

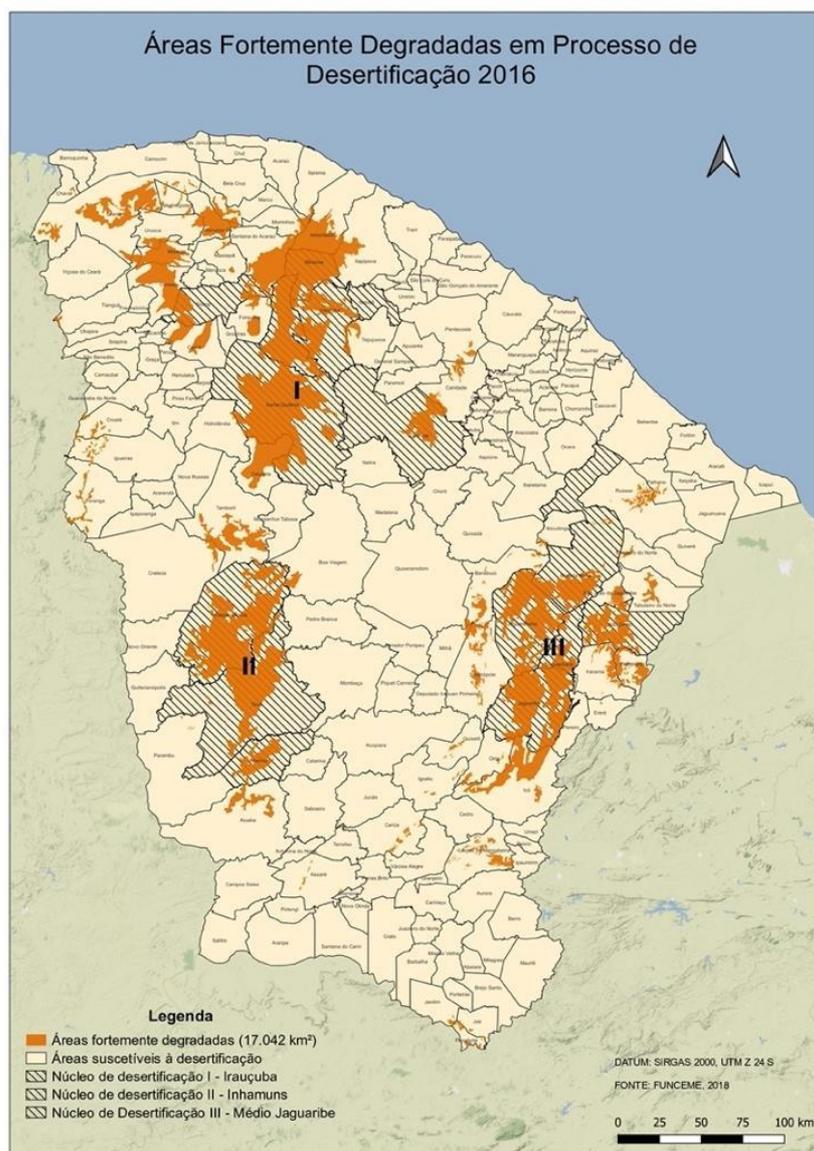
Esse cenário de emissões apenas no bioma da caatinga é alarmante considerando a importância desse ecossistema para a adaptação do Estado do Ceará aos efeitos das mudanças climáticas. Estudos comprovam que caso não haja uma transformação sistêmica no uso sustentável dos solos, fenômenos climáticos extremos serão cada vez mais frequentes ao ponto de gerarem uma instabilidade econômica e financeira em todo o mundo (IPCC, 2023b). Ademais, tamanho desequilíbrio climático afeta negativamente a biodiversidade, a segurança alimentar e os ecossistemas terrestres, contribuindo assim para o fenômeno da desertificação e para a degradação da terra em muitas regiões, sobretudo em regiões semiáridas que já sofrem desses fenômenos (IPCC, 2023b).

Em todo o Brasil, **112 municípios localizados na Caatinga correm risco de sofrer as consequências da desertificação** caso o avanço de práticas insustentáveis na região persista (Mapbiomas, 2022). No Ceará, **16 municípios já se encontram com mais de 30% de seu território fortemente degradado**, destaque para as áreas de Irauçuba, Inhamuns e Médio

estão localizados no Ceará, sendo o município de Bela Cruz o mais prejudicado. Nesse sentido, Kauffman et al. (1993) conduziu experimentos verificando o impacto do corte e queima da vegetação da caatinga na dinâmica de sua biomassa e nutrientes. Foi verificado que, por meio da queima dessa vegetação, pode-se perder cerca de 96% dos estoques de carbono e nitrogênio acima do solo.

Jaguaribe, onde o fenômeno da desertificação já é uma realidade (FUNCEME, 2016; Figura 15).

Figura 15: Mapa das áreas fortemente degradadas em processo de desertificação no Ceará



Fonte: FUNCEME 2016

Face a essa urgência climática no Estado, torna-se necessário o fomento, em um horizonte à médio e longo prazo, de políticas e práticas voltadas à proteção, ao manejo e à restauração da vegetação nativa do bioma da caatinga. Além de combater o fenômeno da

desertificação, tais iniciativas são mecanismos eficazes de combate às mudanças climáticas ao reduzirem a emissão de CO₂ por meio da sua absorção e consequente remoção da atmosfera e acúmulo nos solos (UNEP; IUCN, 2021).

Soluções baseadas na natureza (NBS) na caatinga cearense

Soluções baseadas na natureza (NBS), ou seja, ações de proteção e restauração de ecossistemas naturais e ações que promovam o uso sustentável do solo, são excelentes ferramentas no combate às mudanças climáticas, além de fontes de geração de créditos de carbono aptos a serem negociados nos mercados voluntários de compensação, vez que o mercado regulado brasileiro resta pendente de aprovação.

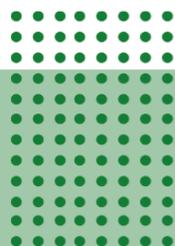
O que são soluções baseadas na natureza (*Nature based solutions* - NBS)?

Definição: "Ações para proteger, administrar de forma sustentável e restaurar ecossistemas naturais ou modificados, que resolvam desafios da sociedade de forma eficaz e adaptativa, enquanto proporcionam bem-estar humano e benefícios à biodiversidade" (UNEP; IUCN, 2021). Em suma, utiliza-se a definição de NBS para classificar ações de:

- I. Proteção e restauração dos ecossistemas naturais
- II. Ações que promovam o uso sustentável da terra

No contexto de crise climática, essas duas ações possuem natureza mitigadora ao reduzirem as emissões de GEE decorrentes da perda, degradação e má gestão dos ecossistemas, ao mesmo tempo que viabilizam e aumentam o sequestro natural de CO₂.

Obs: Projetos REDD + entram na categoria de projetos NBS, sendo considerados o tipo mais completo, acessível e efetivo para demandas de compensação corporativa, vez que respeitam metodologias reconhecidas no âmbito da UNFCCC (Biofíllica, 2022).

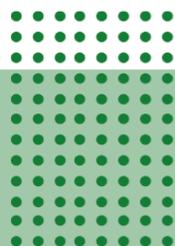


OBS2: A definição de NBS não abrange: as soluções "derivadas da natureza", tais como o uso de energia eólica, das ondas e solar; e as soluções "inspiradas na natureza", como projetos de materiais modelados em processos ou estruturas biológicas (UNEP; IUCN, 2021).

No Brasil, entre 2020 e 2021, dos **159 projetos** existentes no País que foram registrados nos três principais standards (VCS, GS e ACR), **20 projetos são do setor AFOLU (Agricultura, Florestas e Uso do Solo)**. Ao todo, esses projetos certificaram **60,5 milhões de tCO₂e em créditos de carbono**, o que equivale a praticamente **70% do total de créditos certificados para o período**. Do total de projetos no Brasil, **58%** foram provenientes de **projetos de solução baseadas na natureza (NBS)** e **(37%) de projetos REDD +**, todos voltados para a preservação de áreas florestadas para evitar desmatamentos (Vargas, Delazeri & Ferreira, 2021).

Os créditos de carbono provenientes de projetos NBS representam uma parcela importante do mercado voluntário no Brasil devido a facilidade de implementação e de controle desses projetos, que normalmente requerem pouco investimento e são de fácil administração. Atualmente diversas organizações internacionais e ONGs trabalham com projetos de NBS e vendem seus créditos para empresas e atores importantes do mercado voluntário (Climate Focus, 2022).

Assim como a demanda por créditos gerados de projetos NBS estão a aumentar, a tendência é de que outros créditos acompanhem este aumento, o que ocasionará um maior interesse do mercado a investir em novos projetos e programas de mitigação pelo mundo, sobretudo em países em desenvolvimento com alto potencial como o Brasil (ICC; WayCarbon, 2021). Seguindo essa tendência, os *standards* de carbono existentes serão



impulsionados a desenvolver novas metodologias com o objetivo de aprovar novos e diferentes projetos de mitigação para atender uma demanda crescente do mercado.

No Ceará, projetos NBS com registro nos principais standards de carbono são poucos e muitas vezes escassos. Dos oito registros ativos identificados no Estado (Ver Tabela do Anexo 4), apenas um projeto é do tipo Florestas e Uso do Solo, que seria o projeto de recuperação florestal localizado na Fazenda Barra do Facão em Caridade/CE:

Quadro 4: Projetos de reflorestamento e conservação de biomas registrados no Mercado Voluntário no Ceará

Projetos no Mercado Voluntário - Reflorestamento e Conservação de biomas - Ceará

Projeto de Reflorestamento e Conservação da Natureza – Barra do Facão, Caridade Ceará

Tipo de projeto: Redução e Sequestro de Emissões de Florestamento/Reflorestamento

Descrição: Projeto de recuperação florestal, localizado na Fazenda Barra do Facão, em Caridade/CE, que busca recuperar 600 hectares de terras degradadas, que continuariam nessa condição sem a existência dessa iniciativa. A recuperação se dará por meio da plantação de 2 milhões de árvores nativas. O projeto será implementado pela Ymbu Agroflorestal LTDA em conjunto com as empresas de consultoria em carbono CO2logic (Bélgica) e Mkaarbon Safari (Alemanha). Certificado em abril de 2022 pela Gold Standard, o projeto terá 30 anos de duração, com estimativa de produção de 5000 tCO₂e ao ano.

Certificação: Gold Standard

Status do projeto: Registro em andamento

Duração: 29 anos (04/04/2022 - 04/04/2051)

Total de créditos: 5.000 tCO₂e/ano

Fonte: Verra, 2023

Projetos florestais, sobretudo aqueles baseados na metodologia REDD+, são escassos em regiões semiáridas pois baseiam-se primordialmente em pagamento de fluxo de floresta, ou seja, na verificação da efetiva redução de emissão de GEE em áreas florestais pré-

definidas (Reis Neto, A. F., 2019). Os territórios da caatinga possuem dinâmicas sociais e culturais próprias, bem como uma diversidade de identidades nativas que precisam ser preservadas quando projetos florestais são implementados. Ademais, naturalmente, os solos da caatinga apresentam baixos teores de carbono quando comparados a solos de outros biomas brasileiros (Bernoux et al., 2002; Menezes et al., 2021; Araújo Filho et al. 2018)⁵³. Por conta dessas condições e levando em consideração a complexidade e a heterogeneidade do bioma da caatinga cearense, as metodologias hoje aplicadas a projetos florestais precisam passar por adaptações antes de serem aplicadas à esse bioma.

Manejo sustentável biomassa renovável: soluções para o bioma da caatinga

Apesar de todas os desafios envolvendo a caatinga cearense, projetos e políticas de incentivo voltados ao uso sustentável da terra e de agricultura de baixo carbono estão surgindo no Ceará para sanar muitas dessas questões ligadas ao solo e à complexidade do bioma. Quando bem implementadas, algumas práticas agrícolas funcionam como sumidouros de carbono, aumentando os estoques desse elemento no solo, como os agro ecossistemas, sistemas de integração lavoura-floresta e práticas de plantio direto (Filizola et al., 2021; Corbeels et al., 2016; Silva et al., 2000).

O Plano Setorial de Adaptação e Baixa Emissão de Carbono na Agropecuária (Plano ABC+) no Ceará, por exemplo, está iniciando a implementação de estratégias para promover uma

⁵³ Os solos desempenham um papel fundamental na manutenção do ecossistema e geralmente detêm os maiores estoques de carbono orgânico terrestre. No estado do Ceará, ao longo do tempo, os impactos decorrentes do uso e ocupação da terra degradaram significativamente a base dos recursos naturais e a qualidade ambiental. Logo, tornam-se necessárias ações de recuperação ambiental que evitem se atingir níveis irreversíveis de deterioração. A vegetação da caatinga restabelece seus estoques originais de carbono de forma lenta. Em média, a vegetação da caatinga demora cerca de 65 anos para restabelecer seus valores iniciais de carbono no solo e frações húmicas.

agricultura de baixo carbono no Estado, dentre elas o sistema de plantio direto, recuperação de pastagens degradadas, utilização de bioinsumos, sistemas integrados e sistemas agroflorestais. Por meio do **Decreto Nº35.070 de 21 de dezembro de 2022**, o **Grupo Gestor Estadual (GGE)** do Ceará é o responsável por planejar, elaborar e operacionalizar o Plano ABC+ no Estado, sob coordenação da Secretaria do Meio Ambiente e Mudança do Clima no Ceará - Sema. Até o ano de 2022, 37 atividades relacionadas à resiliência climática agrícola já vêm sendo colocadas em prática no âmbito do Plano ABC+ no estado. Para a sua segunda fase, que abrange o período de 2023 a 2030, o plano tem como meta ampliar esse número para 75 projetos (SEMA, 2023).

Outro avanço no Ceará foi a **Lei nº 18.301⁵⁴**, de 28/12/2022, por meio da qual o Governo do Ceará instituiu a **Política Agrícola Estadual de Florestas Plantadas e seus Produtos**. Essa política busca promover ações de reflorestamento e de recuperação de áreas degradadas para o plantio de culturas com potencial madeireiro (florestas plantadas). Essa promoção dar-se-á por meio da estruturação e estabelecimento de arranjos produtivos de base florestal, proporcionando diversos benefícios ambientais, tais como a geração de emprego e renda de forma sustentável às populações locais, a conservação das formações florestais nativas, o sequestro de carbono, a recuperação de áreas degradadas e a ciclagem de nutrientes. Nesse sentido, a lei objetiva inserir o Estado do Ceará nos mercados nacional e internacional de produtos de base florestal, alimentos e bioenergia.

⁵⁴ Assembleia Legislativa do Estado do Ceará. Lei nº18.301, de 28.12.2022 (D.O 28.12.22), que institui a Política Agrícola Estadual de Florestas Plantadas e seus Produtos no Estado do Ceará com base no desenvolvimento sustentável. Disponível em: <https://www2.al.ce.gov.br/legislativo/legislacao5/leis2022/18301.htm>

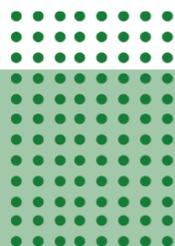
Existe igualmente no Ceará uma realidade de uso da biomassa vegetal no âmbito doméstico e como fonte importante de energia primária no processamento de atividades do setor industrial, principalmente indústrias de pequeno e médio porte (MMA, PNUD, 2018).

Como visto nos dados do SEEG, grande parte das emissões de GEE do Estado advém da queima de resíduos florestais do bioma da caatinga para a geração de energia. Acontece que, muito dessa extração e posterior queima de resíduos florestais dá-se de forma ilegal e predatória em áreas de vegetação nativa da caatinga, geralmente em áreas sob proteção e sem qualquer autorização prévia das autoridades ou de um plano de manejo sustentável.

Diante dessa realidade, vem crescendo o número de projetos para a exploração energética de resíduos provenientes de áreas sob manejo sustentável ou de rejeitos da indústria e da agricultura regional, a exemplo das cascas de coco e de babaçu, restos de poda, lenha de frutíferas etc, classificados como biomassa renovável. (MMA, PNUD, 2018).

Biomassa renovável é todo e qualquer recurso que provém de matérias orgânicas vegetais, gerados pela agricultura, indústria, florestas etc. Considerada uma alternativa aos combustíveis fósseis, a biomassa é uma fonte de energia renovável capaz de fornecer energia térmica de qualidade ao produzir calor de alta temperatura com baixas emissões de GEE (SACCOL, A.F.O.; WELTER, C.A.; ROSA, R.C, et al., 2020).

Projetos de substituição de combustíveis fósseis por biomassa renovável já são uma realidade nas indústrias de cerâmica do Ceará, que utilizam em sua maioria lenha extraída do semiárido como combustível para queima das peças. Por meio desse processo, são gerados créditos de carbono a partir da substituição de um combustível altamente poluente (carvão mineral, xisto, dentre outros) por biomassa renovável, ou seja, a partir do total de emissão evitada com a substituição energética.



Com o valor arrecadado na venda desses créditos no mercado voluntário, as empresas podem investir em novas operações de baixo carbono ou fomentar ações que tragam um retorno socioeconômico às comunidades do seu entorno. Abaixo dois exemplos de projetos certificados em indústrias de cerâmicas no Ceará:

Quadro 5: Projetos de biomassa renovável registrados no Mercado Voluntário no Ceará

Projetos no Mercado Voluntário - Biomassa renovável - Ceará

Projeto Assunção - Aquiraz/CE

Tipo de projeto: Substituição/eficiência energética - Biomassa renovável

Descrição: Indústria de cerâmica (Cerâmica Assunção), localizada em Aquiraz/CE, que investe em equipamentos de eficiência energética e substituiu o uso de lenha nativa da caatinga como combustível por biomassa renovável (casca de coco). Este investimento reduziu as emissões de GEE (568 kCO₂e) e hoje gera créditos de carbono certificados. O valor obtido da venda dos créditos de carbono é utilizado para o desenvolvimento de projetos sociais e ambientais na região, a exemplo de um projeto em parceria com o IBAMA para a proteção da biodiversidade na caatinga.

Certificação: VCS + Social Carbon

Status do projeto: Registrado

Duração: 01/06/2017 - 31/05/2027 - 2º período

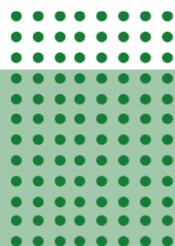
Estimativa CO₂e removido: 14053 tCO₂e/ano

Projeto Cerâmica Gomes de Mattos (CGM) - Crato/CE

Tipo de projeto: Substituição/eficiência energética - Biomassa renovável

Descrição: Indústria de cerâmica (Cerâmica Gomes de Mattos), localizada no Crato/CE, que investe na substituição da lenha nativa da caatinga por biomassa renovável (poda de cajueiro e coco de babaçu) como combustível alternativo para a produção de telhas e tijolos. Este investimento reduziu as emissões de GEE da fábrica (283 kCO₂e) e por 10 anos gerou créditos de carbono. O valor da venda dos créditos foi investido na modernização da fábrica e em projetos sociais na comunidade local.

Certificação: VCS + Social Carbon



Status do projeto: Registrado
Duração: Expirado (01/05/2006 - 30/04/2016)
Estimativa CO₂e removido: 47997 tCO₂e/ano

Fonte: Verra, 2023; Social Carbon 2023

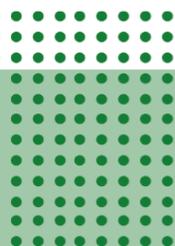
Da análise de todos os projetos acima, percebe-se que projetos de manejo florestal, agricultura de baixo carbono e substituição de combustíveis fósseis por biomassa renovável são mecanismos eficazes de combate às mudanças climáticas, capazes de gerar um incentivo econômico aos atores envolvidos graças ao seu potencial na geração de créditos de carbono. Ademais, em um cenário de urgência climática em que muitos atores cearenses objetivam remodelar suas atividades para atingir objetivos ambiciosos de redução de GEE, optar por projetos dessa ordem é muitas vezes a melhor solução graças ao seu alto potencial mitigatório e seu baixo custo de investimento.

6.2. Carbono azul: o potencial dos manguezais cearenses

Além de projetos na Caatinga, o Ceará apresenta igualmente uma importante área de manguezais - 17 mil hectares (Mapbiomas, 2021b) que deve ser privilegiada caso o Estado deseje obter protagonismo em sua política de mitigação e adaptação às mudanças climáticas aptas à geração de créditos de carbono.

Possuidor de uma rica diversidade biológica, o manguezal cearense é um ecossistema costeiro importante para o estoque natural de carbono em forma de biomassa, e para a redução de vulnerabilidade da zona costeira às mudanças climáticas, como na contenção de maremotos e da erosão costeira (Sanderman et al., 2018).

Considerados extremamente eficientes em sequestrar carbono, esses ecossistemas são responsáveis pela maioria do carbono armazenado nos solos e sedimentos marinhos,



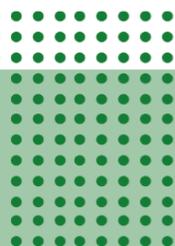
denominado **carbono azul**. (Hori et al., 2018). Exatamente pelo fato de retirar dióxido de carbono (CO₂) atmosférico e por estocar grandes quantidades de carbono orgânico, os manguezais, marismas e pradarias marinhas são considerados ótimos sumidouros de carbono e importantes aliados na mitigação das mudanças climáticas globais (Duarte et al., 2013; Atwood et al., 2017). Por outro lado, quando sofrem degradação, esses ecossistemas perdem seus estoques de carbono, resultando na emissão de CO₂ para a atmosfera e na perda de sua capacidade de retirar mais carbono da atmosfera (Pendleton et al., 2012; Atwood et al., 2017; McLeod et al., 2011; Otero et al., 2017).

Pressões antrópicas têm sido responsáveis pela devastação de mais de um terço das florestas de mangue do planeta nos últimos 60 anos e são fortemente atreladas à produção de camarão, agricultura, expansão urbana, poluição e exploração de madeira. Além das emissões resultantes da mudança de uso do solo, manguezais adjacentes a tanques de carcinicultura emitem maiores fluxos de GEE para a atmosfera, demonstrando que impactos indiretos também podem afetar a capacidade dos manguezais sequestrar carbono (Nóbrega et al., 2019; Queiroz et al., 2019).

Ceará e os mercados globais de carbono azul

Visando um incremento da área vegetada costeira e um consequente aumento do sequestro de carbono, projetos de conservação e restauração de sumidouros de carbono azul podem ser ferramentas importantes na jornada de mitigação das mudanças climáticas.

Por serem consideradas efetivas, duradouras, de baixo custo e com grande potencial de manejo governamental, as ações e tecnologias utilizadas para a conservação e restauração de ambientes costeiros abrem espaço para a implementação do carbono azul no mercado global de carbono, com o objetivo de promover incentivos econômicos para o controle das



emissões de CO₂ e de outros gases de efeito estufa (GEEs) (Gattuso et al., 2021; Ullman et al., 2013).

Para tanto, mecanismos como o REDD + incentivam e apoiam financeiramente projetos de conservação e manejo sustentável com o intuito de integrar o carbono azul em políticas nacionais e internacionais para as mudanças climáticas. Apesar desses esforços, o mercado global de carbono azul é relativamente novo e os projetos existentes ainda são poucos. No entanto, considerando a forte demanda global, projetos de carbono azul estão surgindo em todo o mundo com o potencial de melhorar as condições econômicas e ambientais de comunidades locais, como os que foram registrados pela certificadora Verra na Colômbia e no Paquistão (Ver quadro abaixo).

Quadro 6: Projetos de REDD+/Carbono Azul registrados no Mercado Voluntário no mundo

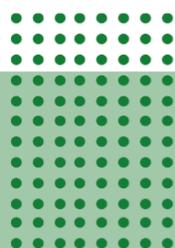
Projetos no Mercado Voluntário - REDD+/Carbono azul

Projeto Blue Carbon Golfo de Morrosquillo - Cordoba/Colômbia

Tipo de projeto: AFOLU/REDD

Descrição: Projeto que visa a conservação e o manejo sustentável de áreas de florestas de mangue do Golfo de Morrosquillo, no Caribe colombiano. O Projeto teve início em 15 de maio de 2015 e terá uma duração prevista de 30 anos; durante esse período, espera-se a redução de 1,22 milhão de tCO₂e por meio da implementação de atividades relacionadas a quatro linhas estratégicas: fortalecimento da governança local; promoção de atividades produtivas secundárias; recuperação e reabilitação de áreas de mangue e monitoramento. O Projeto foi desenvolvido pela *Conservation International*, com o apoio técnico da *South Pole*, usando uma metodologia Verra (VM0007) para projetos REDD+ que foi revisada e adaptada em setembro de 2020 para incluir atividades de conservação e restauração de zonas úmidas de maré. O projeto conta igualmente com a participação de diversas entidades colombianas para o seu monitoramento e efetiva implementação.

Certificação: VCS (VM0007)



Status do projeto: Registrado
Duração: 30 anos (15/05/2015 - 14/05/2045)
Estimativa CO₂e removido: 31.310 tCO₂e/ano

Projeto Delta Blue Carbon - Sindh/Paquistão

Tipo de projeto: AFOLU/REDD

Descrição: O projeto de restauração de áreas de 350.000 ha de áreas úmidas degradadas nos distritos de Thatta e Sujawal, localizadas no Delta do Indo, província de Sindh, Paquistão. Trata-se de um projeto de 60 anos; durante esse período, espera-se a redução de 127 milhões de tCO₂e graças à remoção de carbono gerada pela restauração/reflorestamento das áreas degradadas. O projeto foi desenvolvido por diferentes proponentes, usando a metodologia Verra (VM0033) para a restauração de áreas úmidas de maré e pradarias marinhas.

Certificação: VCS (VM0033)

Status do projeto: Registrado

Duração: 60 anos (19/02/2015 - 18/02/2075)

Estimativa CO₂e removido: 2.407,629 tCO₂e/ano

Fonte: Verra, 2023; Social Carbon 2023

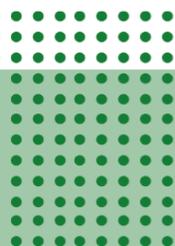
No Brasil, pesquisas apontam a urgência de ampliação dos estudos em ecossistemas costeiros para propiciar a inclusão do carbono azul brasileiro no mercado e destacar o país como referência em estoques naturais de carbono. Apesar de não existir ainda no Brasil registros ativos de créditos de carbono azul, o território brasileiro possui a segunda maior área de manguezais do mundo e tem, portanto, um enorme potencial para o desenvolvimento de projetos de restauração em ampla escala. À vista desses fatores e considerando a ausência de regulação de um mercado regulado no Brasil, a expectativa é a de que, nos próximos anos, projetos para o mercado voluntário tornem-se mais frequentes no país, com padrões e metodologias adaptadas aos ambientes costeiros brasileiros e à realidade socioeconômica dessas regiões.

No nordeste brasileiro, estimativas de estoques e emissões de carbono na região costeira, principalmente em áreas de manguezal (preservadas e degradadas), evidenciam a elevada capacidade de sequestro e armazenamento de carbono (Godoy e Lacerda, 2015).

No Ceará, projetos de reflorestamento de manguezais no estado mostram a viabilidade de restauração de áreas impactadas e de expansão de áreas florestais em áreas protegidas. Tais projetos, quando realizados com manejo adequado, são extremamente importantes para a preservação desses ecossistemas frente às ameaças antrópicas (e.g. produção de camarão e de sal, expansão urbana) e à mudança do clima. Esta última impõe desafios para a sobrevivência desses ecossistemas na costa semiárida ao provocar a redução da quadra chuvosa, o aumento da temperatura e a subida do nível do mar, variações essas que já são perceptíveis e alarmantes no estado (Lacerda et al., 2019; Godoy e Lacerda, 2015).

Contando atualmente com 17 mil hectares de mangues, localizados em 22 municípios costeiros cearenses (Mapbiomas, 2021b), o Estado do Ceará tem o potencial e a urgência de desenvolver diversos projetos de restauração (recuperação hidrológica e plantio) e expansão dessas áreas, tanto em trechos já impactados quanto em florestas preservadas. Comparando com projetos desse tipo na caatinga, os manguezais cearenses são capazes de armazenar cerca de 8 vezes o conteúdo de carbono que seria retido nos solos caatinga, demonstrando assim o potencial mitigatório dessas áreas (Nóbrega et al., 2019).

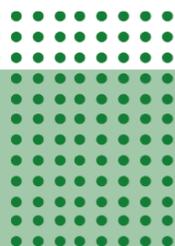
Apesar de considerado promissor, o mercado de carbono azul ainda depende de algumas melhorias para ser operacionalizado como uma ferramenta de mitigação climática. Esses aprimoramentos envolvem as esferas científica/tecnológica, social e econômica. Aponta-se, por exemplo, a necessidade de preencher lacunas a respeito do ciclo de carbono azul em determinadas regiões (semiáridas, por exemplo) a fim de tornar estimativas e inventários de



emissões mais robustos. Mais especificamente, sugere-se o direcionamento do foco das pesquisas para as emissões de carbono que ocorrem após a degradação de ambientes costeiros.

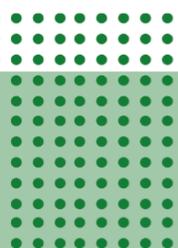
Ademais, o conhecimento e os valores nativos/indígenas devem ser considerados e incorporados às políticas de financiamento e aos projetos de conservação e restauração ecossistêmica, visto que diversas populações tradicionais vivem no entorno e dependem diretamente de ecossistemas costeiros. Dessa forma, respeitar e considerar a existência desses povos é também reforçar a preservação de sumidouros de carbono e aprimorar ações de restauração (Ogar et al., 2020).

Também se aponta a urgência na elaboração de políticas mais nítidas e acessíveis com relação à posse de terras. Em outras palavras: ainda há certa incompreensão com relação a quem tem o direito de comercializar os créditos de carbono azul gerados, o que dependerá da classificação legal do território e do proprietário da área objeto de restauração. Ademais, muito resta a ser definido no que diz respeito à possibilidade de certificação e comercialização de créditos de carbono azul no Brasil. A expectativa é a de que o futuro Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE) esclareça questões de interesse dos atores atuando e buscando atuar nesse tema nacionalmente, tais como a natureza desses créditos e os parâmetros para a sua utilização no mercado de compensação nacional. Dessa forma, enquanto o mercado regulado brasileiro não é aprovado, os interessados na implementação e financiamento de projetos de carbono azul ficam sujeitos às regras, critérios e metodologias aplicadas internacionalmente pelos principais standards e organismos internacionais atuando com soluções NBS e metodologias REDD+.



Por conta dessas inúmeras limitações, poucos projetos que envolvem carbono azul foram implementados. Considerando essas complexas questões, surge como alternativa ao Estado do Ceará o investimento em outros serviços ecossistêmicos (e.g. proteção contra erosão costeira, aprimoramento da pesca, qualidade da água, proteção da biodiversidade) e produtos (e.g. produtos obtidos de algas) oriundos de projetos de conservação/restauração. Dessa forma, seguindo exemplos de Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA), o governo estabeleceria preços adicionais aos produtos/serviços gerados, em benefício de toda a sociedade, por povos nativos e agricultores familiares, por exemplo.

Em suma, projetos de restauração de ecossistemas vegetados costeiros são viáveis e necessários no Ceará. No entanto, devido à situação ainda indefinida do mercado de carbono (regulado) nacional, quaisquer transações de créditos voltados aos manguezais e pradarias devem ser subsidiadas pelo mercado voluntário, a exemplo dos projetos de carbono azul que começam a surgir mundo afora.



RECOMENDAÇÕES AO PODER PÚBLICO

A descarbonização do setor de Florestas e Uso do Solo assim como o desenvolvimento de projetos NBS/REDD + no Ceará requerem a criação e a implementação de um conjunto de ações voltadas à proteção, ao manejo e à restauração da caatinga e dos manguezais cearenses. Nesse sentido, cabe ao poder público cearense, dentre outras possibilidades:

- Investir em pesquisa e em tecnologias de mensuração de emissões e captura de carbono nas florestas e solos da Caatinga, matas úmidas nas serras e chapadas, matas de carnaubais e dos manguezais cearenses;
- Acompanhar e dar maior transparência à implementação de políticas e dos planos setoriais voltados à uma agropecuária de baixo carbono, a exemplo da nova fase do Plano ABC+ Ceará;
- Fomentar a educação ambiental para o tema da conservação e manejo sustentável dos diversos ecossistemas cearenses;
- Buscar se inserir no debate nacional de projetos NBS e REDD+, sobretudo junto de Estados da Região Norte do país;
- Incentivar o uso de biomassa renovável por meio de políticas de substituição energética e acompanhar o impacto dessas iniciativas na redução de emissões de GEE;
- Continuar mapeando e buscar acompanhar projetos NBS/REDD+ sendo desenvolvidos no Estado e com registro ativo ou pendentes de aprovação no mercado voluntário;
- Ampliar o investimento nos serviços ecossistêmicos em áreas de manguezais, marismas e pradarias do Estado (e.g. proteção contra erosão costeira, aprimoramento da pesca, qualidade da água, proteção da biodiversidade).

QUADRO RESUMO DO CAPÍTULO 6

- No Brasil, o setor de Mudança de Uso do Solo e Florestas representa a maior fonte de emissão bruta de GEE. Em 2021, esse setor emitiu mais de 1.000Mt de CO₂, o que representa 49% do total de emissões nacionais
- O Ceará, por sua vez, emite algo em torno de 3.3 Mt CO₂ para o setor “Mudança de Uso do Solo e Florestas”, o que representa apenas 12% do total de emissões do Estado, emissões que em sua totalidade provêm do bioma da caatinga: alterações no uso do solo (3.100k tCO₂e) e da queima de resíduos florestais (200k tCO₂e)

Caatinga

- As elevadas emissões no bioma da caatinga cearense derivam principalmente da contínua conversão da sua vegetação natural pela ocupação antrópica (pecuária extensiva, extração vegetal indiscriminada, queimadas e práticas agrícolas insustentáveis). Como resultado de práticas insustentáveis na região e da alta nas emissões, 16 municípios da caatinga cearense já se encontram com mais de 30% de seu território fortemente degradado, destaque para as áreas de Irauçuba, Inhamuns e Médio Jaguaribe
- O fomento, em um horizonte à médio e longo prazo, de políticas e práticas voltadas à proteção, ao manejo e à restauração da vegetação nativa do bioma da caatinga, ou seja, de soluções baseadas na natureza (NBS), são excelentes ferramentas no combate às mudanças climáticas, além de fontes de geração de créditos de carbono aptos a serem negociados nos mercados voluntários de compensação, vez que o mercado regulado brasileiro resta pendente de aprovação
- No Brasil, entre 2020 e 2021, 20 projetos do setor AFOLU (*Agriculture, Forests and Other land-use* - Agricultura, Florestas e Uso do Solo) foram registrados no país – equivalente a 60,5 milhões de tCO₂e em créditos de carbono. Desse total, 58% foram provenientes de projetos de solução baseadas na natureza (NBS), e o restante (37%) de projetos REDD +
- No Ceará, projetos NBS com registro nos principais standards de carbono são poucos

e muitas vezes escassos. Dos oito registros ativos identificados no Estado (Ver Tabela do Anexo 4), apenas um projeto é do tipo Florestas e uso do Solo, que seria o projeto de recuperação florestal localizado na Fazenda Barra do Facão em Caridade/CE

- Projetos florestais, sobretudo aqueles baseados na metodologia REDD +, são escassos em regiões semiáridas pois baseiam-se primordialmente no pagamento de fluxo de floresta e possuem dinâmicas sociais e culturais próprias. Ademais, naturalmente, os solos da caatinga apresentam baixos teores de carbono quando comparados a solos de outros biomas brasileiros
- Por conta dessas condições e levando em consideração complexidade e a heterogeneidade do bioma da caatinga cearense, as metodologias hoje aplicadas a projetos florestais precisam passar por uma difícil adaptação antes de serem aplicadas à realidade desse bioma
- Apesar de todas as problemáticas envolvendo esse bioma, projetos e políticas de incentivo voltados ao uso sustentável da terra e de agricultura de baixo carbono estão surgindo no Ceará para sanar muitas dessas questões ligadas ao solo e à complexidade do bioma (a exemplo do Plano ABC+ e da Política Agrícola Estadual de Florestas Plantadas e seus Produtos)
- Projetos que fomentem o uso de biomassa renovável via a exploração energética de resíduos provenientes de áreas sob manejo sustentável, ou de rejeitos da indústria e da agricultura regional, são soluções alternativas para o bioma da caatinga
- Projetos de substituição de combustíveis fósseis por biomassa renovável já são uma realidade nas indústrias de cerâmica do Ceará. Por meio desse processo, são gerados créditos de carbono a partir da substituição de um combustível altamente poluente (carvão mineral, xisto, dentre outros) por biomassa renovável, ou seja, a partir do total de emissão evitada com a substituição energética

Manguezais e carbono azul

- Ceará apresenta igualmente uma importante área de manguezais – 17 mil hectares -

que deve ser privilegiada caso o Estado deseje obter protagonismo em sua política de mitigação e adaptação às mudanças climáticas aptas à geração de créditos de carbono

- Considerados extremamente eficientes em sequestrar carbono, esses ecossistemas são responsáveis pela maioria do carbono armazenado nos sedimentos marinhos, denominado carbono azul
- Apesar dos esforços internacionais em incentivar e apoiar financeiramente projetos para a geração de carbono, ou seja, projetos NBS/REDD+ em ecossistemas costeiros (manguezais, marismas e pradarias marinhas), o mercado global de carbono azul é relativamente novo e os projetos existentes ainda são poucos
- No Brasil e no Ceará, muitas são as dificuldades encontradas para a implementação desse tipo de projeto nos nossos manguezais, dentre eles questões legais relacionadas à complexidade dessas regiões
- Diante das dificuldades do setor e enquanto o ecossistema do mercado voluntário adequa suas metodologias à certificação de projetos de carbono azul, uma alternativa ao Estado do Ceará seria o investimento em outros serviços ecossistêmicos dentro de sua mais recente política de PSA (e.g. proteção contra erosão costeira, aprimoramento da pesca, qualidade da água, proteção da biodiversidade) e em produtos oriundos de projetos de conservação/restauração na região (e.g. produtos obtidos de algas).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, P. V. (2021) **Mapeamento e diagnóstico das iniciativas sobre mobilidade elétrica no Brasil a partir de 2018**. Plataforma Nacional de Mobilidade Elétrica. Disponível em: <https://www.pnme.org.br/wp-content/uploads/2021/07/MAPEAMENTO-PNME.pdf> .

ABVE (2023). **Em ano de recordes, veículos plug-in avançam**. Associação Brasileira do Veículo Elétrico. Disponível em: <http://www.abve.org.br/em-ano-de-recordes-veiculos-plug-in-ganham-mercado/> .

ACR (2023). **American Carbon Registry**. Disponível em: <https://acr2.apx.com/myModule/rpt/myrpt.asp>. Acesso em 27 de fevereiro de 2023.

ACRE (2022). **Decreto nº 11.124, de 07 de outubro de 2022**. Estado do Acre, Secretaria de Estado da Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos. Disponível em: <http://www.legis.ac.gov.br/detalhar/5337>.

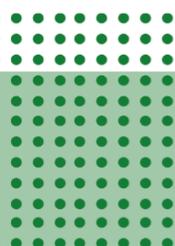
Anuário do Ceará (2022). **Usina de hidrogênio verde da EDP Brasil confirmada para dezembro no Ceará**. Disponível em: <https://www.anuariodoceara.com.br/noticias/usina-de-hidrogenio-verde-da-edp-brasil-confirmada-para-dezembro-no-ceara/> .

Asadnabizadeh, M. (2019). **Development of UN Framework Convention on Climate Change Negotiations under COP25: Article 6 of the Paris Agreement perspective**. *Open Political Science*.

ANP (2022). **Vendas de derivados de petróleo e biocombustíveis**. Vendas, pelas distribuidoras, dos derivados combustíveis de petróleo (metros cúbicos). Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Dados Estatísticos. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-estatisticos>.

Araujo Filho, J. C. De; Marques, F. A.; Amaral, A. J. Do; Cunha, T. J. F.; Souza Júnior, V. S. De; Galvão, P. V. M. **Solos do Semiárido: características e estoque de carbono** In: Giongo, V.; Angelotti, F. (ed.). (2022). **Agricultura de baixa emissão de carbono em regiões semiáridas: experiência brasileira**. Brasília, DF: Embrapa, 2022. cap. 6, p. 93-112.

Araújo Filho, R. N. et al. (2018). **Recovery of Carbon Stocks in Deforested Caatinga Dry Forest Soils Requires at Least 60 Years**. *Forest Ecology and Management*, vol. 407, Jan. 2018, pp. 210–220, <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.10.002>.



Atwood, T. B. et al. (2017). **Global patterns in mangrove soil carbon stocks and losses**, *Nature Climate Change*, 7(7), 523–528, doi:10.1038/nclimate3326.

Bernoux, M. et al. (2002). **Brazil's Soil Carbon Stocks**. *Soil Science Society of America Journal* 66, 888. <https://doi.org/10.2136/sssaj2002.0888>

Bezerra, F. D. (2021). **Hidrogênio Verde: nasce um gigante no setor de energia**. *Caderno Setorial ETENE*, 6(212), 1-13. https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/1109/1/2021_CDS_212.pdf .

Biofilica. (2022) **Brazil and the carbon markets**. Disponível em: <https://www.biofilica.com.br/en/brazil-and-the-carbon-markets/> .

BICI. (2023). **Bloomberg Initiative for Cycling infrastructure**. Disponível em: <https://www.bloomberg.org/government-innovation/spurring-innovation-in-cities/bloomberg-initiative-for-cycling-infrastructure/>.

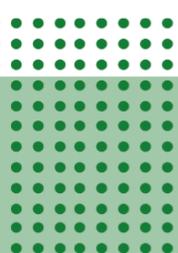
Borghesi, S., Montini, M. (2016). **The best (and worst) of GHG Emission Trading Schemes: Comparing the EU ETS with its followers**. *Frontiers in Energy Research*. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/305718791_The_best_and_worst_of_GHG_Emission_Trading_Schemes_Comparing_the_EU_ETS_with_its_followers .

BRASIL. (2022). **Decreto N° 11.075, de 19 de maio de 2022, que estabelece os procedimentos para a elaboração dos Planos Setoriais de Mitigação das Mudanças Climáticas, institui o Sistema Nacional de Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa e altera o Decreto n° 11.003, de 21 de março de 2022**. Presidência da República, Secretaria-Geral, Subchefia para Assuntos Jurídicos. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2019-2022/2022/decreto/D11075.htm .

CALIFORNIA (2006). **AB-32 Air pollution: greenhouse gases: California Global Warming Solutions Act of 2006**. California Legislative Information. Disponível em: https://leginfo.ca.gov/faces/billNavClient.xhtml?bill_id=200520060AB32.

CALIFORNIA (2016). **SB-32 California Global Warming Solutions Act of 2006: emissions limit**. California Legislative Information. Disponível em: https://leginfo.ca.gov/faces/billTextClient.xhtml?bill_id=201520160SB32.

CALIFORNIA (2018). **Executive order B-55 to achieve carbon neutrality**. Executive Department, State of California. Disponível em: <https://www.ca.gov/archive/gov39/wp-content/uploads/2018/09/9.10.18-Executive-Order.pdf>.



Campos, I. (2023). Primeira molécula de Hidrogênio Verde produzida no Brasil é lançada no Ceará. Governo do Estado do Ceará. Disponível em: <https://www.ceara.gov.br/2023/01/19/primeira-molecula-de-hidrogenio-verde-produzida-no-brasil-e-lancada-no-ceara/>.

CARB, California Air Resource Board (2018). AB 32 Global Warming Solutions Act of 2006. Disponível em: <https://ww2.arb.ca.gov/resources/fact-sheets/ab-32-global-warming-solutions-act-2006> .

CARB, California Air Resource Board (2021). Cap-and-Trade Program: Allowance Distribution Factsheet. Disponível em: <https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2021-01/CT-Allowance-FactSheet-Jan2021.pdf>.

CARB, California Air Resource Board (2022). 2022 Scoping Plan for Achieving Carbon Neutrality. Disponível em: <https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2022-12/2022-sp.pdf> .

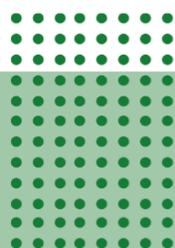
Carbon Brief (2022). COP27: Key outcomes agreed at the UN climate talks in Sharm el-Sheikh. Carbon Brief: clear on climate. Disponível em: <https://www.carbonbrief.org/cop27-key-outcomes-agreed-at-the-un-climate-talks-in-sharm-el-sheikh/-article6>

CEARÁ (2010). Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca. PAE-CE. Disponível em: <http://www.mpce.mp.br/wp-content/uploads/2016/05/PROGRAMA-ESTADUAL-DE-COMBATE-A-DESERTIFICA%C3%87%C3%83O.pdf>

CEARÁ (2019). Atlas Eólico e Solar: Ceará. Curitiba: Crmargo Schubert; Fortaleza: ADECE; FIEC: SEBRAE. <http://atlas.adece.ce.gov.br/pdf/Atlas-Eolico-Solar-Ceara-2019-EBOOK.pdf>

CEARÁ (2021a). Ampliação da fábrica da Votorantim potencializa o Ceará como polo produtor de cimento. Disponível em: <https://www.ceara.gov.br/2021/11/09/ampliacao-da-fabrica-da-votorantim-potencializa-o-ceara-como-polo-produtor-de-cimento/>.

CEARÁ (2021b). Decreto nº 34.283, de 07 de outubro de 2021, que formaliza o compromisso de adesão do Estado do Ceará às campanhas “race to zero” e “under2 coalition”, no âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, e dá outras providências. Secretaria do Meio Ambiente. Disponível em: <https://www.sema.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/36/2021/10/Decreto-no-34.283-de-2021-Adesao-do-Ceara-ao-Race-do-Zer-e-Under2-Coalition.pdf> .



CEARÁ (2022). Hub do Hidrogênio Verde avança com assinatura novo pré-contrato. Governo do Estado do Ceará. Disponível em: <https://www.ceara.gov.br/2022/12/06/hub-do-hidrogenio-verde-avanca-com-assinatura-novo-pre-contrato/>.

CEBDS. (2017). Estratégias de desenvolvimento de baixo carbono para longo prazo. Disponível em: <https://cebds.org/publicacoes/estrategia-de-desenvolvimento-de-baixo-carbono-para-o-longo-prazo/#.Y4N4C-zMK3I>.

CHINA (2012). Circular of the State Council on Printing and Distributing the "Twelfth Five-Year" Greenhouse Gas, Emissions Control Work Plan. Central Government Portal, General Office of the State Council. Disponível em: http://www.gov.cn/zwggk/2012-01/13/content_2043645.htm.

CHINA (2022). The General Office of the State Council issued the Notice of the State Council on the 2022 Legislative Work Plan. Office of the State Council. Disponível em: http://www.gov.cn/zhengce/content/2022-07/14/content_5700974.htm.

CHINA MEE, Ministry of Ecology and environment of the People's Republic of China. (2020). **Administrative Measures for Carbon Emissions Trading (Trial)**, publicação em 30 dezembro 2020, effective Feb. 1, 2021. Disponível em: https://www.mee.gov.cn/gzk/gz/202112/t20211213_963865.shtml

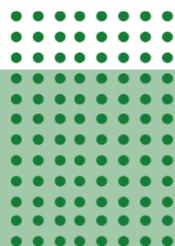
CHINA MEE, Ministry of Ecology and environment of the People's Republic of China. (2021), **Interim Regulation on the Management of Carbon Emissions Trading (Draft Revision)**, publicação em 30 março de 2021. Disponível em: <https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk06/202103/W020210330371577301435.pdf>

CHINA MEMA. (2021b). **The first compliance cycle of the national carbon market ended successfully**. Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China. Disponível em: https://www.mee.gov.cn/ywgz/ydqhbh/wsqtz/202112/t20211231_965906.shtml

CHINA MEMA. (2021a). Xi Jinping: **China will build a carbon peak, carbon neutral "1+N" policy system**. Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China. Disponível em: http://www.gov.cn/xinwen/2021-10/12/content_5642050.htm

Climate Action Tracker (2023a). **Brazil overall rating**. Disponível em: <https://climateactiontracker.org/countries/brazil/>

Climate Action Tracker (2023b). **China overall rating**. Disponível em: <https://climateactiontracker.org/countries/china/>



Climate Focus (2023a). **The Voluntary Carbon Market Dashboard**. Disponível em: <https://climatefocus.com/initiatives/voluntary-carbon-market-dashboard/>

Climate Focus (2023b). **Voluntary Carbon Market: 2022 Overview**. Disponível em: <https://climatefocus.com/wp-content/uploads/2023/01/VCM-Dashboard-2022-Overview-1.pdf> .

Climate Focus (2022). **The Voluntary Carbon Market Explained**. VCM Primer. Disponível em: <https://vcmprimer.org/>

Climate Transparency (2021). **Brazil**. Disponível em: <https://www.climate-transparency.org/countries/americas/brazil> .

CNI. (2022). **Importância da indústria**. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/estatisticas/importancia-da-industria/> .

CNT. (2022). **Eletromobilidade: Uma das soluções para alcançar a neutralidade de carbono**. Confederação Nacional do Transporte. Disponível em: <https://www.pnme.org.br/biblioteca/eletromobilidade-uma-das-solucoes-para-alcancar-a-neutralidade-de-carbono/>

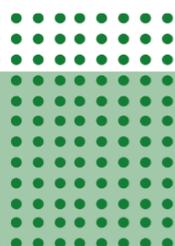
Comissão Europeia (2022). **Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions on the REPowerEU Plan**. Comissão Europeia, Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2022%3A230%3AFIN&qid=1653033742483> .

Comissão Europeia. (n.d.). **EU Emissions Trading System (EU ETS)**. Comissão Europeia site oficial. Disponível em: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets_en

Corbeels, M., et al. (2016). **Evidence of limited carbon sequestration in soils under no-tillage systems in the Cerrado of Brazil**. Sci Rep 6, 21450. <https://doi.org/10.1038/srep21450>

CSP (2023). **Companhia Siderúrgica do Pecém**. Nossa história. Disponível em: <https://www.cspecem.com/pt-br/sobre-a-csp/nossa-historia/>.

Delgrossi Barros, T. (2021). **Resíduos**. Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agroenergia/florestal/lenha/residuos> .



Donofrio, S. et al., (2021). **State of the Voluntary Carbon Markets 2021: Installment 1 - Market in Motion. Report, Forest Trends.** Disponível em: <https://www.forest-trends.org/publications/state-of-the-voluntary-carbon-markets-2021/>.

Donofrio, S. et al., (2020). **State of the Voluntary Carbon Markets 2020.** Report, Forest Trends. Disponível em: <https://www.forest-trends.org/publications/state-of-the-voluntary-carbon-markets-2020-2/>.

Duarte, C. M. et al. (2013). The role of coastal plant communities for climate change mitigation and adaptation. **Nature Climate Change**, 3(11), 961–968, doi: 10.1038/nclimate1970.

Eid, E. M. et al. (2020) **Evaluation of carbon stock in the sediment of two mangrove species, Avicennia marina and Rhizophora mucronata, growing in the Farasan Islands, Saudi Arabia.** Oceanologia, S0078323419300958–. doi:10.1016/j.oceano.2019.12.001, 2020.

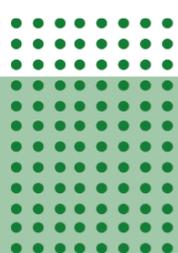
Emergent (2022). **Emergent signs six new agreements with Brazilian state and forest countries.** Disponível em: <https://emergentclimate.com/six-brazilian-states-and-forest-countries-sign-leaf-agreements/>.

EPE (2023). **Balanço Energético Brasileiro: Relatório Síntese. Ano base 2022.** Empresa de Pesquisa Energética, Ministério de Minas e Energias. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-748/topico-681/BEN_S%C3%ADntese_2023_PT.pdf.

Epple, C., et al., (2016). **Managing Ecosystems in the Context of Climate Change Mitigation: A Review of Current Knowledge and Recommendations to Support Ecosystem-Based Mitigation Actions That Look beyond Terrestrial Forests.** CBD Technical Series No. 86. Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity. Disponível em: <https://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-86-en.pdf>.

ERCST, BloombergNEF, The Wegener Center & Ecoact. (2022). **2022 State of the EU ETS Report.** Disponível em: <https://ercst.org/state-of-the-eu-ets-report-2022/> .

EU (2019). **Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions on The European Green Deal.** European Commission. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52019DC0640&qid=1683675678431>.



EU (2023). **EEA Greenhouse Gases - Data viewer**. Publicado em 18 abril 2023. Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/> European Environment Agency, data/data-viewers/greenhouse-gases-viewer.

EUR-Lex (2019). **Commission Delegated Decision (EU) 2019/708 of 15 February 2019 supplementing Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council concerning the determination of sectors and subsectors deemed at risk of carbon leakage for the period 2021 to 2030 (Text with EEA relevance.)**. Official Journal of the European Union. Disponível em: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L_.2019.120.01.0020.01.ENG&toc=OJ%3AL%3A2019%3A120%3AFULL

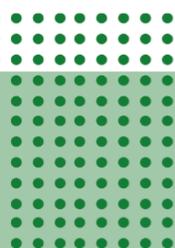
EUR-Lex (2021). **Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council of 13 October 2003 establishing a system for greenhouse gas emission allowance trading within the Union and amending Council Directive 96/61/EC (Text with EEA relevance)**. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02003L0087-20210101>

Favasuli, S. Sebastian, V. (2021). **Voluntary carbon markets: how they work, how they're priced and who's involved**. S&P Global Commodity Insights. Disponível em: <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/market-insights/blogs/energy-transition/061021-voluntary-carbon-markets-pricing-participants-trading-corsia-credits>.

FIEC (2022). **Energia. Observatório da Indústria, Plataforma de Inteligência de Dados, Federação das Indústrias do Estado do Ceará**. Disponível em: <https://www.observatorio.ind.br/inteligencia-de-dados>.

Filizola, H. F., et al. (2021). **Atributos físico-hídricos e estoque de carbono de solos de áreas sob irrigação em itaí, SP**. Revista de estudos ambientais (Online) v.23, n. 2, p.6-22, jul./dez. 2021. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1145084/1/Filizola-Atributos-fisico-hidricos-2021.pdf>

FUNCEME. (2016). **Mapa das áreas fortemente degradadas em processo de desertificação no Ceará**. Disponível em: http://www.funceme.br/wp-content/uploads/2019/02/7-Mapa_CE_Desertifica%C3%A7%C3%A3o_2016_A2.pdf



GATTUSO, J. P. et al. (2021). **The Potential for Ocean-Based Climate Action: Negative Emissions Technologies and Beyond.** *Front. Clim.* 2:575716. doi: 10.3389/fclim.2020.575716.

GCC. (n.d.). **Global Carbon Council.** Disponível em: <https://www.globalcarboncouncil.com/about-gcc/global-carbon-council/>.

Godoy, M. D. P.; Lacerda, L. D. (2015). **Mangroves Response to Climate Change: A Review of Recent Findings on Mangrove Extension and Distribution.** *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 87(2), 651–667. doi:10.1590/0001-3765201520150055.

Gold Standard. (2017). **Ecologically sound fuel switch to biomass with reduce energy requirement.** Disponível em: <https://globalgoals.goldstandard.org/415-fs-ecologically-sound-fuel-switch-to-biomass-with-reduced-energy-requirement/>.

Gold Standard. (2021). **Renewable energy activity requirements.** Disponível em: https://globalgoals.goldstandard.org/standards/202_V1.3_AR-Renewable-Energy-Activity-Requirements.pdf

Gold Standard. (2023a). **Impact Registry: All projects, Country: Brazil.** Disponível em: <https://registry.goldstandard.org/projects?q=&page=1&countries=BR> . Acesso em 27 de fevereiro de 2023.

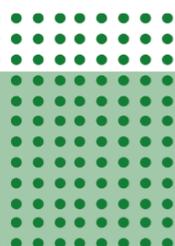
Gold Standard. (2023b). **Carbon pricing: what is a carbon credit worth.** Disponível em: <https://www.goldstandard.org/blog-item/carbon-pricing-what-carbon-credit-worth>.

Gold Standard. (2023c). **Nature Conservation Reforestation Project - Caatinga, biome Ceará.** Impact Registry. Disponível em: <https://registry.goldstandard.org/projects/details/3783>

Governo Federal (2023). **Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm) 5ª Fase (2023 a 2027).** Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. Disponível em: https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/prevencao-e-controle-do-desmatamento/amazonia-ppcdam-1/ppcdam_2023_sumario-rev.pdf

Green, J. F. (2020). **Does carbon pricing reduce emissions?** A review of ex-post analyses. *Environmental Research Letters*, 16(4), 043004.

Guo, Y. J. (2021). **Development and prospect of global carbon pricing mechanism.** *Environmental Research Letters*, 16, 043004.



Hauser, P. D. Fonseca, R. T. (2018). **A cooperação global e os desafios do desenvolvimento sustentável: resultados e lições do MDL para o desenho de novos mecanismos financeiros.** In F. W. Frangetto, A. P. B. Veiga, e G. Luedemann (Orgs.). Legado do MDL: impactos e lições aprendidas a partir da implementação do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo no Brasil como subsídios para novos mecanismos. IPEA. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/8854>.

Heggelund, G., et al. (2022). **China's Carbon Market: Potential for Success?.** Politics and Governance, vol. 10, no. 1, 2022, pp. 265–74, doi: 10.17645/pag.v10i1.4792.

Hou, L. Q; et al., (2021). **China launches world's largest carbon market.** China Daily, 17 de Julho de 2021. Disponível em: <http://www.chinadaily.com.cn/a/202107/17/WS60f2450da310efa1bd6628c6.html>

ICAP, International Carbon Action Partnership. (2023). **Emissions Trading Worldwide: Status Report 2023.** ICAP Status Report. Disponível em : <https://icapcarbonaction.com/en/publications/emissions-trading-worldwide-2023-icap-status-report> .

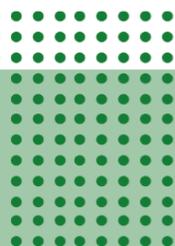
ICAP, International Carbon Action Partnership. (2022). **Emissions Trading Worldwide: Status Report 2022.** ICAP Status Report. Disponível em : https://icapcarbonaction.com/system/files/document/220408_icap_report_rz_web.pdf .

ICC. (2019). **Article 6: What is it and why is it important?** Publicado em 25 October 2019. Disponível em: <https://iccwbo.org/media-wall/news-speeches/article-6-important/>.

ICC Brasil, WayCarbon. (2021). **Oportunidades para o Brasil em Mercados de Carbono, 1ª edição.** Disponível em: https://www.iccbrasil.org/media/uploads/2021/10/13/estudo-de-oportunidades-para-o-brasil-em-mercados-de-carbono_icc-brasil_2021_vf.pdf.

ICC Brasil, WayCarbon. (2022). **Oportunidades para o Brasil em Mercados de Carbono, 2ª edição.** Disponível em: https://www.iccbrasil.org/wp-content/uploads/2022/10/RELATORIO_ICCBR_2022_final.pdf.

IEA (2020a). **Implementing Effective Emissions Trading Systems: Lessons from International Experiences.** International Energy Agency. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/implementing-effective-emissions-trading-systems/ets-in-power-sector>.



IEA (2020). **Enhancing China's ETS for Carbon Neutrality: Focus on Power Sector**. International Energy Agency. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/chinas-emissions-trading-scheme>.

IEA (2022a). **Cement tracking report**. International Energy Agency. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/cement>.

IEA (2022b). **Fuels and technologies**. Bioenergy. International Energy Agency. Disponível em: <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/bioenergy>.

IEA (2022c). **Iron and steel**. International Energy Agency. Disponível em: <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/iron-steel>

IEA (2022d). **World Energy Outlook 2022: Full report**. International Energy Agency. Disponível em: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/830fe099-5530-48f2-a7c1-11f35d510983/WorldEnergyOutlook2022.pdf>.

IPECE, Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. (2022a). **Boletim sobre a emissão de gases do efeito estufa no estado do Ceará 2021**. Disponível em: <https://www.ipece.ce.gov.br/2022/12/21/total-de-emissoes-de-gases-do-efeito-estufa-no-ceara-e-o-segundo-menor-dos-ultimos-10-anos-segundo-estudo-do-ipece/#:~:text=Em%202021%2C%20a%20exemplo%20do,do%20Brasil%2C%20que%20foi%20de>.

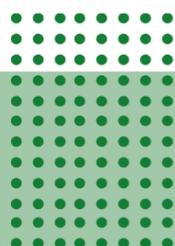
IPECE, Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (2022b). **Desempenho do Setor de Serviços no Segundo Trimestre e Balanço do Primeiro Semestre de 2022**. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2022/09/ipece_informe_216_05Set2022.pdf.

IPECE, Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (2022c). **Farol da Economia Cearense, nº 03/2022**. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2022/11/farol_da_economia_cearense_n_03_2022.pdf.

IPECE, Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. (2022d). IPECE Data: **Sistema de Informações Geossocioeconômicas do Ceará, Transportes**. Disponível em: <http://ipecedata.ipece.ce.gov.br/ipece-data-web/>.

IPCC (2023). **AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023**. Summary for Policymakers. Disponível em: https://report.ipcc.ch/ar6syrr/pdf/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf.

IPCC(2022a). **Climate Change 2022 Impacts, Adaptation and Vulnerability, Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate**



Change. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_SummaryForPolicymakers.pdf.

IPCC (2022b). **CCP3: Deserts, Semiarid Areas and Desertification**. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_CCP3.pdf.

IPCC (2019). **Special Report. Climate Change and Land. Summary for Policymakers**. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/srccl/chapter/summary-for-policymakers/>.

Kauffman, J. et al., (1993). Biomass and Nutrient Dynamics Associated with Slash Fires in Neotropical Dry Forests. **Ecology**. 74. 140. 10.2307/1939509.

Lacerda, L. D. et al. (2019). Neotropical mangroves: Conservation and sustainable use in a scenario of global climate change. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, 29, 1347-1364 doi:10.1002/aqc.3119.

LEAF (2022). **Overview of the LEAF Coalition Proposal Review Process**. LEAF Coalition, Emergent. Disponível em: https://leafcoalition.org/wp-content/uploads/2023/01/Overview-of-proposal-review-process_v2.pdf.

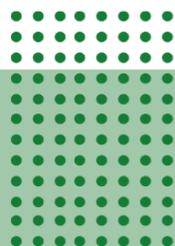
Li, X.Y. Tang, B.J. (2017). Incorporating the transport sector into carbon emission trading scheme: an overview and outlook. **Natural Hazards**, 88, 683–698. Disponível em: doi: 10.1007/s11069-017-2886-3.

Material Economics (2019). **Industrial Transformation 2050 - Pathways to Net-Zero Emissions from EU Heavy Industry**. Stockholm. Disponível em: <https://materialeconomics.com/latest-updates/industrial-transformation-2050>.

Marketplace, S. D. (2021). **Markets in Motion: State of the Voluntary Carbon Markets 2021**. Disponível em: <https://www.ecosystemmarketplace.com/publications/state-of-the-voluntary-carbon-markets-2021/>

McKinsey (2022). **Mercado voluntário de carbono tem potencial gigantesco no Brasil**. Disponível em: <https://www.mckinsey.com.br/our-insights/all-insights/mercado-voluntario-de-carbono-tem-potencial-gigantesco-no-brasil>.

McKinsey. (2021). **"A blueprint for scaling voluntary carbon markets to meet the climate challenge"**. Janeiro de 2021. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/capabilities/sustainability/our-insights/a-blueprint-for-scaling-voluntary-carbon-markets-to-meet-the-climate-challenge>.



McLeod, K. W. et al. (2012). A blueprint for blue carbon: toward an improved understanding of the role of vegetated coastal habitats in sequestering CO₂, **Frontiers in Ecology and the Environment** 9:552–560.

MCTIC, Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, ONU Meio Ambiente. (2018). **Modelagem setorial de opções de baixo carbono para agricultura, florestas e outros usos do solo (AFOLU)**, organizador Régis Rathmann. Brasília. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/324886581_Modelagem_setorial_de_opcoes_d_e_baixo_carbono_para_agricultura_florestas_e_outros_usos_do_solo_AFOLU

Menezes, R. S. C., et al. (2021). Soil and Vegetation Carbon Stocks after Land-Use Changes in a Seasonally Dry Tropical Forest. **Geoderma**, vol. 390, May 2021, p. 114943, doi: 10.1016/j.geoderma.2021.114943.

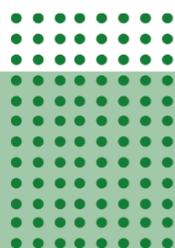
Michaelowa, A., et al., (2019). **Evolution of international carbon markets: lessons from the Paris Agreement**. Wiley Interdisciplinary Reviews, 10(6). Disponível em: <https://www.zora.uzh.ch/id/eprint/175354/1/ZORA17354.pdf>.

MMA, Ministério do Meio Ambiente (2022). **Mapas de Projetos em Licenciamento - Complexos Eólicos Offshore**. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, Atualização 05/12/2022. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/laf/consultas/mapas-de-projetos-em-licenciamento-complexos-eolicos-offshore>.

MMA, Ministério do Meio Ambiente (2016). **Serviço Florestal Brasileiro Ceará: inventário florestal nacional: principais resultados, Brasília**. Disponível em: <https://www.mckinsey.com.br/capabilities/sustainability/our-insights/a-blueprint-for-scaling-voluntary-carbon-markets-to-meet-the-climate-challenge>

MMA, Ministério do Meio Ambiente; PNUD, Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. (2018). **Biomassa para energia no Nordeste: atualidades e perspectivas**. Disponível em: https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/br/Livro_APNE_NE_AGO20.pdf.

Monzoni M. (2022). **Elementos para a construção de um sistema de comércio de emissões (volume III)**. FGV EAESP - GVces - Relatórios Técnicos. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10438/15389>.



Narassimhan, Easwaran, et al. (2022). Carbon Pricing in the US: Examining State-Level Policy Support and Federal Resistance. **Politics and Governance**, vol. 10, no. 1, 2022, pp. 275–89, doi: 10.17645/pag.v10i1.4857.

Nóbrega, G. N. et al. (2019). The importance of blue carbon soil stocks in tropical semiarid mangroves: a case study in Northeastern Brazil. **Environmental Earth Sciences** 78, 369, doi: 10.1007/s12665-019-8368-z

Oliveira, R. C (2022). **Panorama do Hidrogênio no Brasil**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA. Disponível em : http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/11291/1/td_2787_web.pdf.

Oliveira, M. L. et al. (2022). Effects of Human-Induced Land Degradation on Water and Carbon Fluxes in Two Different Brazilian Dryland Soil Covers. **Science of the Total Environment**, vol. 792, Oct. 2021, p. 148458, doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.148458.

Otero, X. L. et al. (2017). High fragility of the soil organic C pools in mangrove forests. **Marine Pollution Bulletin**, 119, 460–464, doi: 10.1016/j.marpolbul.2017.03.074

Ogar, E., et al., (2020). Science Must Embrace Traditional and Indigenous Knowledge to Solve Our Biodiversity Crisis. **One Earth**, 3(2), 162–165. doi:10.1016/j.oneear.2020.07.006

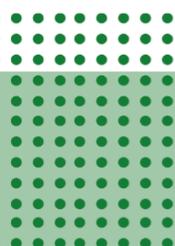
Our World in Data (2023). **Annual share of global CO2 emissions**. Disponível em: <https://ourworldindata.org/annual-co2-emissions>.

Our World in Data (2020). **CO₂ and Greenhouse Gas Emissions**. Hannah Ritchie, Max Roser e Pablo Rosado em parceria com Climate Watch e The World Resources Institute. Disponível em: '<https://ourworldindata.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions>.

Parlamento Europeu (2022). **Review of the EU ETS : 'Fit for 55' package**. Disponível em: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2022/698890/EPRS_BRI\(2022\)698890_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2022/698890/EPRS_BRI(2022)698890_EN.pdf) .

Paula, F. S. M. (2018). **Estudo Setorial Especial: Transporte e Logística. Ceará 2005, Governo do estado do Ceará**. Disponível em: <http://www.ceara2050.ce.gov.br/api/wp-content/uploads/2018/10/ceara-2050-estudo-setorial-especial-transporte-logistica.pdf> .

Pendleton, L., et al. (2012). Estimating Global “Blue Carbon” Emissions from Conversion and Degradation of Vegetated Coastal Ecosystems. **PLoS ONE** 7(9): e43542. doi:10.1371/journal.pone.0043542.



PMR, Partnership for Market Readiness & ICAP, International Carbon Action Partnership. (2022). **Governance of Emissions Trading Systems**. World Bank, Washington, DC. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/37213>

PMR, Partnership for Market Readiness. (2021a). **Enhancing Carbon Pricing and International Carbon Market Readiness Through the Mitigation Action Assessment Protocol: Summary Report**. World Bank. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/36022> .

PMR, Partnership for Market Readiness & World Bank. (2021b). **Country Perspectives: Opportunities and Challenges for International Voluntary Carbon Markets in the context of the Paris Agreement**. World Bank. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/35538?show=full>

PMR, Partnership for Market Readiness & ICAP, International Carbon Action Partnership. (2021). **Emissions Trading in Practice, Second Edition : A Handbook on Design and Implementation**. World Bank. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/35413>

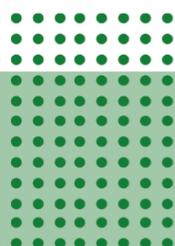
PMR, Partnership for Market Readiness. (2015). **Overview of Carbon Offset Programs: Similarities and Differences. Technical Note 6**. Disponível em: https://www.thepmr.org/system/files/documents/PMR%20Technical%20Note%206_Offset_s_0.pdf.

Portal da Indústria, **Perfil da Indústria, 2019**. Disponível em: <https://perfildaindustria.portaldaindustria.com.br/estado/ce>.

Prolo, C.D., et al., (2021). **Explicando os mercados de carbono na era do Acordo de Paris**. Rio de Janeiro: Instituto Clima e Sociedade.

Queiroz, H.M., et al., (2019). Hidden contribution of shrimp farming effluents to greenhouse gas emissions from mangrove soils. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. 221, 8–14. doi: 10.1016/j.ecss.2019.03.011

Reis Neto, A. F. (2019). **Redução do desmatamento e da degradação florestal (REDD) : bases legais para implementação na Caatinga de Pernambuco**. Teses de Doutorado - Desenvolvimento e Meio Ambiente. RI UFPE. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/34238>



REM-AC (2022). Programa REM Acre Fase II. Disponível em : <https://programarem.ac.gov.br/programa-rem-acre-fase-ii/>. Acesso em 1 de março de 2023.

REM-MT (2023). Metas e resultados. Disponível em: <https://remmt.com.br/novo2022/index.php/pt/home> . Acesso em 1 de março de 2023.

Saccol, A.F.O., et al. (2020). Aproveitamento da biomassa florestal na produção de briquetes. Scielo, **Revista Matéria**, v. 25, n.2, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rmat/a/d7qGPO44QORCJmXvqMSBvws/?format=pdf&lang=pt>.

Sanderman, J., et al. (2018). A global map of mangrove forest soil carbon at 30 m spatial resolution. **Environmental Research Letters**. 13(5). doi: 10.1088/1748-9326/AABE1C.

Santos, A. C. (2021). Política nacional sobre mudança do clima no Brasil : uma avaliação de instrumentos e de efetividade. **Espaço Público, Revista de Políticas Públicas da UFPE**, no 6, ano 2021. ISSN 2595-5535. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/politicaspublicas/article/view/249458>

Santos, G. (2022). Climate change policy and carbon pricing, **Energy Policy**, Volume 168, 2022, 112985, ISSN 0301-4215, doi:10.1016/j.enpol.2022.112985.

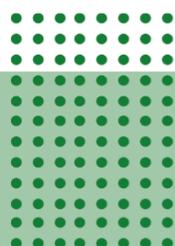
SECCO, J. (2022). Higer signs memorandum of intent with Ceará government to manufacture electric buses. Truck & Bus Builder. Disponível em: <https://truckandbusbuilder.com/article/2022/08/19/higer-signs-memorandum-of-intent-with-ceara-government-to-manufacture-electric-buses>.

SEEG. (2022). Estimativa de emissões de gases de efeito estufa no Ceará em 2021. Disponível em: <https://plataforma.seeg.eco.br/territories/ceara/card?year=2021&cities=false> .

SEEG. (2021). Análise de emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas climáticas do Brasil (1970 - 2020). Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa. Disponível em: https://seeg-br.s3.amazonaws.com/Documentos%20Analiticos/SEEG_9/OC_03_relatorio_2021_FINAL.pdf

SEINFRA-CE. (2023a). Metrofor. Sistema Metroviário do Ceará. Disponível em: <https://www.metrofor.ce.gov.br/sistema-metroviario/>.

SEINFRA-CE. (2023b). Metrofor. Após 1 ano de integração do metrô com bicicletas, adesão ao serviço segue crescendo. Disponível em:



<https://www.metrofor.ce.gov.br/2023/08/22/apos-1-ano-de-integracao-do-metro-com-bicicletas-adesao-ao-servico-segue-crescendo/>.

SEMA (2023). Plano Estadual para Adaptação à Mudança do Clima e Baixa Emissão de Carbono na Agropecuária com vistas ao Desenvolvimento Sustentável (ABC+CE, 2020-2030). Disponível em: https://www.sema.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/36/2022/01/PLano-ABC-Final_v3-1-ASSINADO.pdf

Silva, C. A.; Machado, P. L. O. De A. (2000). Seqüestro e emissão de carbono em ecossistemas agrícolas: estratégias para o aumento dos estoques de matéria orgânica em solos tropicais. Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/336828/seqüestro-e-emissao-de-carbono-em-ecossistemas-agricolas-estrategias-para-o-aumento-dos-estoques-de-materia-organica-em-solos-tropicais>

Shuai, G. et al. (2019). International carbon markets under the Paris Agreement: basic form and development prospects. **Advances in Climate Research**, 10. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1674927819300188> .

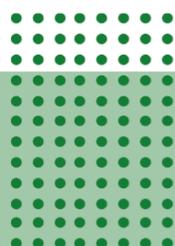
Speranza, J. Wills, W. (2019). **Estratégia de Longo Prazo para Descarbonização da Economia Brasileira**. Documento do Fórum Brasileiro de Mudança do Clima, Ministério de Minas e Energias. Disponível em: http://antigo.mme.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=c441cd8b-6d02-3ff2-c35e-0e4257395d14&groupId=36208 .

Sullivan, K. et al. (2021). **Status and trends of compliance and voluntary carbon markets in Latin America**. International Carbon Action Partnership. Disponível em: <https://icapcarbonaction.com/en/publications/status-and-trends-compliance-and-voluntary-carbon-markets-latin-america>.

South Pole. (s.d.). **Hydrogen for Net Zero Initiative: unlocking the power of low-carbon hydrogen**. Disponível em: <https://www.southpole.com/hydrogen-for-net-zero-initiative>.

Souza, A. L. R., Andrade, J. C. (2014). Análise do mercado de carbono voluntário no Brasil: um estudo sobre o perfil dos projetos de redução de emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE). **Revista Metropolitana de Sustentabilidade**, v. 4, n. 1, pp. 52-75.

Tribunal de Contas Europeu. (2020). **Sistema de comércio de licenças de emissão da União Europeia: a atribuição de licenças a título gratuito necessitava de uma melhor orientação**. Disponível em: https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR20_18/SR_EU-ETS_PT.pdf



Ullman, R. et al., (2013). Including Blue Carbon in climate market mechanisms. *Ocean & Coastal Management*, 83(), 15–18. doi:10.1016/j.ocecoaman.2012.02.009

UNDP. (2021). **Issue Brief: China's Climate Policy Documents - 1+N and Updated NDC**. United Nations Development Programme, China. Disponível em: <https://www.undp.org/china/publications/issue-brief-chinas-climate-policy-documents-1n-and-updated-ndc> .

UNFCCC (2022a). **Nationally determined contributions under the Paris Agreement**. Synthesis report by the secretariat. Disponível em: <https://unfccc.int/documents/619180>.

UNFCCC. (2022b). **China's achievements, new goals and new measures for nationally determined contributions (Updated China's NDC)**. Disponível em: <https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/China%E2%80%99s%20Achievements%2C%20New%20Goals%20and%20New%20Measures%20for%20Nationally%20Determined%20Contributions.pdf>

UNFCCC. (2022c). **Draft decision on Guidance on cooperative approaches referred to in Article 6, paragraph 2, of the Paris Agreement**. United Nations Climate Change, COP27 documents. Disponível em: <https://unfccc.int/event/cma-4?item=14> .

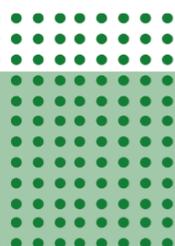
UNFCCC. (2022d). **Guidance on the mechanism established by Article 6, paragraph 4, of the Paris Agreement**. United Nations Climate Change, COP27 documents. Disponível em: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma2022_10a02_adv.pdf#page=33

UNFCCC. (2022e). **Starting Line and Leadership Practices 3.0 - Minimum criteria required for participation in the Race to Zero campaign**. United Nations Climate Change, Race to Zero Campaign. Disponível em: <https://unfccc.int/climate-action/race-to-zero-campaign#Minimum-criteria-required-for-participation-in-the-Race-to-Zero-campaign>

UNFCCC. (2022f). **Brazil's NDC updated**. Disponível em: <https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/Updated%20-%20First%20NDC%20-%20%20FINAL%20-%20PDF.pdf>

UNFCCC. (2022e). **UNFCCC CDM official website**. Disponível em: <https://cdm.unfccc.int/about/index.html>

UNFCCC. (2018). **Article 6.4 Mechanism**. Disponível em: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/article-64-mechanism>



UNFCCC. (2015). **The Paris Agreement**. United Nations Climate Change. Disponível em: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>

UNEP, IUCN. (2021). **Nature-based solutions for climate change mitigation**. Nairobi and Gland, United Nations Environment Programme and International Union for Conservation of Nature. Disponível em: <https://www.unep.org/resources/report/nature-based-solutions-climate-change-mitigation>

Vargas, D. B., et al., (2021). **Mercado de Carbono Voluntário no Brasil na realidade e na prática**. Observatório de Bioeconomia, Fundação Getúlio Vargas - Escola de Economia de São Paulo. Disponível em: https://eesp.fgv.br/sites/eesp.fgv.br/files/ocbio_mercado_de_carbono_voluntario_no_brasil_na_realidade_e_na_pratica_en.pdf.

VCS. (2017). **Ticket Log Fleet Fuel Substitution**. Verified Carbon Standard Registry. Disponível em: <https://registry.verra.org/app/projectDetail/VCS/1142>.

VCS. (2018). **VM0038 Methodology for Electric Vehicle Charging Systems, v1.0**. Verified Carbon Standard, Verra. Disponível em: <https://verra.org/methodologies/vm0038-methodology-for-electric-vehicle-charging-systems-v1-0/>

VCS. (2019a). **Revision to Scope of VCS Program**. Verified Carbon Standard. Disponível em: <https://verra.org/wp-content/uploads/2019/04/VCS-v4-Revision-to-Scope-of-VCS-Program.pdf>

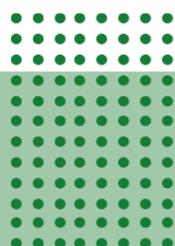
VCS. (2019b). **Bikes for the Planet - Brazil**. Verified Carbon Standard Registry. Disponível em: <https://registry.verra.org/app/projectDetail/VCS/1884>.

VCS. (2022). **EZVOLT - EV charging network carbon credits project**. Verified Carbon Standard Registry. Disponível em: <https://registry.verra.org/app/projectDetail/VCS/3041>

VCS. (2023). **Verified Carbon Standard Projects & Programs**. Disponível em: <https://registry.verra.org/app/search/VCS/All%20Projects>. Acessado em 27 de fevereiro de 2023.

Wills, W., et al. (2022). Economic and Social Effectiveness of Carbon Pricing Schemes to Meet Brazilian NDC Targets. **Climate Policy**, vol. 22, no. 1, 2022, pp. 48–63, doi:10.1080/14693062.2021.1981212.

World Bank. (2020). **Offshore wind technical potential in Brazil**. Energy Sector. Management Assistance Program (ESMAP). Disponível em:



<https://documents1.worldbank.org/curated/en/902341586847107376/pdf/Technical-Potential-for-Offshore-Wind-in-Brazil-Map.pdf>.

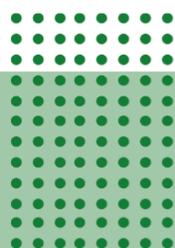
World Bank. (2021a). **Carbon Pricing for Climate Action**, World Bank, Washington, DC. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/36080>.

World Bank. (2021b). **State and Trends of Carbon Pricing 2021**. Washington, DC, 2021. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/35620> .

World Bank. (2022). **State and Trends of Carbon Pricing 2022**. Washington, DC, 2022. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/37455> .

Xiayimulati, A. (2023). Implications and Challenges of Carbon Pricing. **BCP Business & Management**. 38. 2674-2680, <https://doi.org/10.54691/bcpbm.v38i.4170>.

Xiliang, Z. et al. (2022). **Theory and Practice of China's Carbon Emissions Trading System: key issues in China's national ETS and case study of Hubei pilot ETS**. California-China Carbon Market Collaboration Project Team, Tsinghua University, Wuhan University. Disponível em: <http://www.3e.tsinghua.edu.cn/storage/app/media/uploaded-files/theory-and-practice-of-chinas-ets-thu3e20220509.pdf> .



ANEXOS

ANEXO 1

TABELA DE COMPARAÇÃO DOS SISTEMAS DE COMÉRCIO DE EMISSÕES DE GHG								
	Início	Fases de Conformidade	GEE	Metas	Setores	Emissões totais	Preço (t/CO ₂ e)	Receita total
EU ETS	2005	Fase 1: 3 anos (2005 - 2007) Fase 2: 5 anos (2008 - 2012) Fase 3: 8 anos (2013 - 2020) Fase 4: 10 anos (2021 - 2030)	CO ₂ , N ₂ O, PFCs	Até 2030: Pelo menos 55% abaixo dos níveis de GEE de 1990	Indústria, Energia, Aviação	1.598,4 MtCO ₂ e (2019)	USD 64,77	94 bilhões de euros (118 bilhões de dólares) desde 2013
				Até 2050: Neutralidade climática				EUR 31 bilhões (USD 37 bilhões) em 2021
US ETS Califórnia	2012	Fase 1: 2 anos (2013-2014) Fase 2: 3 anos (2015-2017) Fase 3: 3 anos (2018-2020) Fase 4: 3 anos (2021-2023)	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, SF ₆ , HFCs, PFCs, NF ₃ e outros GEEs fluorados.	Até 2030: 40% de redução em relação aos níveis de GEE de 1990	Transporte, Edifícios, Indústria, Energia	307.5 Mt CO ₂ e (2022)	USD 22,43 (preço médio de liquidação em leilão em 2021)	Receita total desde o início: US\$ 18,23 bilhões
				Até 2045: Atingir a neutralidade de carbono				Receita total: US\$ 3,99 bilhões
China ETS	2021	Um ano civil. Foi solicitado às entidades que entregassem as permissões em 2021 para 2019 e 2020	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, HFCs, PFCs, SF ₆ , NF ₃	Até 2030: Pico de emissões de CO ₂ , 65% de redução aos níveis de 2005	Energia	4 bilhões tCO ₂ (2022)	CNY 43.85 (USD 6.89)	Alocação gratuita
				Até 2060: Neutralidade carbono				

ANEXO 2

TABELA RESUMO - MERCADOS REGULADOS NOS ESTADOS-UNIDOS

Status	ETS	Governança	Início	Breve descrição
Em vigor	Iniciativa Regional de Gases de Efeito Estufa (RGGI)	Regional	2009	<ul style="list-style-type: none"> Primeiro ETS obrigatório nos Estados Unidos para controlar as emissões do setor energético. Composto por dez estados (Connecticut, Delaware, Maine, Maryland, Massachusetts, New Hampshire, New Jersey, New York, Rhode Island e Vermont). Em maio de 2021, o regulamento final para estabelecer um ETS na Pensilvânia foi lançado, abrindo assim o caminho para a inserção deste Estado na iniciativa.
	Programa California Cap-and-Trade	Estadual	2012	<ul style="list-style-type: none"> Abrange os setores de energia, indústria, construção e transporte.
	Limites de Massachusetts em Emissões de Geradores de Eletricidade	Estadual	2018	<ul style="list-style-type: none"> Cobre o setor de energia. Ela complementa a RGGI para ajudar a garantir que Massachusetts atinja suas metas obrigatórias de mitigação. Os geradores de eletricidade no estado devem cumprir, ou seja, manter e entregar as permissões, tanto com a RGGI quanto com o programa de Massachusetts.
	Programa Oregon Cap-and-Trade	Estadual	2022	<ul style="list-style-type: none"> Abrange os setores de energia, indústria, construção e transporte.
Em desenvolvimento	Washington	Estadual	2023	<ul style="list-style-type: none"> Em maio de 2021, o governador Jay Inslee assinou em lei a "<i>Climate Commitment Act</i>" (CCA), que estabelece um programa de <i>cap-and-invest</i> em toda a economia que começou em janeiro de 2023. Washington é o segundo estado dos Estados Unidos a promulgar uma lei que exige tal programa, depois da Califórnia. Washington não estará vinculada a nenhuma outra jurisdição em seu início, mas a CCA permite a vinculação no futuro, se certas condições forem cumpridas.
	Programa Iniciativa de Transporte e Clima (TCI-P)	Regional	2023	<ul style="list-style-type: none"> Abrange apenas o setor de transportes. Trata-se de uma colaboração regional das jurisdições do nordeste e meio-atlântico dos Estados Unidos que tem como objetivo reduzir as emissões de GEE do setor de

				transportes e minimizar a dependência do sistema de transportes de combustíveis com alto teor de carbono.
Em consideração	Novo México	Estadual	-	
	Cidade de Nova Iorque	Estadual	-	<ul style="list-style-type: none"> • Um estudo confirma a viabilidade de um programa comercial de NYC para grandes edifícios.
	Carolina do Norte	Estadual	-	<ul style="list-style-type: none"> • O Departamento de Qualidade Ambiental (DEQ) da Carolina do Norte lançou o "Plano de Energia Limpa" (CEP) em 2019. Este plano visa as emissões de GEE no setor energético.

ANEXO 3

LEGISLAÇÕES E POLÍTICAS PÚBLICAS ESTADUAIS QUE ABORDAM CRÉDITOS OU MERCADO DE CARBONO

Tipo	UF	Instrumento	Descrição
Política Estadual de Pagamento por Serviços Ambientais	AC	Sistema de Incentivos a Serviços Ambientais (SISA) - Lei Estadual n. 2.308/2010	<p>Algumas Políticas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) tem adotado em seu conteúdo disposições acerca da geração de créditos de carbono. A forma como os mercados/créditos de carbono são abordados varia entre os instrumentos, havendo, todavia, diretrizes similares sobre o tema.</p> <p>1. Uma das disposições que se repetem entre os diferentes instrumentos analisados é a geração de ativos ambientais, o que inclui créditos de carbono, decorrentes de programas desenvolvidos no âmbito do PSA. Fica encargo do Estado escolher quais programas serão considerados prioritários para a realidade regional, todavia, existem alguns programas que focam na redução ou sequestro de emissões, normalmente associados com a regulação do clima. A partir do momento que os programas são implementados e os ativos ambientais produzidos, o Estado ficará encarregado de gerenciar os benefícios decorrentes deste bem intangível.</p> <p>2. Considerando que o Estado é titular dos ativos ambientais decorrentes das atividades ambientais, este também ganha autorização a partir das Políticas de Pagamento por Serviços Ambientais para aliená-los em mercados nacionais ou internacionais.</p>
	AM	Política do Estado do Amazonas de Serviços Ambientais e o outros - Lei Estadual n. 4.266/2015	
	MA	Sistema Jurisdicional de REDD+ e PSA - Lei Estadual n. 11.578/2021	
	MS	Política Estadual de Preservação dos Serviços Ambientais, cria o Programa Estadual de Pagamento por Serviços Ambientais (PESA) - Lei Estadual n. 5.235/2018	

	PR	Pagamento por Serviços Ambientais, bem como dispõe sobre o Biocrédito - Lei Estadual n. 17.134/2012	<p>Para que essa transação seja efetiva, os ativos ambientais devem estar devidamente certificados por instituições de prestígio internacional e que atestem a sua validade. Nos Estados que possuem uma grande variedade de projetos de REDD +, vislumbra-se com maior facilidade a comercialização de seus créditos de carbono decorrentes das atividades de gestão sustentável das florestas e redução do desmatamento.</p> <p>3. Alguns desses instrumentos elencam os recursos provenientes da comercialização dos créditos de carbono como fontes de financiamento tanto dos programas do PSA, como dos fundos estaduais direcionados a questões ambientais e/ou climáticas. Por ser recursos decorrentes da atuação pública, o Estado é o titular legítimo do direito creditório sobre tais ativos, ficando responsável por aliená-los, diretamente ou por meio de intermediários, e reverter os valores arrecadados para a continuidade de programas e ações climáticas e ambientais.</p>
	RO	Política e Sistema Estadual de Governança Climática e Serviços Ambientais (PGSA) - Lei Estadual n. 4.437/2018	
	TO	Política Estadual de Pagamento por Serviços Ambientais (PEPSA) do Tocantins - Lei Estadual n. 4.111/2023	
Políticas Econômicas relacionadas com recursos provenientes de ativos ambientais e créditos de carbono	AP	Programa Tesouro Verde - Lei Estadual n. 2.353/2018	<p>Paralelamente às disposições expressas nas Políticas de Pagamento por Serviços Ambientais, outras políticas econômico-financeiras dos Estados têm expressamente elencado os créditos de carbono e os ativos ambientais como fontes de recursos estaduais. Um dos exemplos é a criação de sistemas estaduais destinados ao registro e operação dos ativos ambientais, de atividades como a conservação e ampliação de florestas nativas, devidamente certificados por entidades com credibilidade internacional, com valoração e quantificação, dando ao Estado a faculdade de aliená-los ou negociá-los em mercados nacionais ou internacionais.</p>
	GO	Programa Tesouro Verde - Lei Estadual n. 19.763/2017	

	PI	Programa Ativo Verde - Decreto Estadual n. 18.689/2019	
	TO	Fundo Clima do Estado do Tocantins (FunClima) - Lei Estadual n. 4.131/2023	
	RR	Política Estadual de Impulsionamento do Desenvolvimento Econômico-Ambiental de Baixas Emissões - Decreto Estadual n. 29.710/2020	
Políticas de Incentivo à Geração de Créditos de Carbono	RJ	Fomento à utilização de veículos movidos à propulsão elétrica e híbridos segundo as diretrizes setoriais de transportes - Lei Estadual n. 9.870/2022	Outro tipo de instrumento utilizado por Estados são as políticas de incentivos à geração de créditos de carbono. Entre as suas disposições, prevê-se a atribuição ao Estado de acompanhar os desenvolvimentos dos mercados nacionais e internacionais de créditos de carbono, na medida que favorece a implementação de projetos dentro de sua jurisdição. Assim como pode autorizar, dentro de uma política de incentivo a atividades de baixo carbono, a alienação dos recursos financeiros provenientes da redução de emissões devidamente certificadas e outros mecanismos de créditos de carbono gerados a partir da implementação dessa atividade, como é o caso da promoção da eletromobilidade.
	DF	Política de Apoio a Projetos para Geração de Créditos de Carbono do Distrito Federal - Lei Estadual n. 5.831/2017	

Política Estadual de Mudanças Climáticas	ES	Política Estadual de Mudanças Climáticas (PEMC) - Lei Estadual n. 9.531/2010	<p>As disposições acerca dos mercados/créditos de carbono nas Políticas Estaduais de Mudanças Climáticas varia entre os diferentes instrumentos analisados. Todavia, pode-se perceber algumas abordagens comuns, sendo estas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. A previsão da comercialização de reduções certificadas de emissões, de titularidade do Estado, nos mercados voluntários, regulados, nacionais ou internacionais, de créditos de carbono como fonte de recursos de fundos estaduais de mudanças climáticas. 2. O incentivo à geração de créditos de carbono como uma das estratégias do poder público na consecução de suas políticas climáticas, o que inclui a criação de um ambiente atrativo aos investimentos em projetos de mitigação de emissões; 3. Fomento ao mercado de carbono enquanto um dos objetivos estaduais de redução de emissões; 4. Repartição de benefícios às comunidades que residem no entorno dos empreendimentos que geram créditos de carbono.
	MT	Política Estadual de Mudanças Climáticas - Lei Estadual n. 582/2017	
	PR	Política Estadual sobre Mudança do Clima - Lei Estadual n. 17.133/2012	
	PE	Política Estadual de Enfrentamento às Mudanças Climáticas de Pernambuco - Lei Estadual n. 14.090/2012	
	RJ	Política Estadual sobre Mudança Global do Clima e Desenvolvimento Sustentável - Lei Estadual n. 5.690/2010	
	RS	Política Gaúcha sobre Mudanças Climáticas (PGMC) - Lei Estadual n. 13.594/2010	

	SC	Política Estadual sobre Mudanças Climáticas e Desenvolvimento Sustentável de Santa Catarina - Lei Estadual n. 14.829/2009	
	SP	Política Estadual de Mudanças Climáticas (PEMC) - Lei Estadual n. 13.798/2009	
	TO	Política Estadual Sobre Mudanças Climáticas, Conservação Ambiental e Desenvolvimento Sustentável - Lei Estadual n. 1.917/2008	

ANEXO 4

Projetos de Mercado Voluntário no Ceará - Registro do VCS, Gold Standard e ACR

[Gravier Renewable Energy](#)

Tipo de projeto: Energias Renováveis

Descrição: Projeto de implementação e operação de usinas de energia eólica no Estado do Ceará, visando a redução das emissões de GEE e a geração de eletricidade a partir de fontes renováveis.

Certificação: Verified Carbon Standard

Status do projeto: Registrado

Duração: 10 anos (01/08/2021 - 31/07/2031)

Total de créditos: 124.580 tCO₂e/ano

[Gomes de Mattos Ceramic Fuel Switching Project](#)

Tipo de projeto: Energias renováveis

Descrição: O projeto envolve troca de combustível de lenha nativa do bioma Caatinga para biomassa renovável, visando diversificar e melhorar as fontes de geração de energia térmica, possibilitar novas tecnologias de geração de energia térmica para aplicação no setor cerâmico ou outro processo similar, reutilização de resíduos, utilizar fontes renováveis de biomassa para geração de energia térmica e contribuir com a preservação do bioma local.

Certificação: Verified Carbon Standard

Status do projeto: Período de creditação encerrado

Duração: 10 anos (01/05/2006 e 30/04/2016)

Total de créditos: 47.997 tCO₂e/ano

[Assunção Ceramic Fuel Switching Project](#)

Tipo de projeto: Energias renováveis

Descrição: Substituição de combustível para biomassa sustentável, modificando os processos industriais e tornando-os mais sustentáveis. Antes da execução do projeto, havia o consumo médio de 3.680 m³ de madeira não sustentável por mês para alimentar os fornos para produzir cerca de 4.000 unidades de cerâmica por mês, ou seja, 12.800 toneladas de unidades de cerâmica por mês.

Certificação: Verified Carbon Standard

Status do projeto: Registrado

Duração: 10 anos (01/06/2017 - 31/05/2027)

Total de créditos: 14.053 tCO₂e/ano

[Oeste de Caucaia Landfill Project Activity - CER Conversion](#)

Tipo de projeto: Gestão e descarte de resíduos

Descrição: Projeto que tem como objetivo evitar as emissões de gases do Aterro Oeste de Caucaia por meio da captação, purificação e injeção em uma rede de distribuição, contribuindo para o bem-estar ambiental, social e econômico.

Certificação: Verified Carbon Standard

Status do projeto: Unidades transferidas de programa de GEE aprovado

Duração: 07 anos (22/04/2016 - 21/04/2023)

Total de créditos: 523.569 tCO₂e/ano

[Nature Conservation Reforestation Project - Caatinga Biome, Ceara](#)

Tipo de projeto: Redução e Sequestro de Emissões de Florestamento/Reflorestamento

Descrição: O projeto objetiva realizar o reflorestamento de áreas degradadas de plantações nativas mistas.

Certificação: Gold Standard

Status do projeto: Registro em andamento

Duração: 29 anos (04/04/2022 - 04/04/2051)

Total de créditos: 5.000 tCO₂e/ano

[Ceará Renewable Energy Bundled Project](#)

Tipo de projeto: Biomass ou biocombustível líquido

Descrição: Projeto que envolve cinco fábricas de cerâmica vermelha pertencentes ao Grupo Tavares. O seu objetivo é implementar a substituição de combustíveis para biomassa renovável e medidas de eficiência energética visando a redução das emissões de GEE.

Certificação: Gold Standard

Status do projeto: Certificado

Duração: 10 anos (01/09/2010 - 31/08/2020)

Total de créditos: 36.173 tCO₂e/ano

[Ms Renováveis Wind Power Complex: Mar e Terra, Areia Branca, Embuaca and Icaraí](#)

Tipo de projeto: Energias renováveis

Descrição: Projeto de geração de energias renováveis a partir de cinco usinas eólicas nos Estados do Ceará e Rio Grande do Norte, sendo estas Mar e Terra, Areia Branca, Embuaca e Icaraí.

Certificação: American Carbon Registry

Status do projeto: Período de creditação encerrado

Duração: 07 anos (29/06/2013 - 28/06/2020)

Total de créditos: 135.888 tCO₂e/ano

[Santos Energia Wind power Complex: Santo Antônio de Pádua, São Cristóvão and São Jorge](#)

Tipo de projeto: Energias Renováveis

Descrição: Projeto de geração de energias renováveis de três usinas eólicas no Estado do Ceará, sendo estas São Antônio de Pádua, São Cristóvão e São Jorge.

Certificação: American Carbon Registry

Status do projeto: Período de creditação encerrado

Duração: 07 anos (11/11/2014 - 10/11/2021)

Total de créditos: 124.384 tCO₂e/ano

Fonte: VCS; Gold Standard; ACR, 2023

Elaboração: Autores.

FUNCAP



**SECRETARIA DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E EDUCAÇÃO SUPERIOR**
GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ

ELABORADO NO ÂMBITO DO PROGRAMA CIENTISTA -CHEFE
DE MEIO AMBIENTE DA FUNDAÇÃO CEARENSE DE APOIO AO
DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO (FUNCAP)