

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI
MESTRADO PROFISSIONAL EM ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA
PROFIAP

ISABELA SACRAMENTO MARTINS DE CASTRO SOUZA

MERCADO DE CARBONO: PROPOSTAS E AÇÕES INTERNACIONAIS E A POSSIBILIDADE DE AJUSTÁ-LAS AO CONTEXTO BRASILEIRO

SÃO JOÃO DEL REI
2025

MERCADO DE CARBONO: PROPOSTAS E AÇÕES INTERNACIONAIS E A POSSIBILIDADE DE AJUSTÁ-LAS AO CONTEXTO BRASILEIRO

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Administração Pública – PROFIAP, da Universidade Federal de São João del Rei, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Administração Pública.

Área de concentração: Administração Pública

Orientador: Prof. Saulo Cardoso Maia

São João del-Rei

2025

ISABELA SACRAMENTO MARTINS DE CASTRO SOUZA

MERCADO DE CARBONO: PROPOSTAS E AÇÕES INTERNACIONAIS E A POSSIBILIDADE DE AJUSTÁ-LAS AO CONTEXTO BRASILEIRO

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Administração Pública e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Orientador: _____

Prof. Dr. Saulo Cardoso Maia
Doutor pela Universidade Federal de Lavras, Brasil

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Fabricio Molica de Mendonça, UFSJ
Doutor pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil

Prof. Dr. Raoni Fernandes Azeredo, UFOPA
Doutor pela Universidade Federal de Lavras, Brasil

Coordenadora do PROFIAP:

_____

Prof. Drª. Carolina Miria Fontes Martins

São João del-Rei, setembro 2025.

Ao meu pai, raiz firme que me sustenta.

Ao meu filho, fruto precioso que justifica a travessia.

Ambos me provando todo dia que amor é um laço que nem o tempo, nem a morte – nada – consegue romper.

AGRADECIMENTOS

Escrever uma dissertação é, antes de tudo, uma travessia. Neste caso, com obstáculos – quase - intransponíveis. Não se mantém na estrada e nem se chega ao fim de um caminho árduo como este sem os alicerces invisíveis da memória, sem os gestos de cuidado que se acumulam ao longo dos dias e sem a presença e o apoio de todos aqueles que, de algum modo, se fizeram parte desta jornada. Agradeço a Deus, pela fé que nunca me faltou. Ao Henrique, filho amado de minh'alma, razão maior de cada esforço empreendido: tudo o que fiz e faço é por ele, para que encontre um mundo mais justo e cheio de possibilidades. Sua existência é que dá sentido às lutas todas e que este trabalho seja também um legado de determinação, uma inspiração que possa te deixar evidente que toda a riqueza pode mudar de mãos, mas o saber, nunca. Ao Cesar, doce companheiro, que me dedica um amor incondicional, que é refúgio e que sempre me acalma nas tempestades, que foi quem de diversas formas e por inúmeras vezes organizou as ideias, papéis, planilhas e sentimentos, viabilizando que eu pudesse cruzar a linha de chegada. Meu amor é seu. A minha vó querida, que com sua longevidade, sabedoria e amor me ensinou que perseverança e carinho constroem caminhos. Esta dissertação é também uma forma de honrar seu persistir, seu resistir. À Mamãe e Manu pelo apoio constante e pela confiança em cada passo desta jornada. Cada conquista é regada pela segurança de saber que sempre pude contar com vocês. À Daniela e Carlos Frederico, meus irmãos que são também meus melhores amigos, dedico uma gratidão que não cabe em palavras. Foram eles que, nos momentos mais difíceis, estiveram ao meu lado, segurando minha mão com firmeza e amor, lembrando-me de que nunca estive só. São eles que ainda estão aqui. E são eles, que amanhã também estarão. Esta conquista carrega também a força desse vínculo de amor eterno e profundo. Kêbia, cunhada e amiga querida, sua determinação sempre foram uma inspiração para mim! À Maria Eduarda, Gabriel e Maria Luiza cujas presenças alegres e espontâneas são sempre um lenitivo, cujos riso e a leveza que me oferecem recordam-me sempre que a vida vai além das páginas e dos prazos, e que o conhecimento só faz sentido quando também sabemos cultivar o amor e a ternura e compartilhar as risadas. Aos meus amigos, que me sustentaram com

paciência e compreensão ao longo de todo o processo. Cada gesto de cuidado, cada silêncio respeitoso diante das minhas ausências e cada palavra de incentivo formaram o chão firme que me permitiu continuar. Clê, sua reza e sua amizade me colocam de pé todo dia. Ao meu orientador Doutor Saulo, agradeço pelo notório conhecimento compartilhado, mas sobretudo pela paciência e empatia, por ter compreendido os percalços que me acometeram nessa trajetória, trazendo sempre esperança e tranquilidade em meio ao caos. Ao Alvarenga e Cristiane pela compreensão que oportunizou as concessões necessárias para que pudesse seguir.

Meu mais emocionado agradecimento é dedicado ao meu pai, que transcendeu bem no meio dessa caminhada. Cada palavra escrita e cada página revisada, principalmente cada decisão de não desistir (e foram várias) foi acompanhada e movida por sua lembrança silenciosa, por sua força que permanece como herança e por seu olhar que continua a iluminar minhas escolhas e meus caminhos. Este trabalho nasce também do amor e dos ensinamentos que recebi dele — que não estavam apenas em suas palavras firmes, mas sobretudo em seus exemplos de coragem, de dignidade e perseverança. De trabalhar sempre. De amar sobretudo. E de não desistir jamais! Embora não tenha podido testemunhar fisicamente este momento, sei que sua vida está entrelaçada a cada conquista minha. Esta dissertação é, de modo especial, uma homenagem à sua memória e um tributo à certeza de que você segue vivo em mim e através de mim. Nos seus. Nos meus. E nos nossos.

Enfim, este não é apenas o resultado de uma pesquisa, mas a expressão de uma rede de afetos, memórias e presenças que me sustentaram até aqui. Reconheço que cada linha escrita carrega mais do que ideias: traz histórias de vida, ecos de vozes queridas, marcas de ausências que se transformaram em força.

Muito obrigada a todos. É emocionada e de coração que agradeço.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar mercados de carbono internacionais e propor diretrizes para a implementação eficaz do mercado de carbono no Brasil, considerando os desafios e avanços estabelecidos na Lei 15.042/2024, bem como os aspectos necessários para garantir sua operacionalização prática. A pesquisa parte de uma revisão narrativa da literatura e da análise comparativa de estudos de caso sobre a regulamentação e operacionalização desses mercados em diferentes países. Além de examinar as melhores práticas internacionais, busca-se compreender como os instrumentos regulatórios e os mecanismos de precificação do carbono podem ser aplicados ao contexto brasileiro. A metodologia adotada inclui a análise de estudos de caso de mercados regulados e voluntários, identificando padrões e desafios enfrentados na implementação de políticas de comércio de emissões de GEE. A pesquisa também examina os impactos da regulamentação sobre setores produtivos e a adoção de tecnologias de mitigação de emissões. Também analisa a Lei 15.042/2024 que representa um marco na regulamentação nacional, exigindo avaliação crítica sobre sua implementação, desafios e adequações necessárias. Dessa forma, este estudo contribui para a discussão sobre políticas públicas ambientais e suas implicações econômicas, propondo diretrizes para aprimorar, regulamentar e fortalecer a eficiência do mercado de carbono no Brasil, com base em evidências empíricas e recomendações extraídas de experiências internacionais operantes.

Palavras-chave: Mercado de Carbono. Políticas Climáticas. Redução de Emissões.

ABSTRACT

This work aims to analyze international carbon markets and propose guidelines for the effective implementation of a carbon market in Brazil. It considers the challenges and advancements established by Law 15.042/2024, as well as the necessary aspects to ensure its practical operationalization. The research is based on a narrative literature review and a comparative analysis of case studies on the regulation and operationalization of these markets in different countries. In addition to examining international best practices, the study seeks to understand how regulatory instruments and carbon pricing mechanisms can be applied to the Brazilian context. The adopted methodology includes the analysis of case studies from regulated and voluntary markets, identifying patterns and challenges faced in the implementation of greenhouse gas (GHG) emissions trading policies. The research also examines the impacts of regulation on productive sectors and the adoption of emissions mitigation technologies. It further analyzes Law 15.042/2024, which represents a milestone in national regulation, requiring a critical assessment of its implementation, challenges, and necessary adjustments. Thus, this study contributes to the discussion on environmental public policies and their economic implications, proposing guidelines to enhance, regulate, and strengthen the efficiency of the carbon market in Brazil, based on empirical evidence and recommendations drawn from operational international experiences.

Keywords: Carbon Market. Climate Policies. Emission Reduction.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO....8
2 REVISÃO DE LITERATURA....13
2.1 Mudanças Climáticas....13
2.2 Mercado de Carbono: definições iniciais....19
2.2.1 Definição de Mercado de Carbono....19
2.2.2 Histórico e evolução do Mercado de Carbono....21
2.2.3 Teorias e conceitos relevantes....22
2.2.4 Mercado regulado e mercado voluntário de carbono: benefícios e desafios 28
2.3 Da Seleção de Mercados de Créditos de Carbono Para a Pesquisa....30
2.3.1 União Europeia: Sistema de Comércio de Emissões (EU ETS)....33
2.3.2 California, EUA: Cap-And-Trade Program....37
2.3.3 China: Sistema Nacional de Comércio de Emissões....41
2.3.4 Suíça: Ligação com o EU ETS....44
2.3.5 Japão: Sistema Voluntário de Comércio de Emissões....47
2.3.6 Brasil: Mecanismo de Desenvolvimento Limpo e Propostas Atuais....51
3 METODOLOGIA....60
3.1 Protocolo de Análise dos Casos Estudados....61
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO....64
4.1 Análise Comparativa dos Casos....65
4.1.3 Lições aprendidas e boas práticas....68
4.2 Propostas para o Brasil....70
4.2.1 Adaptabilidade das práticas ao contexto brasileiro....70
4.2.2 Recomendações baseadas nos casos de sucesso analisados....71
4.2.3 Possíveis adaptações e implementação no contexto brasileiro....73
4.2.4 Impactos esperados (econômicos, ambientais, sociais)....75
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS....78
REFERÊNCIAS....81
APÊNCIDE 1 – Projeto Técnico Tecnológico....85

1 INTRODUÇÃO

A mudança climática é um dos maiores desafios enfrentados pela humanidade no século XXI. As emissões de gases de efeito estufa (GEE) têm contribuído para o aquecimento global, causando alterações climáticas adversas em todo o mundo. Nesse contexto, os mercados de carbono surgem como uma solução econômica para a mitigação dessas emissões, promovendo a redução dos GEE por meio de mecanismos de mercado (Assunção, Merlin, 2022).

Regiões em todo o mundo estão enfrentando os efeitos adversos das mudanças climáticas. As ilhas do Pacífico, por exemplo, estão ameaçadas pela elevação do nível do mar, enquanto secas severas afetam partes da África, Ásia e América Latina, impactando a produção agrícola e a segurança alimentar (Oliveira, 2021). As inundações e tempestades se tornaram mais frequentes e intensas, causando destruição em áreas urbanas e rurais. Esses fenômenos têm consequências devastadoras para as economias locais e a saúde pública, destacando a necessidade urgente de mitigar as emissões de GEE (Godoy; Saes, 2015)

Em resposta a essa crise, a comunidade internacional tem trabalhado em conjunto para desenvolver e implementar políticas de mitigação. O Protocolo de Quioto, adotado em 1997, foi um marco, estabelecendo compromissos obrigatórios de redução de emissões para países desenvolvidos (Cenamo, 2004). No entanto, a falta de compromissos obrigatórios para países em desenvolvimento e a retirada de alguns países-chave enfraqueceram sua eficácia. O Acordo de Paris de 2015 marcou um avanço, estabelecendo metas de redução de emissões para todos os países e promovendo esforços conjuntos para limitar o aquecimento global a 1,5°C acima dos níveis pré-industriais (Oliveira, 2021).

Os mercados de carbono surgiram como uma solução econômica para reduzir as emissões de GEE, incentivando a adoção de tecnologias limpas e práticas sustentáveis. Esses mercados operam com base no princípio de Cap-And-Trade, onde um limite máximo de emissões é estabelecido e as empresas podem comprar ou vender permissões de emissão dentro desse limite (Basso; Delfino, 2015) Essa abordagem cria um incentivo financeiro para a redução de emissões, tornando-a uma ferramenta eficaz na luta contra as mudanças climáticas.

A União Europeia (UE) é pioneira na implementação de um mercado de carbono. O Sistema de Comércio de Emissões da UE (EU ETS) foi lançado em 2005 e abrange setores como energia, aviação e indústria pesada. Desde sua implementação, o EU ETS

tem desempenhado sua função na redução das emissões de GEE na Europa, servindo como modelo para outras regiões. A experiência da UE destaca a importância de um marco regulatório claro e mecanismos de monitoramento rigorosos para garantir a eficácia do mercado (Castro, 2023).

Nos Estados Unidos, embora não haja um mercado de carbono nacional, iniciativas regionais como o Western Climate Initiative (WCI) e o Regional Greenhouse Gas Initiative (RGGI) demonstraram sucesso em suas respectivas áreas. O RGGI, por exemplo, abrange nove estados do nordeste e do meio atlântico dos EUA, focando no setor de energia elétrica. Esse programa regional tem contribuído para a redução das emissões de CO_2 na região, mostrando que esforços subnacionais também são eficazes (Oliveira, 2021).

A China, como o maior emissor mundial de GEE, lançou seu mercado nacional de carbono em 2021, inicialmente focando no setor de energia. Esse mercado rapidamente se tornou o maior do mundo em termos de volume de emissões cobertas. A abordagem gradual da China permite ajustes contínuos, garantindo que o sistema possa evoluir para atender às necessidades do país. A experiência chinesa destaca a importância da flexibilidade e da adaptação em grandes mercados emergentes (Godoy; Saes, 2015)

A Suíça é outro exemplo, tendo ligado seu mercado de carbono ao EU ETS. Essa interconectividade aumenta a liquidez do mercado e reduz os custos de conformidade, promovendo uma maior harmonização das políticas climáticas globais. O modelo suíço mostra como a colaboração internacional fortalece os mercados de carbono e ampliar seu impacto (Vital, 2018).

O Japão adota um sistema voluntário de comércio de emissões, incentivando as empresas a reduzir suas emissões proativamente. Embora voluntário, o sistema japonês tem mostrado que, com incentivos adequados, as empresas adotam práticas mais sustentáveis e contribuir para os esforços de mitigação do país. Essa abordagem voluntária oferece uma alternativa flexível para países que ainda não estão prontos para implementar mercados obrigatórios (Delgado, Altheman, 2007).

No Brasil, a discussão sobre a implementação de um mercado de carbono é recente. A aprovação da Lei 15.042/2024 (Brasil, 2024), que estabelece diretrizes para o mercado de carbono no Brasil, representa um avanço nesse debate, consolidando um arcabouço legal para a implementação do sistema de comércio de emissões Cap-And-Trade no país. Essa legislação está alinhada às tendências globais de regulamentação da precificação de carbono, incluindo mecanismos de compensação e captura de emissões

(Lima et al., 2024). No entanto, desafios regulatórios ainda persistem, como a necessidade de clareza na certificação de créditos e a integração com mercados internacionais de carbono (Pereira et al., 2024).

A adoção de um mercado de carbono no Brasil, conforme previsto na Lei 15.042/2024, trará inúmeros benefícios, incluindo a atração de investimentos, a promoção de tecnologias limpas e a contribuição para o cumprimento das metas de redução de emissões estabelecidas no Acordo de Paris. O fortalecimento desse mercado também abre caminho para a regulamentação do comércio de créditos de carbono associados à captura e armazenamento de CO_2, um setor emergente na matriz energética sustentável (Lima et al., 2024). No entanto, sua implementação exigirá aprimoramentos regulatórios e institucionais para garantir sua eficácia e competitividade no cenário global (Pereira et al., 2024).

A criação de mercados de carbono funcionais é importante para enfrentar os desafios das mudanças climáticas. Analisar casos concretos fornece as melhores práticas e estratégias que podem ser adaptadas ao contexto brasileiro. Cada país tem suas particularidades econômicas, sociais e ambientais, e a implementação de um mercado de carbono deve considerar essas especificidades para ser eficaz.

A experiência de países que já implementaram mercados de carbono, tanto regulados quanto voluntários, oferece aprendizados sobre os desafios e oportunidades associados a esses sistemas. A análise desses casos ajuda a identificar os pilares, como a clareza regulatória, a robustez dos mecanismos de monitoramento e a flexibilidade para ajustes ao longo do tempo. Além disso, a adaptação de boas práticas facilita a aceitação pública e política, garantindo a sustentabilidade e a eficácia do mercado de carbono no Brasil.

A questão de pesquisa que orienta este trabalho é: Quais diretrizes devem ser propostas para a implementação eficaz de um mercado de carbono no Brasil, considerando os desafios operacionais da Lei 15.042/2024 e as boas práticas internacionais (como União Europeia, Estados Unidos, China, Suíça e Japão)?

Este estudo adota uma abordagem qualitativa, focada na análise de casos concretos de mercados de carbono regulados e voluntários já implementados em diferentes países, além de uma análise crítica da Lei 15.042/2024 e seus impactos na introdução do mercado de carbono no Brasil. A metodologia inclui a revisão de literatura acadêmica e regulatória sobre governança climática, bem como a análise de marcos

normativos que influenciam a precificação de carbono e sua aplicabilidade no contexto brasileiro. A coleta de dados foi realizada utilizando bases de dados acadêmicas, relatórios de organizações internacionais e documentos legais relevantes. A análise comparativa permite identificar boas práticas, desafios enfrentados e soluções adotadas em cada caso, com o objetivo de adaptar essas práticas ao contexto brasileiro. A metodologia visa fornecer uma base para a formulação de políticas públicas eficazes para o mercado de carbono no Brasil, alinhando-se às particularidades econômicas, sociais e ambientais do país.

O objetivo geral deste estudo é analisar casos concretos de mercados de carbono regulados e voluntários em diferentes locais e propor diretrizes para regulamentação do mercado de carbono no Brasil, considerando os desafios da operacionalização da Lei 15.042/2024 e as melhores práticas internacionais. Considerando as especificidades regulatórias do Brasil e as experiências internacionais, busca-se contribuir para o aprimoramento da governança climática e a efetividade dos mecanismos de precificação de carbono.

Os objetivos específicos, por sua vez, incluem: (a) analisar detalhadamente os casos mercados de carbono já implementados, como na União Europeia, Estados Unidos, China, Suíça, Japão e Brasil; (b) identificar boas práticas e desafios nas experiências desses locais; (c) sugerir adaptações dessas práticas ao contexto brasileiro, considerando as particularidades econômicas, sociais e ambientais do país.

Este estudo se justifica pela necessidade de desenvolver uma base de conhecimento que possa orientar a regulamentação de um mercado de carbono no Brasil. Ao aprender com as experiências de outros países, o Brasil evitará erros comuns e maximizar os benefícios econômicos, ambientais e sociais de um mercado de carbono bem estruturado.

Esta pesquisa está integrada à linha de investigação em Administração Pública ao oferecer uma análise crítica e propositiva sobre a implementação do mercado de carbono no Brasil, considerando a interseção entre regulação estatal, governança climática e políticas públicas. Ao sistematizar experiências internacionais e propor diretrizes adaptadas ao contexto nacional, o estudo contribui para o avanço do conhecimento científico na área, fortalecendo o papel da Administração Pública na mediação de interesses e na promoção do desenvolvimento sustentável.

Esta pesquisa visa contribuir para o debate acadêmico e legislativo, oferecendo recomendações práticas e fundamentadas para a formulação de políticas públicas eficientes no combate às mudanças climáticas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

As mudanças climáticas, resultantes de variações naturais e atividades humanas, têm se intensificado desde a Revolução Industrial, tornando-se uma questão central na política global. A crescente preocupação com os impactos das mudanças climáticas levou ao desenvolvimento de mercados de carbono como uma estratégia para reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE). Este capítulo explora o histórico das mudanças climáticas, suas causas e impactos, fornecendo o contexto necessário para entender a importância dos mercados de carbono.

2.1 Mudanças Climáticas

As mudanças climáticas representam uma alteração no clima da Terra ao longo do tempo, causada por fatores naturais e atividades humanas. Esta seção aborda o histórico das mudanças climáticas, discutindo eventos passados que moldaram o clima atual e fornecendo uma base para compreender as ações de mitigação.

Desde o início da era industrial, o clima da Terra tem passado por mudanças . No século XIX, a Revolução Industrial marcou o início de um aumento substancial na emissão de gases de efeito estufa, como dióxido de carbono (CO2) e metano (CH4), provenientes da queima de combustíveis fósseis (Cenamo, 2004). Esse aumento nas emissões intensificou o efeito estufa natural, resultando em um aquecimento global gradual.

Os primeiros estudos científicos sobre mudanças climáticas datam do final do século XIX, quando o químico sueco Svante Arrhenius sugeriu que as emissões de CO2 poderiam aquecer a Terra. No entanto, foi apenas nas décadas de 1950 e 1960 que pesquisas mais detalhadas começaram a emergir, com o trabalho de cientistas como Charles Keeling, que demonstrou um aumento constante nos níveis de CO2 atmosférico (Godoy; Saes, 2015)

Os últimos anos têm sido marcados pelo aumento das temperaturas globais. Dados do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) indicam que a temperatura média global aumentou cerca de 1,1°C desde o final do século XIX, com a maior parte desse aumento ocorrendo nas últimas décadas. Esse

aquecimento tem sido associado a uma série de fenômenos climáticos extremos, como ondas de calor, secas e inundações (Oliveira, 2021).

Os registros de gelo da Antártida e da Groenlândia fornecem uma visão detalhada das mudanças climáticas ao longo de milhares de anos. Estes registros mostram que houve períodos de aquecimento e resfriamento naturais, mas o ritmo atual de aquecimento é sem precedentes nos últimos 800.000 anos. A evidência sugere que a atividade humana, especialmente a emissão de GEE, é o principal fator impulsionador dessas mudanças rápidas (Barreto; Freitas; Paiva, 2009).

A década de 1980 marcou um ponto de virada, com a criação do IPCC em 1988. O IPCC tem desempenhado um papel importante na avaliação das evidências científicas sobre mudanças climáticas, fornecendo relatórios detalhados que informam políticas globais e nacionais. A Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em 1992, e o Protocolo de Quioto de 1997 são marcos importantes nos esforços globais para combater as mudanças climáticas (Cenamo, 2004).

A aceleração das mudanças climáticas nas últimas décadas é evidente em vários indicadores, como a elevação do nível do mar, o derretimento das geleiras e o aumento da frequência de eventos climáticos extremos. Estes impactos são documentados e têm implicações para os ecossistemas naturais e as comunidades humanas. A ciência climática tem avançado, permitindo uma melhor compreensão das causas e consequências das mudanças climáticas (Oliveira, 2021).

A era pós-2000 tem visto uma intensificação dos esforços para mitigar as mudanças climáticas, com a adoção do Acordo de Paris em 2015. Este acordo global visa limitar o aumento da temperatura global a bem abaixo de 2°C em relação aos níveis pré-industriais e esforçar-se para limitar o aumento a 1,5°C. O Acordo de Paris reflete um compromisso coletivo de países ao redor do mundo para reduzir as emissões de GEE e aumentar a resiliência às mudanças climáticas (Oliveira, 2021).

Os impactos das mudanças climáticas são particularmente severos para os países em desenvolvimento, que muitas vezes são menos capazes de se adaptar aos efeitos adversos. Eventos como a seca prolongada na região do Sahel na África e as inundações recorrentes no sul da Ásia destacam a vulnerabilidade dessas regiões. A adaptação às mudanças climáticas e a mitigação de seus impactos são, portanto, questões cruciais de justiça e equidade global (Godoy; Saes, 2015)

A percepção pública das mudanças climáticas tem evoluído ao longo do tempo, com um aumento na conscientização e no ativismo. Movimentos como o Fridays for Future, iniciado por Greta Thunberg, e campanhas globais de desinvestimento em combustíveis fósseis têm pressionado governos e empresas a tomar medidas mais ambiciosas para reduzir as emissões de GEE. Esta crescente conscientização pública é um fator importante para a implementação de políticas climáticas eficazes (Basso; Delfino, 2015)

Em resumo, o histórico das mudanças climáticas destaca a urgência de ações globais coordenadas para mitigar os impactos das emissões de GEE. A compreensão das causas e consequências das mudanças climáticas, bem como os esforços históricos para combatê-las, fornecem uma base para o desenvolvimento de políticas eficazes e sustentáveis, incluindo os mercados de carbono (Cenamo, 2004).

As mudanças climáticas são impulsionadas por uma combinação de fatores antropogênicos (resultantes das atividades humanas) e naturais. Esta seção examina essas causas, destacando as contribuições específicas de cada fator para o aquecimento global.

As atividades humanas são a principal causa das mudanças climáticas observadas nas últimas décadas. A queima de combustíveis fósseis, como carvão, petróleo e gás natural, para geração de energia, transporte e indústrias, é a maior fonte de emissões de dióxido de carbono (CO2) (Assunção, Merlin, 2022). Essas emissões aumentam a concentração de CO2 na atmosfera, intensificando o efeito estufa e contribuindo para o aquecimento global.

A desflorestação, principalmente em regiões tropicais, também contribui para as emissões de CO2. Quando florestas são derrubadas para agricultura, pastagem ou urbanização, o carbono armazenado nas árvores é liberado na atmosfera. Além disso, a perda de florestas reduz a capacidade da Terra de absorver CO2, exacerbando ainda mais o efeito estufa (Barreto; Freitas; Paiva, 2009).

A agricultura é uma fonte importante de emissões de gases de efeito estufa, incluindo metano (CH4) e óxido nitroso (N2O). O metano é produzido durante a digestão dos ruminantes, como vacas e ovelhas, e também pela decomposição anaeróbica de matéria orgânica em arrozais. O óxido nitroso é liberado pelo uso de fertilizantes nitrogenados no solo. Esses gases têm um potencial de aquecimento

global muito maior do que o CO2, embora sejam emitidos em quantidades menores (Godoy; Saes, 2015)

As atividades industriais contribuem para as emissões de GEE. A produção de cimento, a siderurgia e a fabricação de produtos químicos são processos que liberam grandes quantidades de CO2 e outros gases. Melhorar a eficiência energética e adotar tecnologias mais limpas nessas indústrias são passos essenciais para reduzir suas emissões (Delgado, Altheman, 2007).

Os resíduos sólidos também são uma fonte de emissões de metano. A decomposição de matéria orgânica em aterros sanitários libera metano, um gás com um potencial de aquecimento global 25 vezes maior que o CO2. A gestão adequada dos resíduos, incluindo a reciclagem, compostagem e a captura de metano para geração de energia, pode ajudar a mitigar essas emissões (Basso; Delfino, 2015)

Além dos fatores antropogênicos, existem causas naturais que influenciam o clima da Terra. A variação na atividade solar, por exemplo, pode alterar a quantidade de energia solar recebida pela Terra. Durante períodos de alta atividade solar, mais radiação solar atinge a Terra, o que contribui para o aquecimento. No entanto, as mudanças na atividade solar não explicam o aquecimento rápido observado nas últimas décadas (Godoy; Saes, 2015)

As erupções vulcânicas são outro fator natural que afetam o clima. Quando vulcões entram em erupção, eles liberam grandes quantidades de partículas de cinzas e gases como dióxido de enxofre (SO2) na atmosfera. Essas partículas refletem a radiação solar de volta ao espaço, causando um resfriamento temporário da superfície da Terra. No entanto, esse efeito é geralmente de curta duração e não explica as tendências de aquecimento a longo prazo (Barreto; Freitas; Paiva, 2009).

Os ciclos naturais, como o El Niño e La Niña, também influenciam as condições climáticas globais. El Niño é um fenômeno climático que ocorre no Oceano Pacífico e causa aquecimento das águas superficiais, afetando os padrões de clima em todo o mundo. La Niña, por outro lado, está associada ao resfriamento das águas do Pacífico. Esses ciclos causam variações anuais nas temperaturas e padrões de precipitação, mas não explicam as tendências de aquecimento a longo prazo (Godoy; Saes, 2015)

As mudanças na órbita da Terra, conhecidas como ciclos de Milankovitch, também desempenham um papel nas mudanças climáticas naturais. Esses ciclos, que ocorrem em escalas de tempo de dezenas a centenas de milhares de anos,

afetam a quantidade de radiação solar que a Terra recebe, influenciando os períodos de glaciação e interglaciação. No entanto, as mudanças observadas no clima moderno são muito rápidas para serem explicadas por esses ciclos naturais (Delgado, Altheman, 2007).

Finalmente, os feedbacks climáticos, como a perda de gelo marinho e a liberação de metano do permafrost amplificam as mudanças climáticas. À medida que o gelo marinho derrete, menos radiação solar é refletida de volta ao espaço, resultando em mais aquecimento. A liberação de metano do permafrost derretido também acelera o aquecimento global (Basso; Delfino, 2015)

As mudanças climáticas têm efeitos em todo o mundo. Esses impactos incluem alterações nos padrões climáticos, aumento da frequência e intensidade de eventos extremos, elevação do nível do mar, e consequências para a biodiversidade e os ecossistemas.

As temperaturas globais médias aumentaram, levando a verões mais quentes, invernos menos rigorosos e alterações nos padrões de precipitação. Regiões como o Ártico estão aquecendo duas vezes mais rápido que a média global, resultando no derretimento acelerado das calotas polares e geleiras. Isso contribui diretamente para a elevação do nível do mar, que ameaça áreas costeiras em todo o mundo (Oliveira, 2021).

Os eventos climáticos extremos, como furacões, secas, inundações e ondas de calor, estão se tornando mais frequentes e severos devido às mudanças climáticas. A maior frequência e intensidade desses eventos causam destruição, impactando a infraestrutura, a agricultura e a segurança alimentar. Por exemplo, as secas prolongadas na África e os incêndios florestais na Austrália são manifestações diretas das alterações climáticas globais (Godoy; Saes, 2015)

A elevação do nível do mar é uma das consequências mais preocupantes das mudanças climáticas, resultando do derretimento de geleiras e da expansão térmica da água do mar. As comunidades costeiras, especialmente em países insulares e regiões de baixa altitude, enfrentam um risco elevado de inundações, erosão costeira e salinização dos aquíferos. Essas mudanças forçam a migração de populações, aumentando o número de refugiados climáticos e gerando tensões socioeconômicas (Oliveira, 2021).

A biodiversidade também é severamente afetada pelas mudanças climáticas. Muitas espécies estão enfrentando alterações nos seus habitats, mudanças nos

padrões de migração e reprodução, e extinção local. Os recifes de corais, por exemplo, sofrem com o branqueamento devido ao aumento das temperaturas oceânicas, afetando a vida marinha que depende desses ecossistemas. As florestas tropicais, como a Amazônia, enfrentam secas mais frequentes e incêndios florestais, ameaçando a rica biodiversidade dessas áreas (Godoy; Saes, 2015)

As mudanças climáticas também têm impactos diretos na saúde humana. O aumento das temperaturas agrava as condições médicas existentes e cria novas ameaças, como o aumento da incidência de doenças transmitidas por vetores, como a malária e a dengue. As ondas de calor são particularmente perigosas para populações vulneráveis, como idosos e crianças, aumentando as taxas de mortalidade e hospitalização durante eventos extremos (Basso; Delfino, 2015)

A agricultura e a segurança alimentar estão sob ameaça devido às mudanças nos padrões de precipitação e à ocorrência de eventos climáticos extremos. As secas reduzem a produtividade agrícola, enquanto as inundações destroem colheitas e infraestrutura agrícola. A mudança nos padrões climáticos também afeta a disponibilidade de água, essencial para a irrigação e a produção de alimentos, exacerbando a insegurança alimentar em muitas regiões (Oliveira, 2021).

Os impactos econômicos das mudanças climáticas são importantes. Os desastres naturais causados por eventos climáticos extremos resultam em perdas econômicas substanciais, afetando setores como agricultura, pesca, turismo e infraestrutura. As economias dependentes de recursos naturais são particularmente vulneráveis, e os custos de adaptação e mitigação são elevados, exigindo investimentos dos governos e do setor privado (Godoy; Saes, 2015)

A segurança e os conflitos também estão relacionados às mudanças climáticas. A competição por recursos escassos, como água e terras aráveis, aumenta a tensão entre comunidades e países, levando a conflitos. A migração forçada devido a desastres naturais e degradação ambiental também desestabiliza regiões, criando crises humanitárias e de segurança (Basso; Delfino, 2015)

As regiões polares são particularmente vulneráveis às mudanças climáticas. O derretimento do gelo marinho no Ártico está abrindo novas rotas marítimas e áreas de exploração de recursos, mas também ameaça os ecossistemas polares e as comunidades indígenas que dependem do gelo para sua subsistência. A Antártida também está perdendo massa de gelo, contribuindo para a elevação do nível do mar e impactando o clima global (Oliveira, 2021).

Por fim, os impactos culturais e sociais das mudanças climáticas são profundos. Comunidades que dependem de práticas tradicionais, como pesca e agricultura, estão vendo suas formas de vida ameaçadas. A perda de terras e a necessidade de migração levar à perda de identidade cultural e tradições. A resposta global às mudanças climáticas deve considerar não apenas os aspectos ambientais e econômicos, mas também os impactos humanos e sociais (Godoy; Saes, 2015)

2.2 Mercado de Carbono: definições iniciais

2.2.1 Definição de Mercado de Carbono

O mercado de carbono é um sistema de negociação de permissões de emissão de gases de efeito estufa (GEE), onde os limites máximos de emissões são estabelecidos e as empresas podem comprar ou vender permissões de emissão dentro desse limite. Esse sistema é projetado para reduzir as emissões totais de GEE de maneira eficiente e econômica, promovendo uma redução gradual das emissões ao longo do tempo (Assunção, Merlin, 2022).

No coração do mercado de carbono está o conceito de créditos de carbono. Um crédito de carbono representa a permissão para emitir uma tonelada de dióxido de carbono equivalente (CO2e). Empresas que emitem menos GEE do que o permitido podem vender seus créditos excedentes a empresas que precisam de permissões adicionais, criando um incentivo financeiro para reduzir as emissões (Basso; Delfino, 2015)

O mercado de carbono é dividido em duas categorias principais: mercados regulados e mercados voluntários. Os mercados regulados são estabelecidos por políticas governamentais, como o Sistema de Comércio de Emissões da União Europeia (EU ETS), enquanto os mercados voluntários são impulsionados por iniciativas de empresas e organizações que desejam compensar suas emissões voluntariamente (Delazeri; Rivero, 2008).

A implementação de um mercado de carbono depende de um sistema de Cap-And-Trade, onde um "cap" é definido para as emissões totais permitidas. As empresas recebem ou compram permissões de emissão dentro desse limite. O "trade" ocorre quando essas permissões podem ser negociadas entre as empresas,

permitindo que aquelas que emitirem menos do que seu limite vendam créditos excedentes para aquelas que precisam de emissões adicionais. Esse mecanismo incentiva economicamente a redução de emissões, ao mesmo tempo que permite flexibilidade para os setores produtivos. Dessa forma, cria-se um mercado dinâmico onde o preço do carbono é determinado pela oferta e demanda (Godoy; Saes, 2015)

Os mercados de carbono também incentivam o desenvolvimento de tecnologias limpas. Empresas que investem em tecnologias para reduzir suas emissões podem vender os créditos de carbono resultantes, tornando essas tecnologias economicamente viáveis. Além disso, projetos que removem CO2 da atmosfera, como reflorestamento e captura de carbono, podem gerar créditos adicionais (Cenamo, 2004).

Para que o mercado de carbono funcione efetivamente é essencial que haja regulamentação e mecanismos de monitoramento. Isso garante que as reduções de emissões sejam reais e verificáveis, prevenindo fraudes e garantindo a integridade do mercado (Oliveira, 2021).

O mercado de carbono também tem impactos sociais. Ao criar um valor econômico para a redução de emissões, ele promove o desenvolvimento sustentável e gerar empregos em setores como energia renovável e eficiência energética. No entanto, é importante que as políticas sejam projetadas para evitar impactos negativos, como o aumento dos custos de energia para consumidores vulneráveis (Vargas, 2024).

A definição e operação do mercado de carbono variam entre diferentes jurisdições. Enquanto alguns países têm sistemas bem estabelecidos, outros estão apenas começando a explorar essa abordagem. A diversidade de abordagens proporciona fonte de aprendizado para países como o Brasil, que estão desenvolvendo suas próprias políticas (Delgado, Altheman, 2007).

A transparência e a integridade ambiental são pilares para o sucesso do mercado de carbono. Governos e organizações internacionais buscam garantir que os mercados operem de maneira justa e eficaz, estabelecendo padrões claros e promovendo a cooperação internacional (Moreira; Silva, 2022).

Finalmente, o mercado de carbono é uma ferramenta na luta global contra as mudanças climáticas. Ao alinhar incentivos econômicos com objetivos ambientais, ele oferece uma abordagem flexível e escalável para reduzir as emissões de GEE,

contribuindo para a meta de limitar o aumento da temperatura global a 1,5°C acima dos níveis pré-industriais, conforme estipulado pelo Acordo de Paris (Vital, 2018).

2.2.2 Histórico e evolução do Mercado de Carbono

A origem do mercado de carbono remonta ao Protocolo de Quioto, adotado em 1997, que estabeleceu compromissos obrigatórios de redução de emissões para os países desenvolvidos. Esse protocolo introduziu mecanismos de flexibilidade, como o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e a Implementação Conjunta (IC), que permitiram a criação de créditos de carbono negociáveis (Cenamo, 2004).

O Sistema de Comércio de Emissões da União Europeia (EU ETS), lançado em 2005 é o maior e mais bem-sucedido mercado de carbono do mundo. Ele abrange mais de 11.000 instalações industriais e é responsável por cerca de 45% das emissões de GEE da UE. O sucesso do EU ETS tem servido de modelo para outros sistemas de comércio de emissões ao redor do mundo (Castro, 2023).

Nos Estados Unidos, o mercado de carbono evoluiu de forma fragmentada, com iniciativas regionais como o Western Climate Initiative (WCI) e o Regional Greenhouse Gas Initiative (RGGI). Essas iniciativas demonstram a viabilidade de mercados de carbono em diferentes contextos regulatórios e econômicos, apesar da falta de uma política nacional uniforme (Oliveira, 2021).

A China lançou seu mercado nacional de carbono em 2021, que rapidamente se tornou o maior do mundo em termos de volume de emissões cobertas. Este mercado é uma peça central da estratégia da China para atingir a neutralidade de carbono até 2060. A experiência da China mostra a importância de uma abordagem gradual, começando com setores específicos antes de expandir para cobrir toda a economia (Godoy; Saes, 2015)

No Brasil, o debate sobre o mercado de carbono ganhou força coma a aprovação da Lei n.° 15.042/2024. Embora o Brasil já tenha participado do MDL sob o Protocolo de Quioto e já tenha aprovado o Sistema Brasileiro de Emissões, a implementação do mercado de carbono nacional ainda está em estágio inicial. A legislação estabelece um sistema de Cap-And-Trade, inspirado nos modelos internacionais (Assunção, Merlin, 2022).

Ao longo dos anos, diversos países têm experimentado diferentes modelos de mercado de carbono, ajustando e refinando suas abordagens com base em lições

aprendidas. A evolução contínua desses mercados reflete a necessidade de adaptação às mudanças nas condições econômicas, tecnológicas e políticas (Vital, 2018).

A experiência global mostra que um mercado de carbono bem-sucedido depende de vários fatores, incluindo a clareza regulatória, a transparência na monitorização e verificação das emissões, e a participação ativa dos principais setores emissores. Esses elementos são cruciais para garantir a integridade ambiental e a eficácia econômica do sistema (Delazeri; Rivero, 2008).

A interconectividade dos mercados de carbono está se tornando uma tendência emergente, com iniciativas para ligar diferentes sistemas regionais. Isso aumenta a liquidez do mercado, reduzir os custos de conformidade e promover uma maior harmonização das políticas climáticas globais. No entanto, a harmonização também traz desafios, como a necessidade de alinhar diferentes padrões e regulamentos (Delgado, Altheman, 2007).

A evolução do mercado de carbono também é influenciada pelos avanços tecnológicos. Tecnologias emergentes, como blockchain e inteligência artificial, estão sendo exploradas para melhorar a transparência e a eficiência das transações de carbono. Essas inovações contribuem na superação de algumas das limitações atuais e a tornar os mercados de carbono mais acessíveis e confiáveis (Vargas, 2024).

Em resumo, o histórico e a evolução do mercado de carbono demonstram um progresso, mas também desafios contínuos. O aprendizado coletivo e a colaboração internacional são essenciais para refinar e expandir esses mercados, garantindo que eles possam contribuir de maneira eficaz para a mitigação das mudanças climáticas globais (Oliveira, 2021).

2.2.3 Teorias e conceitos relevantes

O mercado de carbono tem sido objeto de intensa pesquisa e análise por parte de diversos autores, estudiosos e pesquisadores ao longo dos anos. Estes especialistas têm se debruçado sobre os mecanismos que possibilitam a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) de maneira econômica e eficiente, resultando na formulação de várias teorias e conceitos que sustentam o funcionamento desse mercado. Esses estudos fornecem uma base teórica,

essencial para a criação de políticas eficazes e a implementação de sistemas de comércio de emissões.

As diversas teorias emergentes desses estudos abordam desde a internalização dos custos ambientais até a necessidade de cooperação internacional para a gestão de bens públicos globais. Elas também exploram os incentivos econômicos que motivam empresas a adotarem tecnologias limpas e práticas mais sustentáveis, além de discutir os princípios éticos e de justiça ambiental que devem orientar a responsabilidade pelos impactos das emissões de GEE. A análise desses conceitos leva à compreensão de como os mercados de carbono devem ser estruturados para alcançar a redução nas emissões e promover um desenvolvimento econômico sustentável.

Algumas das teorias mais atuais e relevantes para a compreensão do mercado de carbono são discutidas a seguir. Essas teorias buscam explicar as razões pelas quais essas políticas são necessárias e orientam sua aplicação prática, ao suscitar as melhores práticas e desafios potenciais. O uso da análise dessas contribuições teóricas possibilita a construção de um entendimento mais profundo e holístico do mercado de carbono e seu papel na mitigação das mudanças climáticas globais.

Teoria das Externalidades Negativas

A teoria das externalidades negativas é central para a compreensão do mercado de carbono. Externalidades são efeitos colaterais ou consequências de atividades econômicas que afetam terceiros e não são refletidas nos custos de mercado. No caso das externalidades negativas, como a poluição por gases de efeito estufa (GEE), esses custos são impostos à sociedade em geral e ao meio ambiente, sem serem incorporados ao preço dos produtos e serviços que causam as emissões (Basso; Delfino, 2015)

A ideia de internalizar as externalidades negativas significa incorporar esses custos externos no preço dos produtos e serviços, incentivando as empresas a reduzir suas emissões. O mercado de carbono faz isso ao atribuir um custo às emissões de GEE, criando um incentivo econômico para que as empresas busquem alternativas mais limpas. Essa internalização importa para corrigir falhas de mercado

onde os custos sociais e ambientais não são considerados nas decisões econômicas (Godoy; Saes, 2015)

A teoria das externalidades negativas também explica por que as intervenções governamentais são necessárias. Sem regulamentação, as empresas não têm incentivos para reduzir suas emissões voluntariamente, uma vez que os custos são suportados pela sociedade e pelo meio ambiente. A implementação de um mercado de carbono impõe uma estrutura de incentivos que alinha os interesses privados com os objetivos sociais e ambientais (Cenamo, 2004).

Além disso, essa teoria destaca a importância de estabelecer limites claros para as emissões (o "cap" no sistema de Cap-And-Trade). Ao definir um limite para as emissões totais permitidas, o governo pode controlar o nível de externalidades negativas e garantir que as reduções de emissões sejam alcançadas de forma eficiente. Esse limite é reduzido ao longo do tempo, promovendo uma transição gradual para uma economia de baixo carbono (Delazeri; Rivero, 2008).

Finalmente, a teoria das externalidades negativas sublinha a necessidade de um monitoramento rigoroso e de mecanismos de verificação para assegurar que as reduções de emissões sejam reais e verificáveis. Sem esses mecanismos, o mercado de carbono fica vulnerável a fraudes e manipulações, comprometendo sua eficácia e a integridade ambiental (Oliveira, 2021).

Teoria dos Bens Públicos

A teoria dos bens públicos é outra base teórica fundamental para o mercado de carbono. Um bem público é caracterizado pela não-exclusividade e pela não-rivalidade, o que significa que o consumo do bem por uma pessoa não reduz a disponibilidade para outros, e ninguém deve ser excluído de seu uso. O clima estável é um exemplo clássico de bem público global (Godoy; Saes, 2015)

A teoria dos bens públicos ajuda a explicar por que a regulação das emissões de GEE requer cooperação internacional. Como os benefícios de um clima estável são compartilhados globalmente, todos os países têm um interesse comum em reduzir as emissões. No entanto, sem um mecanismo para coordenar esses esforços, cada país pode tem o incentivo de “andar de carona” nos esforços dos outros, beneficiando-se das reduções de emissões sem contribuir para elas (Delazeri; Rivero, 2008).

A criação de mercados de carbono internacionais, como o Sistema de Comércio de Emissões da União Europeia (EU ETS), é uma tentativa de resolver esse problema de coordenação. Esses mercados proporcionam uma estrutura para que os países colaborem na redução das emissões, estabelecendo metas comuns e permitindo a negociação de permissões de emissão. Isso ajuda a alinhar os incentivos dos países com os objetivos globais de redução de emissões (Castro, 2023).

A teoria dos bens públicos também destaca a importância de mecanismos de financiamento e apoio para os países em desenvolvimento. Muitos desses países enfrentam desafios consideráveis na implementação de políticas de redução de emissões devido a limitações financeiras e tecnológicas. Programas de assistência técnica e financeira ajudam a superar esses obstáculos, garantindo que todos os países possam participar efetivamente dos esforços globais para combater as mudanças climáticas (Delgado, Altheman, 2007).

Finalmente, essa teoria sugere que a colaboração internacional e a troca de informações são essenciais para o sucesso dos mercados de carbono. A partilha de melhores práticas, tecnologias e experiências contribuirão para o aprimoramento das políticas e a aumentar a eficácia dos mercados de carbono, promovendo uma transição global para uma economia de baixo carbono (Vargas, 2024).

Conceito de Cap-And-Trade

O conceito de Cap-And-Trade é central para o funcionamento do mercado de carbono. O "cap" refere-se a um limite máximo para as emissões de GEE que é imposto a um grupo de emissores, enquanto o "trade" permite que as empresas negociem permissões de emissão entre si. Este sistema cria um incentivo econômico para que as empresas reduzam suas emissões de forma eficiente (Cenamo, 2004).

O limite de emissões (cap) é reduzido ao longo do tempo, pressionando as empresas a buscar continuamente formas de diminuir suas emissões. As empresas que conseguem reduzir suas emissões abaixo do limite podem vender suas permissões excedentes a outras empresas que precisam de permissões adicionais. Isso cria um mercado dinâmico onde o preço do carbono é determinado pela oferta e demanda (Delazeri; Rivero, 2008).

Tietenberg (2013) afirma que cada permissão concede ao seu detentor o direito de emitir uma tonelada de CO_2 equivalente. O número total de permissões não pode ultrapassar o teto definido pelo regulador, garantindo que o objetivo ambiental seja alcançado. O comércio permite que o custo de redução de emissões seja minimizado entre todas as firmas. O preço das permissões cria um sinal de mercado: empresas que conseguem reduzir emissões a baixo custo podem vender seus créditos, enquanto outras enfrentam custos se não reduzirem. Isso estimula eficiência e inovação tecnológica.

Um dos principais benefícios do sistema Cap-And-Trade é sua flexibilidade. Ao permitir que as empresas negociem permissões, o sistema garante que as reduções de emissões ocorram onde são mais econômicas. Empresas com custos de redução mais baixos podem vender permissões para aquelas com custos mais altos, resultando em uma redução total de emissões de forma mais eficiente em termos de custo (Godoy; Saes, 2015). O sistema oferece flexibilidade temporal (banking e borrowing de permissões) e setorial, permitindo que empresas escolham entre investir em tecnologia limpa ou comprar permissões no mercado, tornando o processo de redução de emissões mais eficiente do ponto de vista econômico. (Tietenberg, 2013)

Além disso, o sistema Cap-And-Trade incentiva a inovação tecnológica. Empresas que investem em tecnologias limpas reduzem suas emissões de forma mais eficaz e lucrar vendendo suas permissões excedentes. Isso cria um ciclo virtuoso de investimento em tecnologias sustentáveis, contribuindo para uma economia de baixo carbono (Oliveira, 2021).

No entanto, para que o sistema Cap-And-Trade funcione de maneira eficaz, é essencial que haja regulamentação e monitoramento. As permissões de emissão devem ser claramente definidas e verificáveis e as reduções de emissões devem ser monitoradas para garantir a integridade do mercado. Sem esses mecanismos, o sistema fica vulnerável a fraudes e manipulações (Vargas, 2024).

Teoria dos Incentivos

A teoria dos incentivos deve ser considerada para entender como os mercados de carbono reduzem as emissões de GEE. Ao criar um incentivo financeiro para a redução de emissões, os mercados de carbono alinham os

interesses econômicos das empresas com os objetivos ambientais da sociedade. Isso é alcançado mediante da atribuição de um preço ao carbono, que reflete o custo social das emissões de GEE (Delazeri; Rivero, 2008).

Os mercados de carbono incentivam as empresas a adotarem tecnologias e práticas mais limpas, pois as empresas que conseguem reduzir suas emissões de maneira eficiente podem vender seus créditos excedentes e obter lucros. Esse mecanismo de mercado incentiva a inovação e o investimento em tecnologias verdes, promovendo uma transição para uma economia de baixo carbono (Godoy; Saes, 2015).

Além dos incentivos financeiros, os mercados de carbono também criam incentivos regulatórios. As empresas são obrigadas a cumprir os limites de emissão estabelecidos, e aquelas que não conseguem reduzir suas emissões devem comprar permissões adicionais, aumentando seus custos operacionais. Isso cria um forte incentivo para a conformidade com as regulamentações ambientais e a adoção de práticas mais sustentáveis (Oliveira, 2021).

A teoria dos incentivos também explica como os mercados de carbono geramm gerar benefícios econômicos adicionais. Ao criar um mercado para permissões de emissão, novas oportunidades de negócio surgem, desde a negociação de créditos de carbono até o desenvolvimento de tecnologias de redução de emissões. Isso leva à criação de empregos verdes e ao crescimento de novos setores econômicos (Vital, 2018).

No entanto, é importante garantir que os incentivos estejam corretamente alinhados. A definição inadequada dos limites de emissão ou a falta de mecanismos de verificação compromete a eficácia dos mercados de carbono. A política deve ser cuidadosamente desenhada para garantir que os incentivos financeiros e regulatórios promovam genuinamente a redução das emissões e a proteção ambiental (Vargas, 2024).

Princípio do Poluidor-Pagador

O princípio do poluidor-pagador estabelece que aqueles que causam poluição devem arcar com os custos das suas ações. Esse princípio é fundamental para a política ambiental e é aplicado nos mercados de carbono ao atribuir um custo às

emissões de GEE. Isso incentiva as empresas a reduzir suas emissões e a internalizar os custos ambientais de suas atividades (Godoy; Saes, 2015)

Ao aplicar o princípio do poluidor-pagador, os mercados de carbono buscam corrigir uma falha de mercado onde os custos da poluição não são refletidos nos preços de mercado. As empresas são responsabilizadas por suas emissões, e o custo das permissões de emissão reflete o custo social das emissões de GEE. Isso cria um incentivo econômico para a redução das emissões e a adoção de práticas mais sustentáveis (Cenamo, 2004).

O princípio do poluidor-pagador também promove a equidade ambiental. Ao assegurar que os poluidores paguem pelos danos ambientais que causam, o princípio ajuda a garantir que os custos da poluição não sejam injustamente repassados para a sociedade em geral ou para grupos vulneráveis. Isso é particularmente importante em contextos onde a poluição afeta desproporcionalmente comunidades de baixa renda (Delazeri; Rivero, 2008).

A aplicação desse princípio nos mercados de carbono é complexa, pois requer um sistema de monitoramento e verificação das emissões. As permissões de emissão devem ser claramente definidas e os mecanismos de cumprimento devem ser rigorosos para garantir que as empresas estejam realmente reduzindo suas emissões. Isso exige uma infraestrutura regulatória bem desenvolvida e uma forte capacidade de fiscalização (Oliveira, 2021).

Finalmente, o princípio do poluidor-pagador contribui para a aceitação social e política dos mercados de carbono. Ao assegurar que os poluidores são responsabilizados pelos custos ambientais de suas ações, o princípio ajuda a construir apoio público para as políticas de mercado de carbono. Isso facilita a implementação e a expansão dessas políticas, promovendo uma transição mais rápida para uma economia de baixo carbono (Vargas, 2024).

2.2.4 Mercado regulado e mercado voluntário de carbono: benefícios e desafios

Os mercados de carbono são uma ferramenta essencial na mitigação das mudanças climáticas, incentivando a redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE). Existem dois tipos principais de mercados de carbono: regulados e voluntários. Ambos têm benefícios e desafios únicos que afetam sua implementação e eficácia.

Os mercados regulados de carbono, ou sistemas de comércio de emissões (ETS), são estabelecidos por políticas governamentais que impõem limites obrigatórios de emissões de GEE para setores específicos. Empresas que excedem seus limites devem comprar permissões de emissão de outras que emitiram menos. Um dos principais benefícios dos mercados regulados é a redução certificada de emissões, uma vez que os limites são estabelecidos por lei e monitorados rigorosamente. Este sistema proporciona um incentivo para a inovação, pois as empresas buscam maneiras mais eficientes de reduzir suas emissões para evitar custos adicionais (Assunção, Merlin, 2022).

Além disso, os mercados regulados oferecem flexibilidade econômica, permitindo que as empresas escolham a forma mais econômica de cumprir seus requisitos de redução de emissões, seja por meio de melhorias tecnológicas ou comprando permissões de emissão. No entanto, a implementação e administração de mercados regulados são complexas, exigindo um marco regulatório e mecanismos eficazes de monitoramento e verificação (Godoy; Saes, 2015). Outro desafio é a distribuição inicial das permissões de emissão, que pode favorecer certas empresas, criando desigualdades competitivas.

O risco de fraude e manipulação também é uma preocupação nos mercados regulados, destacando a necessidade de monitoramento rigoroso. Sem isso, a credibilidade do mercado será comprometida, reduzindo sua eficácia na mitigação das mudanças climáticas. A União Europeia, com seu Sistema de Comércio de Emissões (EU ETS), ilustra tanto os benefícios quanto os desafios dos mercados regulados. Desde seu lançamento em 2005, o EU ETS foi importante na redução das emissões de GEE na Europa, mas também enfrentou críticas quanto à alocação inicial de permissões e à integridade do mercado (Castro, 2023).

Os mercados voluntários de carbono, por outro lado, permitem que empresas e indivíduos compensem suas emissões comprando créditos de carbono de projetos certificados que reduzem ou removem GEE da atmosfera. Esses mercados são frequentemente usados por empresas que desejam demonstrar seu compromisso com a sustentabilidade além do que é exigido por lei. Um dos principais benefícios dos mercados voluntários é a flexibilidade que oferecem, permitindo que empresas de diferentes setores e tamanhos participem conforme suas necessidades e capacidades (Delgado, Altheman, 2007).

Além disso, os mercados voluntários têm condições de financiarem projetos de redução de emissões em regiões onde os mercados regulados ainda não foram implementados, promovendo o desenvolvimento sustentável global. No entanto, a falta de regulamentação rigorosa nos mercados voluntários pode levar a preocupações sobre a qualidade e a veracidade dos créditos de carbono vendidos. A credibilidade desses mercados depende de padrões de certificação e de transparência nas transações (Basso; Delfino, 2015)

Outro desafio dos mercados voluntários é garantir que as reduções de emissões sejam adicionais, ou seja, que os projetos financiados não teriam ocorrido sem o financiamento dos créditos de carbono. Isso requer uma avaliação cuidadosa e um monitoramento contínuo para evitar a prática de "greenwashing", onde as empresas reivindicam reduções de emissões sem fazer grandes mudanças em suas operações. Exemplos de mercados voluntários bem-sucedidos incluem o Projeto de Carbono Verificado (VCS) e o Padrão Ouro, que estabelecem critérios rigorosos para a certificação de projetos de carbono (Godoy; Saes, 2015)

Em resumo, tanto os mercados regulados quanto os voluntários de carbono têm papéis importantes a desempenhar na mitigação das mudanças climáticas. Os mercados regulados oferecem garantias de redução de emissões e incentivos para a inovação, mas enfrentam desafios regulatórios e de monitoramento. Os mercados voluntários proporcionam flexibilidade e possibiltam financiamento de projetos em áreas não cobertas por regulamentações, mas precisam de padrões rigorosos para manter sua credibilidade. A combinação de ambos os tipos de mercado oferece uma abordagem abrangente e eficaz para a redução global das emissões de GEE.

2.3 Da Seleção de Mercados de Créditos de Carbono Para a Pesquisa

A análise de casos concretos de mercados de carbono é essencial para compreender as melhores práticas e desafios enfrentados na implementação desses sistemas. Este estudo tem seu foco em exemplos já operantes de mercados de carbono regulados e voluntários em diferentes locais, fornecendo uma base sólida para a adaptação e implementação no contexto brasileiro.

Os casos selecionados incluem a União Europeia, com seu Sistema de Comércio de Emissões (EU ETS), a Califórnia, com o Cap-And-Trade Program, e a China, com seu Sistema Nacional de Comércio de Emissões. Esses exemplos foram

escolhidos devido à sua influência global, complexidade e resultados positivos na redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE).

Juntos, China, Estados Unidos e União Europeia respondem por 60% do PIB mundial e são os maiores emissores de dióxido de carbono do mundo, emitindo coletivamente quase metade dos gases de efeito estufa do mundo. A China, o maior emissor, foi responsável por 26% das emissões globais em 2019 devido à sua enorme economia e ao seu papel como exportador líquido de produtos manufaturados produzidos por processos altamente emissores (Bown; Clausing, 2023). Assim, analisar esses três mercados de carbono operantes revela-se de fundamental importância, pois juntas, elas representam uma parcela grande do total global de gases de efeito estufa, de modo que qualquer avanço regulatório ou político adotado em seus territórios tem repercussões diretas na governança climática internacional.

O estudo comparado dessas experiências viabiliza a compreensão de diferentes desenhos institucionais e mecanismos de precificação do carbono e identificação de boas práticas que podem ser aplicados em outros contextos, como no caso brasileiro. Mas além disso, compreender a dinâmica desses mercados permite avaliar como grandes emissores articulam seus compromissos climáticos com estratégias de competitividade econômica, transição energética e inovação tecnológica. Assim, analisar os mercados de carbono da China, Estados Unidos e União Europeia é condição indispensável para entender os rumos da política climática global, bem como para subsidiar a formulação de diretrizes que conciliem desenvolvimento econômico e mitigação das mudanças climáticas.

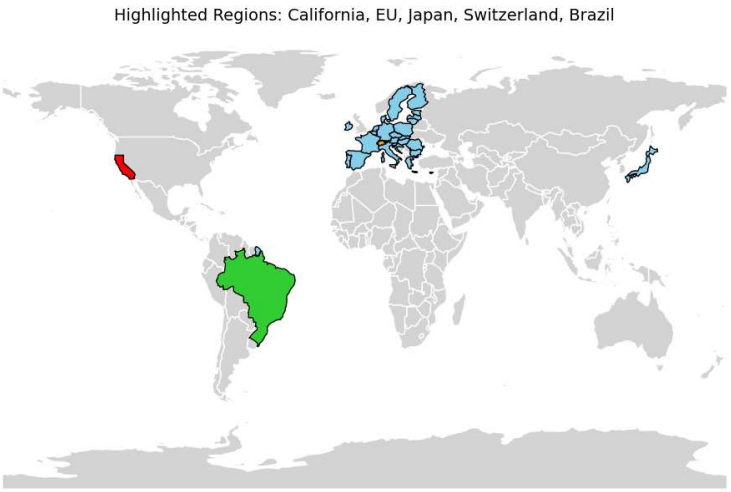
O estudo dos mercados de carbono da Suíça e do Japão é igualmente relevante, ainda que essas jurisdições não estejam entre os maiores emissores globais. Ambos oferecem experiências consolidadas e inovadoras no campo da regulação climática. No caso da Suíça, destaca-se que desde 2020 encontra-se vinculado ao European Union Emissions Trading System (EU ETS). Esse processo de integração demonstra a viabilidade de harmonizar sistemas de comércio de emissões distintos e mostra como países de menor porte, mas altamente comprometidos com metas ambientais influenciam o cenário global por meio da articulação regulatória.

O mercado de carbono no Japão foi selecionado para esta pesquisa por sua trajetória singular, pois embora não possua um mercado nacional unificado,

desenvolveu iniciativas subnacionais e programa voluntário que têm gerado aprendizados, além de estar implementando, de forma gradual, mecanismos de precificação de carbono que dialogam com sua estratégia de neutralidade climática até 2050. A experiência japonesa é relevante para compreender como diferentes arranjos institucionais podem coexistir e evoluir de acordo com as especificidades econômicas e políticas do país.

A escolha da China, dos Estados Unidos, da União Europeia, do Japão e da Suíça como objetos de análise nesta pesquisa justifica-se também pela diversidade de suas posições geográficas e contextos socioeconômicos. Esses países e blocos abrangem diferentes regiões do planeta — Ásia, América do Norte e Europa — permitindo uma visão ampla e comparativa da dinâmica dos mercados de carbono em escala global, conforme se visualiza no Mapa 1:

MAPA 1 – POSIÇÕES GEOGRÁFICAS DOS MERCADOS DE CARBONO ANALISADOS



Essa distribuição geográfica torna possível observar como distintas realidades políticas, econômicas e culturais influenciam o desenho institucional e a operacionalização dos sistemas de comércio de emissões. Enquanto a União Europeia e a Suíça representam o contexto europeu, marcado por forte integração

regional e histórico pioneirismo em políticas climáticas, a China e o Japão oferecem perspectivas asiáticas, cada qual com suas particularidades em termos de desenvolvimento econômico e compromissos ambientais. Já os Estados Unidos, na América do Norte, fornecem um exemplo de grande economia que, mesmo sem um mercado federal unificado, abriga iniciativas estaduais e regionais de grande relevância.

Portanto, a seleção desses casos possibilita não apenas a análise de diferentes modelos regulatórios, mas também uma compreensão mais equilibrada e abrangente do funcionamento dos mercados de carbono no mundo, contribuindo para a identificação de boas práticas e desafios comuns às diferentes regiões.

Os estudos de caso proporcionarão uma visão detalhada dos mecanismos de funcionamento, desafios enfrentados e soluções adotadas em diferentes contextos. A análise incluirá aspectos como a estrutura regulatória, mecanismos de monitoramento e verificação, estratégias de alocação de permissões e os impactos econômicos e ambientais observados. Essa abordagem comparativa permitirá identificar as melhores práticas e adaptar essas lições ao desenvolvimento de um mercado de carbono no Brasil.

A integração dos resultados desses estudos de caso na formulação de políticas públicas no Brasil ajuda a evitar erros comuns e maximizar os benefícios dos mercados de carbono. A experiência internacional demonstra a importância de um marco regulatório claro, incentivos para a inovação e um monitoramento rigorosos para garantir a integridade do mercado. O aprendizado com a operacionalização do mercado em outros países, oportuniza que o Brasil desenvolva um mercado de carbono eficaz, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas.

2.3.1 União Europeia: Sistema de Comércio de Emissões (EU ETS)

O Sistema de Comércio de Emissões da União Europeia (EU ETS) é um dos mais antigos e maiores mercados de carbono do mundo, estabelecido como uma ferramenta central para reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) na região. Lançado em 2005, o EU ETS foi criado para ajudar a União Europeia a cumprir suas metas de redução de emissões sob o Protocolo de Quioto e, posteriormente, sob o Acordo de Paris. Este sistema abrange aproximadamente

45% das emissões de GEE da UE e é uma peça fundamental na política climática da região.

O EU ETS foi estabelecido pela Diretiva 2003/87/CE, que criou o primeiro grande mercado de carbono multinacional do mundo. O sistema foi implementado em fases, começando com um período piloto de 2005 a 2007 (Fase I), que permitiu aos países-membros e às empresas participantes familiarizarem-se com o mercado. Esta fase inicial serviu como um teste para ajustar os mecanismos de alocação e monitoramento antes da implementação total (Assunção, Merlin, 2022).

A Fase II (2008-2012) coincidiu com o primeiro período de compromisso do Protocolo de Quioto. Durante esta fase, o sistema foi expandido para incluir mais setores e gases, e as alocações de permissões de emissão foram reduzidas para começar a alcançar reduções reais de GEE. A Fase II também viu a introdução de leilões como método de alocação de permissões, reduzindo a dependência de alocações gratuitas (Godoy; Saes, 2015)

A Fase III (2013-2020) trouxe mudanças, incluindo uma redução linear anual no teto de emissões e a expansão do mercado para cobrir mais setores e gases. A introdução de um sistema de reserva de estabilidade do mercado (MSR) ajudou a corrigir os desequilíbrios entre oferta e demanda de permissões, estabilizando os preços e melhorando a eficácia do sistema (Oliveira, 2021).

Durante a Fase IV (2021-2030), o EU ETS continuou a evoluir para alinhar-se às metas mais ambiciosas da UE de redução de emissões, estabelecidas no Acordo de Paris. A Fase IV inclui um aumento na taxa de redução anual do teto de emissões, maior uso de leilões para alocação de permissões e medidas para evitar a fuga de carbono, como a atribuição gratuita de permissões para setores expostos à concorrência internacional (Castro, 2023).

A implementação do EU ETS envolveu a criação de infraestruturas regulatórias e administrativas, onde cada Estado-membro é responsável pela implementação do sistema dentro de suas fronteiras, incluindo o monitoramento, a verificação e a fiscalização das emissões das instalações participantes. A Comissão Europeia coordena e supervisiona o sistema, garantindo a consistência e a integridade do mercado (Oliveira, 2021).

O sistema também inclui mecanismos de flexibilidade, como o uso de créditos de projetos do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e Implementação Conjunta (JI), permitindo que as empresas cumpram parte de suas obrigações de

redução de emissões por meio de projetos de redução de emissões em países em desenvolvimento (Assunção, Merlin, 2022).

Desde o seu início, o EU ETS enfrentou desafios, incluindo a alocação excessiva de permissões na Fase I, que resultou em preços baixos de carbono e pouca redução de emissões. Esses desafios levaram a ajustes nas fases subsequentes, como a introdução de leilões e a reserva de estabilidade do mercado, para melhorar a eficácia do sistema (Godoy; Saes, 2015)

Outra questão crítica foi a necessidade de harmonizar as políticas de energia e clima entre os Estados-membros, garantindo que o EU ETS complementasse outras iniciativas de política climática e energética da UE. Esta harmonização foi essencial para criar um mercado de carbono funcional e eficaz em toda a União Europeia (Oliveira, 2021).

O EU ETS também tem sido um exemplo de liderança global, inspirando a criação de sistemas de comércio de emissões em outras partes do mundo, como a China e o estado da Califórnia, nos Estados Unidos. A experiência da UE demonstrou a viabilidade e os benefícios dos mercados de carbono, incentivando outras regiões a adotarem abordagens semelhantes (Castro, 2023).

O EU ETS tem alcançado bons resultadosem termos de redução de emissões de GEE. Desde sua implementação, as emissões dos setores cobertos pelo sistema diminuíram consideravelmente. De acordo com a Comissão Europeia, as emissões de CO2 das instalações participantes caíram cerca de 35% entre 2005 e 2019. Este declínio é um reflexo direto das metas de redução e do teto de emissões cada vez mais rigoroso (Oliveira, 2021).

O sistema também teve um impacto positivo na inovação e na adoção de tecnologias limpas. Ao criar um preço para o carbono, o EU ETS incentivou as empresas a investirem em eficiência energética e em tecnologias de baixa emissão. Muitos setores, como o de energia, passaram a adotar fontes renováveis e a implementar processos mais eficientes para reduzir suas pegadas de carbono (Assunção, Merlin, 2022).

Economicamente, o EU ETS gerou receitas a partir de leilões de permissões de emissão. Esses fundos têm sido utilizados para financiar projetos de mitigação e adaptação às mudanças climáticas, tanto dentro da UE quanto em países em desenvolvimento. A receita de leilões ajuda a suportar a transição para uma

economia de baixo carbono, promovendo investimentos em infraestrutura verde e inovação (Godoy; Saes, 2015)

No entanto, o EU ETS também enfrentou desafios e críticas. Um dos principais problemas foi a alocação inicial excessiva de permissões, que resultou em preços de carbono muito baixos nas fases iniciais do sistema. Isso levou a uma revisão e ajuste do sistema para garantir que as permissões fossem alocadas de maneira mais eficiente e que o preço do carbono refletisse melhor o custo das emissões (Oliveira, 2021).

A questão da fuga de carbono: empresas transferem a produção para países com regulamentações ambientais menos rigorosas, também foi uma preocupação. Para mitigar esse risco, a UE implementou medidas como a atribuição gratuita de permissões para setores particularmente expostos à concorrência internacional. Essas medidas ajudaram a manter a competitividade das indústrias europeias enquanto ainda incentivavam a redução de emissões (Castro, 2023).

O êxito do EU ETS na redução das emissões e incentivar a inovação mostra a eficácia dos mercados de carbono como ferramentas políticas. Apesar dos desafios enfrentados, o sistema continua a evoluir e a adaptar-se, servindo como um modelo para outras iniciativas globais de mercados de carbono (Castro, 2023).

A atuação da União Europeia na política de mitigação também ensejou olhares críticos no campo científico. A União Europeia (UE) consolidou ao longo da última década um discurso e um arcabouço institucional ambiciosos para a mitigação das mudanças climáticas, materializados no European Green Deal (EGD) e em pacotes legislativos como o Fit for 55, que visam tornar a UE o primeiro continente neutro em carbono e reduzir emissões em pelo menos 55% até 2030. Essas iniciativas traduzem um esforço sistemático de reestruturação setorial — energia, transporte, indústria, agricultura — apoiado por legislação, financiamento e instrumentos de mercado como o EU ETS (Comissão Europeia, 2019-2024).

Vela Almeida et al. (2023) argumentam que a UE se impõe às populações ao redor do mundo por meio de um excepcionalismo moral discursivo que necessariamente coloca tanto o trabalho quanto a natureza não europeus a serviço de sua própria realização. No entanto, a EGD ignora esse impacto e, de forma mais ampla, o poder exercido pelas corporações transnacionais para moldar a governança da oferta e das finanças. Ao fazê-lo, atua impedindo espaços cognitivos, materiais e políticos para alternativas. Em que pese os esforços europeus por

transições verdes, é importante contextualizar as implicações geopolíticas de suas narrativas como inseridas em relações historicamente coloniais, no capitalismo globalizado e em suas futuras implicações materiais para a homogeneização e desumanização ecológicas. Em sua forma a-histórica atual, a postura da UE como uma "força do bem" – mesmo com as melhores intenções – funciona simultaneamente como um mecanismo de apagamento de suas responsabilidades históricas em relação à justiça reparadora e de rejeição de futuros alternativos além da dominação da Europa e de sua esfera de influência. A Europa poderia aproveitar a oportunidade de um Acordo Verde Europeu (EGD) com potencial emancipatório para ceder espaço na articulação de visões alternativas de futuro com claras responsabilidades históricas pelas crises ecológicas globais como repercussões de cinco séculos de desenvolvimento colonial e capitalista interligados.

2.3.2 California, EUA: Cap-And-Trade Program

O programa de Cap-And-Trade da Califórnia é um dos mais ambiciosos e abrangentes mercados de carbono nos Estados Unidos. Lançado em 2013, é um componente central da política climática do estado, destinado a reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) e combater as mudanças climáticas.

O desenvolvimento do programa de Cap-And-Trade da Califórnia começou em 2006 com a aprovação da Lei de Soluções para o Aquecimento Global (AB 32). Esta lei estabeleceu uma meta de reduzir as emissões de GEE aos níveis de 1990 até 2020. Para atingir essa meta, a Lei AB 32 autorizou a criação de um sistema de Cap-And-Trade como um dos mecanismos principais para controlar e reduzir as emissões (Barreto; Freitas; Paiva, 2009).

O Air Resources Board da Califórnia (CARB) foi responsável por desenvolver e implementar o programa. A fase inicial envolveu consultas com partes interessadas, incluindo empresas, ONGs e outras agências governamentais, para garantir que o sistema fosse eficaz e economicamente viável. Em 2012, a CARB finalizou as regulamentações e o sistema entrou em operação em janeiro de 2013 (Delgado, Altheman, 2007).

O programa de Cap-And-Trade da Califórnia cobre uma ampla gama de setores, incluindo energia elétrica, indústrias, transporte e distribuição de

combustível. O sistema estabelece um teto para as emissões de GEE e distribui permissões de emissão que podem ser compradas, vendidas ou negociadas. As permissões são alocadas principalmente por meio de leilões, mas algumas são distribuídas gratuitamente para evitar a fuga de carbono e proteger a competitividade industrial (Godoy; Saes, 2015)

Uma característica inovadora do programa da Califórnia é a vinculação com outros sistemas de Cap-And-Trade, como o mercado de carbono do Quebec. Essa interconectividade permite maior liquidez e estabilidade no mercado de carbono, além de incentivar a harmonização das políticas climáticas entre diferentes jurisdições. A primeira vinculação com Quebec ocorreu em 2014, e mais recentemente, Ontario também participou do mercado antes de se retirar em 2018 (Assunção, Merlin, 2022).

O programa inclui mecanismos de flexibilidade, como o uso de créditos de compensação. As empresas podem comprar créditos de projetos que reduzem ou sequestram GEE fora do sistema de Cap-And-Trade. Esses créditos são verificados para garantir que representam reduções reais, adicionais e permanentes de emissões. Isso proporciona uma forma econômica de cumprir as obrigações de emissão (Basso; Delfino, 2015)

Para garantir a integridade do sistema, a CARB implementou procedimentos de monitoramento, relatórios e verificação. As empresas participantes devem relatar suas emissões anualmente, e esses relatórios são verificados por terceiros independentes. Qualquer discrepância ou não conformidade resulta em penalidades, assegurando que todas as reduções de emissões sejam genuínas (Oliveira, 2021).

A estrutura regulatória do programa foi projetada para ser adaptável, permitindo ajustes conforme necessário. Por exemplo, a CARB ajusta periodicamente o teto de emissões para garantir que as metas de redução sejam alcançadas. (Castro, 2023).

Outro aspecto do programa é o uso das receitas geradas por leilões de permissões. Esses fundos são investidos em uma variedade de projetos ambientais e comunitários, incluindo eficiência energética, energia renovável, transporte público e melhorias na qualidade do ar. Esses investimentos ajudam a mitigar os impactos das mudanças climáticas e promovem uma economia verde (Oliveira, 2021).

O programa de Cap-and-Trade da Califórnia também se destacou por sua ênfase na justiça ambiental. Uma parte das receitas dos leilões é destinada a

beneficiar comunidades desfavorecidas que são desproporcionalmente afetadas pela poluição e pelas mudanças climáticas. Isso inclui investimentos em programas de eficiência energética, transporte limpo e melhorias na saúde pública (Assunção, Merlin, 2022).

O programa de Cap-And-Trade da Califórnia é um modelo abrangente e inovador de mercado de carbono. Sua implementação bem-sucedida depende de uma estrutura regulatória, mecanismos de flexibilidade, monitoramento e investimentos estratégicos em projetos ambientais e comunitários. As lições aprendidas com o programa da Califórnia fornecem informações para outras jurisdições que buscam implementar mercados de carbono eficazes (Godoy; Saes, 2015)

Desde sua implementação, o programa de Cap-And-Trade da Califórnia tem gerado resultados na redução das emissões de GEE. De acordo com a CARB, as emissões cobertas pelo programa diminuíram constantemente, contribuindo para que o estado atingisse suas metas de redução de emissões para 2020. O sucesso do programa é um indicativo da eficácia dos mercados de carbono na promoção de reduções de emissões (Oliveira, 2021).

O programa também incentivou a inovação e a adoção de tecnologias limpas. Empresas em setores cobertos pelo Cap-And-Trade investiram em eficiência energética, energias renováveis e outras tecnologias de baixa emissão para reduzir seus custos de conformidade. Isso não apenas ajudou a reduzir as emissões, mas também impulsionou a economia verde da Califórnia, criando empregos e estimulando o crescimento econômico (Basso; Delfino, 2015)

Economicamente, o programa gerou receitas substanciais com o uso de leilões de permissões de emissão. Esses fundos têm sido investidos em projetos, incluindo melhorias na infraestrutura de transporte público, desenvolvimento de energia renovável e programas de eficiência energética. Esses investimentos contribuem para a transição da Califórnia para uma economia de baixo carbono e resiliente às mudanças climáticas (Assunção, Merlin, 2022).

O impacto social do programa abrange a justiça ambiental. Ao direcionar uma parte das receitas de leilões para comunidades desfavorecidas, o programa ajuda a mitigar os impactos desproporcionais das mudanças climáticas e da poluição nessas áreas. Isso inclui investimentos em projetos de eficiência energética, transporte

limpo e melhorias na qualidade do ar, beneficiando diretamente as comunidades que mais precisam (Oliveira, 2021).

A vinculação do programa de Cap-And-Trade da Califórnia com o mercado de Quebec ampliou o impacto positivo do sistema, aumentando a liquidez e a estabilidade do mercado de carbono. Essa interconectividade incentiva a harmonização das políticas climáticas e permite que as jurisdições participantes compartilhem lições e melhores práticas, fortalecendo os esforços globais de mitigação das mudanças climáticas (Godoy; Saes, 2015)

Apesar desses sucessos, o programa enfrentou desafios, incluindo flutuações nos preços do carbono e a necessidade de ajustes contínuos para melhorar sua eficácia. A CARB tem respondido a esses desafios com revisões regulares e ajustes no teto de emissões, nos mecanismos de flexibilidade e nas políticas de alocação de permissões. Essas adaptações garantem que o programa continue a alcançar suas metas de redução de emissões (Castro, 2023).

Um dos desafios é garantir a integridade dos créditos de compensação. A verificação rigorosa dos projetos de compensação garante que as reduções de emissões sejam reais, adicionais e permanentes. A CARB tem implementado padrões e processos de auditoria para manter a credibilidade do mercado de carbono da Califórnia (Oliveira, 2021).

Outro impacto positivo do programa é a conscientização e o engajamento das empresas e do público em geral em relação às mudanças climáticas. O programa de Cap-and-Trade aumentou a conscientização sobre a necessidade de reduzir as emissões de GEE e incentivou a participação ativa de diversos setores na luta contra as mudanças climáticas. (Basso; Delfino, 2015)

O sucesso do programa de Cap-and-Trade da Califórnia tem servido de modelo para outras jurisdições nos Estados Unidos e ao redor do mundo. Estados como Washington e Oregon estão considerando implementar sistemas semelhantes, inspirados pelos resultados positivos da Califórnia. Internacionalmente, o programa da Califórnia é frequentemente citado como um exemplo de política climática eficaz e bem-sucedida (Assunção, Merlin, 2022).

O Programa de Cap-And-Trade da Califórnia demonstra que os mercados de carbono são uma ferramenta eficaz na redução das emissões de GEE. Com uma estrutura regulatória, mecanismos de flexibilidade, monitoramento e investimentos estratégicos, o programa tem alcançado bons resultados e oferece lições valiosas

para outras jurisdições. A experiência da Califórnia destaca a importância de políticas climáticas bem projetadas e adaptáveis para enfrentar os desafios das mudanças climáticas (Godoy; Saes, 2015)

2.3.3 China: Sistema Nacional de Comércio de Emissões

O Sistema Nacional de Comércio de Emissões da China é um dos mais recentes mercados de carbono do mundo, lançado oficialmente em 2021. Destinado a reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) no maior emissor global, o sistema é um componente central da estratégia climática da China.

O desenvolvimento do Sistema Nacional de Comércio de Emissões da China teve início em 2011, com a introdução de projetos-piloto em sete regiões: Pequim, Tianjin, Xangai, Chongqing, Hubei, Guangdong e Shenzhen. Esses projetos permitiram à China experimentar diferentes modelos e abordagens para o comércio de emissões, adaptando as melhores práticas internacionais ao contexto local (Godoy; Saes, 2015)

Em 2017, o governo chinês anunciou o lançamento de um mercado nacional de carbono, inicialmente focado no setor de energia, que representa cerca de 40% das emissões de CO2 do país. O plano nacional detalhado foi publicado em 2021, estabelecendo um sistema de Cap-And-Trade para regular as emissões das maiores usinas de energia do país. A escolha do setor de energia como ponto de partida se deve à sua contribuição para as emissões totais e à disponibilidade de dados de emissões confiáveis (Oliveira, 2021).

O sistema nacional foi projetado para ser implementado em fases, com a Fase I concentrada no setor de energia. O governo chinês planeja expandir o sistema para incluir outros setores, como siderurgia, cimento, papel e aviação, à medida que o sistema amadurece. A expansão gradual permite ajustes e melhorias com base nas lições aprendidas durante a implementação inicial (Assunção, Merlin, 2022).

Um aspecto crítico do sistema chinês é a alocação de permissões de emissão, que inicialmente foram distribuídas gratuitamente com base no histórico de emissões das usinas. No entanto, a China está trabalhando para introduzir leilões de permissões, seguindo o exemplo de outros mercados de carbono, para melhorar a

eficiência e a transparência do mercado. A transição para leilões será gradual e coordenada com o desenvolvimento do mercado (Basso; Delfino, 2015)

O sistema também inclui mecanismos de monitoramento, relatório e verificação (MRV) para garantir a precisão dos dados de emissões. As empresas participantes são obrigadas a relatar suas emissões anualmente, e esses relatórios são auditados por terceiros independentes (Oliveira, 2021).

Para apoiar o desenvolvimento do mercado, a China estabeleceu uma infraestrutura de plataformas de negociação, sistemas de registro e órgãos reguladores. A Bolsa de Emissões de Xangai é uma das principais plataformas de negociação, facilitando a compra e venda de permissões de emissão. Além disso, o governo chinês criou instituições dedicadas para regular e supervisionar o mercado (Castro, 2023).

A China também tem investido em capacitação e educação para garantir que todas as partes interessadas, incluindo empresas, reguladores e o público, compreendam o funcionamento do mercado de carbono. Workshops, seminários e programas de treinamento são realizados regularmente para disseminar conhecimento e melhores práticas (Godoy; Saes, 2015)

A colaboração internacional tem sido um componente importante no desenvolvimento do sistema chinês. A China tem trabalhado com diversas organizações internacionais e países com experiência em mercados de carbono, como a União Europeia, para compartilhar conhecimentos e receber apoio técnico.

O compromisso do governo chinês com a redução das emissões de GEE é evidente em suas políticas e metas ambiciosas. O lançamento do Sistema Nacional de Comércio de Emissões é parte de um esforço mais amplo para atingir a meta de pico de emissões de CO2 antes de 2030 e alcançar a neutralidade de carbono até 2060. Esse compromisso sinaliza a intenção da China de liderar globalmente a luta contra as mudanças climáticas (Oliveira, 2021).

Em resumo, o histórico e a implementação do Sistema Nacional de Comércio de Emissões da China mostram um esforço coordenado e estratégico para reduzir as emissões de GEE. A abordagem faseada, o desenvolvimento de infraestrutura e a colaboração internacional são elementos-chave que contribuem para o sucesso potencial do sistema (Castro, 2023).

Desde seu lançamento, o Sistema Nacional de Comércio de Emissões da China tem mostrado progressos na redução das emissões de GEE no setor de

energia. O sistema tem incentivado as usinas de energia a adotarem tecnologias mais limpas e a melhorarem a eficiência energética para reduzir os custos de conformidade. As reduções iniciais de emissões indicam que o sistema está no caminho certo para atingir suas metas (Oliveira, 2021).

O impacto econômico do sistema também foi notado ao passo que a criação de um mercado de carbono nacional estimulou o desenvolvimento de uma economia verde na China, com investimentos em energias renováveis, eficiência energética e tecnologias de baixa emissão. Esses investimentos estão criando novos empregos e impulsionando o crescimento econômico sustentável (Assunção, Merlin, 2022).

Um dos principais desafios enfrentados pelo sistema é a necessidade de melhorar a transparência e a integridade dos dados de emissões. O governo chinês tem trabalhado para fortalecer os mecanismos de MRV e garantir que todas as emissões sejam reportadas com precisão. Esse esforço é necessário para manter a confiança no mercado e garantir que as reduções de emissões sejam genuínas (Basso; Delfino, 2015)

Outro desafio é a expansão do sistema para incluir mais setores. À medida que o mercado se expande, será necessário ajustar as políticas de alocação de permissões e introduzir leilões para melhorar a eficiência do mercado. A transição para um sistema mais inclusivo e competitivo será fundamental para alcançar aumento nas reduções de emissões (Oliveira, 2021).

Os benefícios ambientais do sistema são evidentes, com reduções de emissões no setor de energia. Essas reduções contribuem para a melhoria da qualidade do ar e a mitigação das mudanças climáticas. Além disso, o sistema tem o potencial de servir como modelo para outros países em desenvolvimento que buscam implementar mercados de carbono (Castro, 2023).

A colaboração internacional continua a ser um fator importante para o sistema chinês. A China está trabalhando com a União Europeia e outras entidades internacionais para compartilhar melhores práticas e receber apoio técnico. Essa colaboração fortalece o sistema e promove a harmonização das políticas climáticas em nível global (Godoy; Saes, 2015)

A aceitação pública do sistema também importa e o governo chinês tem investido em campanhas de conscientização para educar o público sobre a importância do mercado de carbono e os benefícios ambientais e econômicos das

reduções de emissões. A conscientização pública contribui para as políticas climáticas e a longevidade do sistema (Assunção, Merlin, 2022).

Os resultados preliminares do Sistema Nacional de Comércio de Emissões da China são promissores, indicando que o país segue rumo ao cumprimento de suas metas de redução de emissões. No entanto, o sistema deve permanecer em monitoramento e ajustes devem ser constantemente promovidos para garantia de sua sustentabilidade a longo prazo (Oliveira, 2021).

2.3.4 Suíça: Ligação com o EU ETS

O sistema de comércio de emissões da Suíça foi estabelecido em 2008, como parte dos esforços do país para cumprir seus compromissos internacionais de redução de emissões sob o Protocolo de Quioto. Inicialmente, o sistema cobria apenas grandes emissores do setor industrial e energético. A implementação do sistema suíço foi acompanhada por marco regulatório e mecanismos de monitoramento, assegurando que as reduções de emissões fossem reais e verificáveis (Barreto; Freitas; Paiva, 2009).

Em 2011, a Suíça iniciou negociações com a União Europeia para vincular seu sistema de comércio de emissões ao EU ETS. Essas negociações foram motivadas pelo desejo de criar um mercado de carbono mais amplo e eficiente, melhorando a liquidez e a estabilidade dos preços do carbono. Após anos de negociações e ajustes regulatórios, o acordo de ligação foi assinado em 2017 e entrou em vigor em janeiro de 2020 (Delgado, Altheman, 2007).

A ligação entre o sistema suíço e o EU ETS envolveu a harmonização de várias regras e procedimentos. As permissões de emissão suíças tornaram-se fungíveis com as permissões do EU ETS, permitindo que as empresas suíças comprassem e vendessem permissões no mercado europeu. Além disso, a Suíça adotou muitos dos requisitos de monitoramento, relatório e verificação (MRV) da UE, garantindo consistência e transparência nas transações (Godoy; Saes, 2015)

Para facilitar a transição, a Suíça e a UE estabeleceram mecanismos conjuntos de governança, incluindo comitês técnicos para supervisionar a implementação e resolver disputas. Esses mecanismos asseguram que quaisquer questões operacionais ou regulatórias possam ser abordadas de forma coordenada (Assunção, Merlin, 2022).

A adaptação das empresas suíças às novas regras foi facilitada por programas de capacitação e apoio técnico. O governo suíço organizou Workshops e seminários para educar as empresas sobre as mudanças regulatórias e operacionais decorrentes da ligação ao EU ETS. Esses esforços ajudaram a garantir uma transição suave e a minimizar as interrupções para as empresas participantes (Basso; Delfino, 2015)

Um desafio na implementação da ligação foi garantir que as permissões de emissão fossem alocadas de maneira justa e eficiente. A Suíça ajustou seu método de alocação de permissões, adotando em grande parte o sistema de leilões utilizado pela UE. Esta mudança visava evitar distorções de mercado e garantir que os preços do carbono refletissem o verdadeiro custo das emissões (Oliveira, 2021).

A harmonização das políticas climáticas entre a Suíça e a UE também exigiu ajustes nos objetivos nacionais de redução de emissões. A Suíça comprometeu-se a metas de redução de emissões alinhadas com os objetivos mais amplos da UE, reforçando seu compromisso com a mitigação das mudanças climáticas. Este alinhamento de metas ajuda a garantir que os esforços da Suíça complementem as iniciativas climáticas europeias (Castro, 2023).

A integração dos mercados de carbono também trouxe benefícios econômicos. A maior liquidez no mercado combinado ajudou a estabilizar os preços do carbono e a reduzir a volatilidade, proporcionando maior previsibilidade para as empresas ao planejar investimentos em tecnologias de baixa emissão. Além disso, a participação no mercado europeu ampliou as oportunidades de comércio e colaboração para as empresas suíças (Godoy; Saes, 2015)

A ligação ao EU ETS fortaleceu a posição da Suíça como líder em políticas climáticas e sustentabilidade. Ao adotar e harmonizar suas políticas com as da UE, a Suíça demonstrou seu compromisso com a ação climática global e sua disposição de colaborar em iniciativas multilaterais (Assunção, Merlin, 2022).

Desde a implementação da ligação com o EU ETS, a Suíça tem observado reduções nas emissões de GEE, contribuindo para o cumprimento de suas metas de redução de emissões. As empresas suíças foram incentivadas a adotar tecnologias mais limpas e a melhorar a eficiência energética para reduzir seus custos de conformidade (Oliveira, 2021). A maior liquidez e estabilidade no mercado de carbono resultante da ligação com o EU ETS ajudaram a estabilizar os preços do carbono, proporcionando um sinal de preço claro para as empresas. Isso incentivou

investimentos em tecnologias de baixa emissão e infraestrutura verde, promovendo o crescimento da economia verde no país. A previsibilidade dos preços do carbono também ajudou as empresas a planejar seus investimentos de longo prazo com maior segurança (Basso; Delfino, 2015)

A integração com o EU ETS também ampliou as oportunidades de comércio e colaboração para as empresas suíças, permitindo-lhes acessar um mercado maior e mais diversificado. Isso não apenas beneficiou as empresas em termos de comércio de permissões, mas também facilitou a troca de conhecimento e melhores práticas entre as empresas e reguladores dos dois mercados (Godoy; Saes, 2015)

A ligação ao EU ETS fortaleceu a credibilidade e a integridade do sistema suíço de comércio de emissões. A adoção de padrões de monitoramento, relatório e verificação da UE garantiu que as reduções de emissões fossem reais e verificáveis, aumentando a confiança no mercado. A colaboração contínua entre os reguladores suíços e europeus ajudou a resolver rapidamente quaisquer questões operacionais, garantindo a eficácia do mercado combinado (Castro, 2023).

Os benefícios ambientais da ligação ao EU ETS são evidentes. A redução das emissões de GEE contribuiu para a melhoria da qualidade do ar e a mitigação das mudanças climáticas. A harmonização das políticas climáticas entre a Suíça e a UE reforçou os esforços globais para limitar o aquecimento global a 1,5°C, alinhando-se com os objetivos do Acordo de Paris (Oliveira, 2021).

A ligação também promoveu a inovação tecnológica e a transição para uma economia de baixo carbono na Suíça (Assunção, Merlin, 2022).

Outro impacto positivo da ligação ao EU ETS foi o fortalecimento das políticas de justiça ambiental. A Suíça dedicou uma parte das receitas geradas por leilões de permissões para financiar projetos ambientais e sociais em comunidades desfavorecidas. Esses investimentos ajudaram a mitigar os impactos das mudanças climáticas e a promover a inclusão social e econômica, beneficiando diretamente as comunidades mais vulneráveis (Basso; Delfino, 2015)

A ligação ao EU ETS apresentou desafios. A necessidade de harmonizar políticas e procedimentos entre duas jurisdições distintas exigiu uma coordenação cuidadosa e um compromisso contínuo com a colaboração. A adaptação das empresas às novas regras e o ajuste dos métodos de alocação de permissões foram processos complexos que exigiram apoio e capacitação adequados (Godoy; Saes, 2015)

A colaboração contínua com a UE e a participação ativa em fóruns internacionais ajudarão a Suíça a enfrentar os desafios emergentes e a fortalecer sua posição como líder em políticas climáticas (Oliveira, 2021).

A ligação do sistema suíço de comércio de emissões ao EU ETS tem sido uma iniciativa bem-sucedida que oferece benefícios ambientais, econômicos e sociais. A integração com o mercado europeu fortaleceu a posição da Suíça como líder em sustentabilidade e ação climática global e a experiência adquirida ao longo desse processo serve de referência para outras jurisdições que pretendem estruturar mercados de carbono funcionais e articulados.

2.3.5 Japão: Sistema Voluntário de Comércio de Emissões

O Sistema Voluntário de Comércio de Emissões do Japão é um dos exemplos mais notáveis de como um mercado de carbono pode operar em um ambiente não regulado. Lançado em 2005, este sistema permite que empresas e outras entidades voluntariamente compensem suas emissões de gases de efeito estufa (GEE) comprando créditos de carbono de projetos certificados que reduzem ou removem emissões da atmosfera.

O Japão tem um histórico de iniciativas ambientais e de eficiência energética que remontam às crises do petróleo dos anos 1970. A preocupação com a segurança energética e a dependência de combustíveis fósseis levou o país a adotar medidas rigorosas de eficiência energética e, mais tarde, a explorar mercados de carbono como uma estratégia para mitigar as mudanças climáticas. Em 2005, o governo japonês lançou o Sistema Voluntário de Comércio de Emissões para complementar essas iniciativas (Barreto; Freitas; Paiva, 2009).

O sistema japonês foi projetado para ser flexível e inclusivo, permitindo que uma ampla gama de empresas, organizações e até indivíduos participem. As empresas podem comprar créditos de carbono de projetos certificados que reduzem ou sequestram GEE. Esses projetos podem incluir desde a instalação de tecnologias de energia renovável até iniciativas de reflorestamento e eficiência energética. A certificação é realizada por entidades independentes para garantir a integridade dos créditos (Godoy; Saes, 2015)

O governo japonês estabeleceu um conjunto de diretrizes para a certificação e verificação dos projetos de redução de emissões. Os projetos devem demonstrar

reduções de emissões adicionais, reais e permanentes para serem elegíveis para gerar créditos de carbono. Além disso, os créditos devem ser registrados em um sistema centralizado para garantir a transparência e evitar a dupla contagem das reduções de emissões (Delgado, Altheman, 2007).

A implementação do sistema foi acompanhada por uma série de campanhas de conscientização e educação para incentivar a participação. O governo e organizações ambientais realizaram Workshops, seminários e campanhas de marketing para aumentar a conscientização sobre as mudanças climáticas e a importância da compensação voluntária de emissões. Esses esforços ajudaram a criar um ambiente favorável à participação voluntária (Assunção, Merlin, 2022).

Uma característica do sistema japonês é a flexibilidade na forma como os créditos de carbono serão usados. As empresas usam os créditos para compensar suas próprias emissões, para melhorar sua imagem corporativa ou como parte de suas estratégias de responsabilidade social corporativa (RSC). Essa flexibilidade tornou o sistema atraente para uma ampla gama de participantes (Basso; Delfino, 2015)

O governo japonês também incentivou a participação no sistema oferecendo benefícios fiscais e outros incentivos financeiros para empresas que compram créditos de carbono. Esses incentivos ajudaram a aumentar a demanda por créditos e a financiar mais projetos de redução de emissões. Além disso, o governo forneceu apoio técnico e financeiro para o desenvolvimento de novos projetos de redução de emissões (Godoy; Saes, 2015)

A colaboração internacional desempenhou um papel importante no desenvolvimento e implementação do sistema japonês. O Japão trabalhou com várias organizações internacionais e países com experiência em mercados de carbono para compartilhar conhecimentos e melhores práticas. Essa colaboração ajudou a fortalecer a credibilidade do sistema e a garantir que ele estivesse alinhado com as normas internacionais (Castro, 2023).

O Sistema Voluntário de Comércio de Emissões do Japão também incluiu uma forte ênfase na inovação. As empresas foram incentivadas a investir em novas tecnologias e práticas que pudessem reduzir suas emissões. Esse foco na inovação ajudou a impulsionar o desenvolvimento de soluções tecnológicas avançadas e a promover a sustentabilidade a longo prazo (Oliveira, 2021).

Para garantir a integridade do sistema, o governo japonês implementou mecanismos rigorosos de monitoramento e verificação. As reduções de emissões são verificadas por terceiros independentes e registradas em um sistema centralizado. Qualquer discrepância ou não conformidade é tratada de forma rigorosa para manter a confiança no sistema (Assunção, Merlin, 2022).

O histórico e a implementação do Sistema Voluntário de Comércio de Emissões do Japão destacam a importância de uma abordagem flexível, inclusiva e bem regulamentada para a compensação voluntária de emissões. A combinação de incentivos financeiros, campanhas de conscientização e forte governança tem sido fundamental para o sucesso do sistema (Basso; Delfino, 2015).

Desde sua implementação, o Sistema Voluntário de Comércio de Emissões do Japão tem gerado resultados positivos na redução das emissões de GEE. As empresas participantes relataram reduções substanciais em suas emissões, contribuindo para os esforços nacionais de mitigação das mudanças climáticas. Esses resultados são um indicativo da eficácia dos mercados de carbono voluntários na promoção de reduções de emissões (Oliveira, 2021).

O sistema também incentivou a inovação e a adoção de tecnologias limpas. Muitas empresas investiram em eficiência energética, energias renováveis e outras tecnologias de baixa emissão para gerar créditos de carbono. Esses investimentos não apenas ajudaram a reduzir as emissões, mas também promoveram o desenvolvimento de novas tecnologias e práticas sustentáveis (Assunção, Merlin, 2022).

Economicamente, o sistema gerou benefícios: a venda de créditos de carbono forneceu uma fonte adicional de receita para projetos de redução de emissões, incentivando mais investimentos em sustentabilidade. Além disso, os incentivos fiscais e financeiros oferecidos pelo governo ajudaram a reduzir os custos de conformidade e a aumentar a demanda por créditos de carbono (Basso; Delfino, 2015)

Os benefícios ambientais do sistema são evidentes. As reduções de emissões contribuíram para a melhoria da qualidade do ar e a mitigação das mudanças climáticas. Além disso, muitos dos projetos de redução de emissões tiveram co-benefícios, como a conservação da biodiversidade e a melhoria da gestão dos recursos naturais. Esses benefícios adicionais destacam a importância de uma abordagem holística para a sustentabilidade (Godoy; Saes, 2015)

A participação no sistema aumentou a conscientização e o engajamento das empresas e do público em relação às mudanças climáticas. As campanhas de conscientização e os programas de educação ajudaram a criar uma cultura de responsabilidade ambiental, incentivando mais empresas a participar voluntariamente e a adotar práticas sustentáveis (Oliveira, 2021).

A flexibilidade do sistema permitiu a participação, desde grandes corporações até pequenas e médias empresas. Essa inclusão ajudou a criar um mercado dinâmico e diversificado, com projetos de redução de emissões. A diversidade de participantes e projetos contribuiu para a resiliência e a sustentabilidade do sistema a longo prazo (Assunção, Merlin, 2022).

A colaboração internacional fortaleceu o sistema japonês, permitindo o compartilhamento de melhores práticas e a harmonização com as normas internacionais. Essa colaboração ajudou a garantir que o sistema estivesse alinhado com os esforços globais de mitigação das mudanças climáticas e a aumentar sua credibilidade no cenário internacional (Castro, 2023).

Os resultados preliminares indicam que o Sistema Voluntário de Comércio de Emissões do Japão é uma ferramenta eficaz para promover a sustentabilidade e reduzir as emissões de GEE. No entanto, há que continuar monitorando e ajustando o sistema para garantir sua eficácia a longo prazo. A adaptação contínua às mudanças nas condições econômicas e ambientais será importante para o sucesso futuro do sistema (Oliveira, 2021).

A experiência do Japão com seu Sistema Voluntário de Comércio de Emissões evidencia que os mercados de carbono de caráter voluntário representam um instrumento relevante no enfrentamento das mudanças climáticas. Por meio de uma estrutura flexível, inclusiva e amparada por mecanismos de governança sólidos e estímulos financeiros, o modelo japonês tem alcançado reduções expressivas de gases de efeito estufa, além de fomentar práticas inovadoras e sustentáveis. Os aprendizados obtidos nesse processo servirão de referência útil para países e regiões interessados em adotar sistemas similares de mercado de carbono voluntário.

2.3.6 Brasil: Mecanismo de Desenvolvimento Limpo e Propostas Atuais

O Brasil tem se destacado no cenário internacional de mercados de carbono, principalmente pelo Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), um dos pilares do Protocolo de Quioto. Nos últimos anos, o país tem desenvolvido novas propostas para o mercado de carbono nacional.

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) foi introduzido pelo Protocolo de Quioto em 1997 e entrou em vigor em 2005. O objetivo do MDL é permitir que países desenvolvidos invistam em projetos de redução de emissões em países em desenvolvimento, gerando créditos de carbono que podem ser utilizados para cumprir suas metas de redução de emissões. O Brasil, com sua extensão territorial e diversidade de biomas, se tornou um dos maiores beneficiários do MDL (Assunção, Merlin, 2022).

Os resultados do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo no Brasil têm sido substanciais. O país registrou centenas de projetos que geraram milhões de créditos de carbono, contribuindo para a redução global das emissões de GEE. Esses projetos também trouxeram benefícios adicionais, como a criação de empregos, a transferência de tecnologia e o desenvolvimento de infraestrutura sustentável (Assunção, Merlin, 2022).

Economicamente, o MDL tem atraído investimentos para o Brasil. Os projetos de redução de emissões têm sido uma fonte de financiamento para iniciativas de desenvolvimento sustentável, ajudando a promover a economia verde e a reduzir a dependência de combustíveis fósseis. Esses investimentos têm impulsionado a inovação e o desenvolvimento tecnológico em setores-chave da economia (Basso; Delfino, 2015)

Ambientalmente, os projetos de MDL no Brasil têm contribuído para a conservação da biodiversidade e a melhoria da qualidade do ar. Iniciativas de reflorestamento e manejo florestal sustentável têm ajudado a proteger ecossistemas críticos e a promover a resiliência climática. Esses benefícios ambientais são um complemento importante às reduções de emissões de GEE (Godoy; Saes, 2015)

Socialmente, o MDL tem promovido o desenvolvimento comunitário e a inclusão social. Muitos projetos de redução de emissões são implementados em comunidades rurais e urbanas desfavorecidas, proporcionando benefícios econômicos e sociais diretos. Isso inclui a criação de empregos, a melhoria das condições de vida e o fortalecimento das capacidades locais (Oliveira, 2021).

A criação do mercado de carbono regulado no Brasil é vista como uma evolução natural dos sucessos obtidos com o MDL. A implementação de um sistema Cap-And-Trade nacional ampliará ainda mais os benefícios econômicos, ambientais e sociais, proporcionando uma estrutura para a redução das emissões de GEE.

Desde a implementação do MDL, o Brasil tem registrado um grande número de projetos em setores como energia renovável, manejo de resíduos, reflorestamento e eficiência energética.

O Brasil participou ativamente nas negociações climáticas internacionais, promovendo a expansão do MDL e a criação de novos mecanismos de mercado sob o Acordo de Paris. O país defende a inclusão de créditos de carbono oriundos de projetos de Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal (REDD+), reconhecendo a importância das florestas tropicais na mitigação das mudanças climáticas (Godoy; Saes, 2015)

Em termos de desenvolvimento de um mercado de carbono nacional legal, o Brasil tem feito progressos. Em 2024 entrou em vigor o sistema de comércio de emissões Cap-And-Trade no Brasil, estabelecendo um mercado regulado de carbono, onde as empresas devem cumprir limites de emissões e podem negociar permissões de emissão (Oliveira, 2021).

A implementação do mercado de carbono no Brasil é apoiada por várias iniciativas setoriais e regionais. Por exemplo, o estado de São Paulo já lançou seu próprio programa de comércio de emissões, focado na redução das emissões do setor industrial (Basso; Delfino, 2015)

Além disso, o Brasil tem investido em infraestrutura e capacitação para apoiar o desenvolvimento do mercado de carbono. Manuais, seminários e programas de treinamento são realizados para educar as partes interessadas sobre o funcionamento dos mercados de carbono e os benefícios da participação. Esses esforços são essenciais para garantir uma transição suave e eficaz para um mercado de carbono regulado (Assunção, Merlin, 2022).

A colaboração internacional também é uma componente importante na implementação do mercado de carbono no Brasil. O país tem trabalhado com parceiros internacionais, como a União Europeia e o Banco Mundial, para compartilhar melhores práticas e receber apoio técnico. Essa colaboração fortalece o desenvolvimento de políticas climáticas (Godoy; Saes, 2015).

Um desafio é garantir a integridade e a transparência do mercado de carbono. O Brasil está desenvolvendo sistemas de monitoramento, relatório e verificação (MRV) para assegurar que as reduções de emissões sejam reais, adicionais e verificáveis. Esses sistemas mantêm a confiança no mercado e garantir que os créditos de carbono tenham valor genuíno (Oliveira, 2021).

A integração das iniciativas regionais e setoriais em um mercado nacional de carbono é uma oportunidade e um desafio. A harmonização das políticas e a criação de um sistema unificado são essenciais para maximizar a eficácia do mercado. O sucesso dessas iniciativas depende da colaboração e coordenação entre os governos federal e estaduais, bem como do setor privado (Assunção, Merlin, 2022).

Os resultados preliminares das iniciativas setoriais e regionais indicam que o Brasil tem o potencial de estabelecer um mercado de carbono sólido e operacional. É necessário continuar aprimorando e ajustando as políticas para garantir que o mercado alcance suas metas de redução de emissões.

2.4 Legislação brasileira sobre mercado de carbono

A trajetória do Brasil na construção de instrumentos normativos voltados à mitigação climática apresenta marcos importantes que antecedem a institucionalização de um mercado de carbono nacional. O país foi signatário do Protocolo de Quioto, de 1997, o qual estabeleceu metas obrigatórias de redução de emissões para países desenvolvidos e mecanismos de flexibilização, como o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). O Brasil destacou-se como um dos principais beneficiários do MDL, com centenas de projetos registrados, especialmente nos setores de energia renovável e manejo de resíduos.

Posteriormente, a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), instituída pela Lei nº 12.187/2009, representou o primeiro instrumento legal vigente no país voltado à mitigação de emissões. Essa política introduziu o Plano Nacional sobre Mudança do Clima e incentivou a criação de instrumentos econômicos que pudessem estimular a redução de gases de efeito estufa. A PNMC, ainda que não tenha estruturado diretamente um mercado de carbono, estabeleceu as bases legais para que mecanismos de precificação fossem futuramente integrados à legislação brasileira e também definiu que o país adotaria, como compromisso nacional voluntário, ações de mitigação das emissões de gases de efeito estufa, com vistas

em reduzir entre 36,1% (trinta e seis inteiros e um décimo por cento) e 38,9% (trinta e oito inteiros e nove décimos por cento) suas emissões projetadas até 2020. Outro instrumento relevante foi a Lei nº 14.119/2021, que instituiu a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais. Não se tratou ainda da regulamentação do mercado de carbono, mas contribuiu para a valorização de práticas que promovem a conservação ambiental, como o sequestro de carbono em áreas de preservação. Esse instrumento evidenciou a tendência de associar políticas ambientais brasileiras a mecanismos de incentivo econômico, criando terreno fértil para a futura regulamentação do comércio de emissões (Vargas, 2024).

Em 2020 foi apresentado o Projeto de Lei que após aprovação foi transformado na Lei n.º 14.993/2024. Essa Lei foi sancionada em 08 de outubro de 2024 e instituiu importantes programas para a mobilidade sustentável e a descarbonização, como: ProBioQAV (Programa Nacional de Combustível Sustentável de Aviação), PNDV (Programa Nacional de Diesel Verde), Programa de Descarbonização do Produtor e Importador de Gás Natural e de Incentivo ao Biometano. Ainda, regula a captura e estocagem geológica de CO_2, altera parâmetros de mistura de etanol e biodiesel e se integra com políticas como RenovaBio, Programa Mover, PBEV e Proconve.

Paralelamente, já estava em trâmite no Congresso Brasileiro, desde 2015, o PL n.° 2.148/2015, que inicialmente “Estabelecia redução de tributos para produtos adequados à economia verde de baixo carbono”. Após anos em trâmite e diversas intervenções e alterações, o PL foi sancionado em 11 de dezembro de 2024, tendo se transformado na Lei nº 15.042/2024, também denominada de Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões (SBCE). Lei que finalmente consolidou diretrizes para o funcionamento do mercado de carbono no Brasil, criando instrumentos jurídicos para negociar cotas de emissão (Cotas Brasileiras de Emissão – CBE’s) e certificados de redução ou remoção de emissões (CRVE’s), além de fortalecer governança e garantir interoperabilidade com outros mercados. Foi introduzido o modelo de Cap-And-Trade no país. Não há que se confundir a Lei n.° 14.933/2024 com a Lei de n.° 15.042/2024. A primeira é estruturante e ao criar uma base de monitoramento e reportes obrigatórios de emissões, preparou o terreno para a instituição legal – de fato – do mercado de carbono brasileiro. A partir da Tabela 1 é possível visualizar as diferenças entre as duas legislações e verificar como elas se complementam.

Tabela 1 – Comparativo Entre As Leis N.°14.933/2024 e 15.042/2024

Lei	14.933/2024	15.042/2024
Natureza	Preparatória	Instituidora
Objetivo Principal	Estabelecer obrigações de monitoramento, reporte e verificação (MRV) de emissões de GEE.	Criar o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de GEE (SBCE), ou seja, o mercado regulado de carbono.
Âmbito	Obriga setores/empresas a medirem e reportarem suas emissões.	Define regras de limite de emissões (cap), distribuição de cotas e uso de certificados de redução/remoção.
Instrumentos	Inventário de emissões; Relatórios obrigatórios; Protocolos de mensuração e verificação.	CBE (Cota Brasileira de Emissão);CRVE (Certificado de Redução ou Remoção Verificada de Emissões); Mercado regulado + mercado voluntário.
Governança	Dá ao Executivo (MMA, Fazenda e órgãos correlatos) a tarefa de estruturar sistemas de acompanhamento.	Cria o órgão gestor do SBCE e define papéis do Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima e Comitê Técnico Consultivo.
Aplicação Prática	Sem MRV não há como calcular tetos ou validar créditos → lei garante infraestrutura de dados.	Com dados confiáveis, é possível operar o mercado e aplicar metas compulsórias
Penalidades	Prevê sanções pelo não cumprimento da obrigação de reporte.	Define multas mais pesadas: até 3% do faturamento bruto da empresa que não cumprir metas.
Relações Internacionais	Aproxima o Brasil das práticas globais de reporte ambiental.	Torna o país compatível com sistemas internacionais de comércio de emissões, facilitando integração futura.
Importância Estratégica	Fundação técnica: garante a medição confiável das emissões.	Mecanismo econômico: transforma os dados em ativos de mercado (créditos e cotas).

Fonte: A autora (2025)

A Lei n.° 15.042/2024 prevê um cronograma para a implementação do mercado regulado de carbono no país. Para melhor compreensão desse

cronograma, a Tabela 2 sintetiza as fases previstas pela Lei nº 15.042/2024, indicando sua duração, objetivos específicos e atividades-chave:

Tabela 2 – Fases de Implementação do Mercado de Carbono no Brasil em Conformidade com a Lei n° 15.042/2024.

FASE	DURAÇÃO/PRAZO	OBJETIVOS	ATIVIDADES-CHAVES
Fase I	12 meses, prorrogáveis por mais 12 meses	Regulamentação da Lei; Estruturação Institucional; Definição do Escopo Setorial	Editar regulamentos infralegais; Criar Órgão Gestor Provisório; Definir quais Setores/Fonte/Instalações serão regulados.
Fase II	1 ano	Operacionalização do Sistema de Monitoramento, Relato e Verificação (MRV) das Emissões	Empresas/Operadores implementam ferramentas para medir, relatar e verificar suas Emissões; Estabelecer padrões, bases de dados, Sistemas de Reporte.
Fase III	2 anos	Obrigação de apresentar Plano de Monitoramento e Relatórios e Emissões e Remissões de GEE; Coleta de Dados Para Base do Primeiro Plano Nacional de Alocação (PNA)	Submissão dos Planos de Monitoramento; Relatórios Regulares de Emissões e Remoções; Preparação para Alocação de Cotas.
Fase IV	Início vinculado ao PNA (sem prazo fixo mencionado, após Fase III	Vigência do Primeiro Plano Nacional de Alocação; Distribuição Inicial de Cotas Brasileiras de Emissão (CBE's); Leilões Iniciais; Operação de Mercado de Ativos.	Publicação do PNA; Definição de Volume de Cotas; Alocação às Empresas (gratuita ou onerosa conforme Regulamento); Primeiros Leilões; Emissão e Negociação de CBEs.
Fase V	Plena implementação após o término do primeiro PNA	Operação Completa do Mercado Regulado de Carbono, Mercado Secundário Ativo; Previsão do Obrigações Plenas.	Realização de Leilões Regulares; Negociação Secundária das Cotas; Empresas com Obrigações de Compensação; Fiscalização, Conformidade, Governança Funcionando Plenamente.

A primeira fase, de 12 a 24 meses, inclui a criação do órgão gestor e a definição dos setores regulados. Na segunda fase, será implantado o sistema de monitoramento e verificação de emissões. A terceira fase, após 24 meses, envolverá a apresentação de relatórios de emissões pelas empresas, gerando dados para o primeiro Plano Nacional de Alocação. A quarta fase abrange a publicação do plano e a realização dos primeiros leilões de CBE's. A quinta fase consiste na implementação plena do mercado, com o primeiro leilão e o início do mercado secundário para negociações.

Nesse contexto, passada a primeira fase, que poderá durar até dois anos, é que o sistema começará a entrar em operacionalização, podendo levar até cinco anos para a sua efetiva implementação, segundo as estimativas de especialistas.
Além do PNA, as instalações, fontes e atividades abarcadas pela lei, assim como metodologias credenciadas, entre outros pontos fundamentais, ainda se encontram pendentes de regulamentação.

A Tabela 2 descreve a sequência de atividades-chave e marcos essenciais para a implementação bem-sucedida do SBCE. Percebe-se a interdependência entre as atividades, a vinculação de certas atividades a outras. A legislação estabelece momentos críticos, como a publicação do Plano Nacional de Alocação (PNA), a primeira alocação de Cotas Brasileiras de Emissão (CBE) e a implementação do mercado de ativos do SBCE. Ela também enfatiza que a implementação bem-sucedida de estágios posteriores da trajetória de implementação do SBCE depende da conclusão tempestiva e adequada de tarefas em estágios anteriores. Cada transição de estágio significa passar do planejamento e definição de regras para aspectos operacionais, como alocação de CBEs, leilões, credenciamento de CRVEs e monitoramento, eventualmente levando à implementação plena do SBCE.

A Lei nº 15.042, que institui a base legal para a criação do mercado regulado de carbono no Brasil, é reconhecida como um marco importante na agenda climática nacional. Contudo, alguns de seus dispositivos têm gerado discussões no meio acadêmico, jurídico e econômico.

Uma questão é a exclusão inicial do setor agropecuário do escopo de regulação. O agronegócio é um dos principais emissores de gases de efeito estufa no país e, sob essa característica, deveria integrar o sistema desde o início, a fim de garantir maior abrangência e efetividade ambiental. A ausência do setor foi

justificada por razões de complexidade técnica e de impacto econômico, tem sido interpretada por parte da literatura como um fator que pode comprometer a integridade e a ambição climática da política. É o artigo 1º, § 2º e 3º, da referida lei que esclarece que a produção primária agropecuária (como o cultivo de plantas e a criação de animais), assim como os bens, benfeitorias e a infraestrutura em imóveis rurais diretamente relacionados a essa atividade, não são considerados atividades reguladas no âmbito do SBCE.

Destarte, essas atividades ficam isentas das obrigações e regulamentações do mercado de carbono, como a compra e venda de créditos de carbono no âmbito do SBCE, porém, isso não impede que o produtor rural possa implementar projetos de carbono, cumprir as regras estabelecidas e transacionar créditos de carbono no mercado.

Outro ponto da Lei n.°15.042/2024 que merece referência diz respeito às infrações e penalidades previstas na legislação. Para as indústrias brasileiras afetadas pela regulação, a legislação estabelece penalidades rigorosas para o descumprimento das normas, como multas que variam de R$ 50 mil a R$ 20 milhões para pessoas físicas, além de sanções severas para empresas, com valores não inferiores ao custo das obrigações descumpridas, limitados a 3% a 4% do faturamento bruto da pessoa jurídica, grupo ou conglomerado no ano anterior à instauração do processo administrativo.

As penalidades também incluem advertência, publicação da decisão condenatória, embargo de atividades, suspensão parcial ou total de operações e restrição de direitos, como suspensão ou cancelamento de registros, perda de benefícios fiscais e proibição de contratar com a administração pública por até três anos.

A preocupação da legislação em estabelecer multas que podem chegar a R$ 20 milhões ou 3% a 4% do faturamento bruto da pessoa jurídica reflete a necessidade de pressionar os responsáveis pela redução das emissões a cumprir as normas no país. No entanto, é importante ressaltar que a própria legislação internacional e o comércio global também têm contribuído para esse cenário. Um exemplo disso são os países da União Europeia (UE), como Alemanha, França e Holanda, que têm priorizado negociações de produtos e serviços apenas com aqueles que não apresentam pendências ambientais.

Entre os pontos negativos, destacam-se o risco de *“greenwashing”*, no qual empresas compram créditos de carbono sem adotar práticas realmente sustentáveis; o impacto nos custos empresariais, que pode encarecer produtos e serviços; a desigualdade entre países e empresas, com os mais ricos tendo mais facilidade para comprar créditos, o que dificulta o cumprimento dos padrões por países e empresas mais pobres; e problemas de monitoramento e fiscalização, que resultam em fraudes ou falhas na execução, comprometendo os objetivos climáticos.

Como qualquer legislação, a recente Lei 15.042/2024 que institui o SBCE; e altera as Leis nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, 12.651, de 25 de maio de 2012 (Código Florestal), 6.385, de 7 de dezembro de 1976 (Lei da Comissão de Valores Mobiliários), e 6.015, de 31 de dezembro de 1973 (Lei de Registros Públicos), requer ajustes e regulamentações adicionais para detalhar com mais precisão certos segmentos do mercado.

3 METODOLOGIA

Este trabalho se caracteriza como uma pesquisa qualitativa, desenvolvida com base em uma revisão narrativa de literatura, complementada por um estudo de múltiplos casos, seguindo a abordagem metodológica proposta por Yin (2015) e Martins e Theóphilo (2009). A revisão narrativa permite uma compreensão abrangente e crítica sobre o tema, facilitando a identificação de diferentes abordagens, desafios e soluções relacionadas aos mercados de carbono e sua adaptação ao contexto brasileiro. A análise de múltiplos casos visa comparar experiências internacionais na regulamentação e operacionalização desses mercados, identificando padrões e lições que possam contribuir para a implementação eficaz da Lei 14.993/2024 no Brasil.

As fontes de busca utilizadas incluem bases de dados acadêmicas e repositórios eletrônicos conceituados, tais como Google Scholar, Scopus, Web of Science, PubMed e SciELO. Adicionalmente, foram consultados relatórios de organizações internacionais como o IPCC, Banco Mundial e ONU, que oferecem informações relevantes e atualizadas sobre o tema.

Para a busca dos materiais, foram utilizadas palavras-chave e descritores em português, inglês. e espanhol, como "mercado de carbono", "comércio de emissões", "cap-and-trade", "redução de emissões", "políticas climáticas", "mitigação das mudanças climáticas", "créditos de carbono", "sistemas voluntários de carbono" e "mercado regulado de carbono".

Os critérios de inclusão para a seleção dos materiais foram: publicações realizadas nos últimos 20 anos (2004-2024), artigos, teses e dissertações publicados em revistas acadêmicas revisadas por pares e repositórios reconhecidos, documentos e relatórios de organizações internacionais respeitáveis, e estudos que abordassem a implementação, impactos e desafios dos mercados de carbono. Por outro lado, os critérios de exclusão incluíram publicações fora do período estipulado, artigos sem revisão por pares ou publicados em revistas de baixa credibilidade, e materiais que não abordassem diretamente o tema dos mercados de carbono ou sua implementação.

A coleta de dados bibliográficos envolveu a pesquisa nas bases de dados mencionadas utilizando as palavras-chave e descritores definidos. Foram selecionados estudos que atendiam aos critérios de inclusão. Os dados coletados

foram organizados em uma matriz de análise que incluiu informações sobre o título, autores, ano de publicação, objetivos do estudo, metodologia utilizada, principais resultados e conclusões.

A análise dos dados foi realizada de forma qualitativa, buscando identificar padrões, tendências e lacunas na literatura sobre mercados de carbono. A revisão narrativa foi complementada pela análise de múltiplos casos, seguindo as diretrizes de Yin (2015) e Martins e Theóphilo (2009). Esse modelo metodológico permitiu examinar detalhadamente os mercados de carbono implementados na União Europeia, Estados Unidos, China, Suíça e Japão, a fim de compreender suas estruturas regulatórias, impactos econômicos e desafios operacionais.

Para garantir rigor metodológico, foi estabelecido um protocolo de análise inspirado na abordagem de Yin (2015), incluindo a definição de categorias de análise, identificação de variáveis críticas e verificação de padrões de implementação. A estrutura metodológica adotada permitiu uma visão abrangente e crítica do tema, integrando informações de diferentes fontes e perspectivas e fornecendo uma base sólida para as recomendações propostas neste trabalho.

3.1 Protocolo de Análise dos Casos Estudados

O protocolo de análise adotado neste estudo fundamenta-se na abordagem metodológica proposta por Yin (2015) e por Martins e Theóphilo (2009), caracterizando-se como um estudo de múltiplos casos de natureza holística, voltado à comparação estruturada entre diferentes mercados de carbono. Essa opção metodológica busca garantir rigor analítico, padronização e transparência na identificação de padrões, convergências, divergências e boas práticas, permitindo que os resultados obtenham validade externa e relevância para o contexto brasileiro.

O protocolo foi concebido a partir de proposições analíticas que guiaram a seleção e a interpretação dos dados, a saber:

(i) Quais mecanismos regulatórios favorecem a efetiva redução de emissões de gases de efeito estufa;

(ii) De que forma os sistemas de comércio de emissões promovem justiça climática e inclusão socioeconômica;

(iii) Como o uso de tecnologias digitais e a integração internacional ampliam a eficácia e a robustez dos mercados de carbono.

Com base nessas proposições, definiram-se categorias de análise e variáveis críticas, utilizadas para examinar de forma comparativa os casos estudados:

- Estrutura Regulatória – existência e abrangência da legislação, desenho institucional, clareza normativa e estabilidade regulatória. Variáveis críticas: base legal, órgãos gestores, grau de centralização/descentralização, mecanismos de governança.
- Mecanismos de MRV (Monitoramento, Relato e Verificação) – exigências técnicas, periodicidade, auditoria e transparência. Variáveis críticas: obrigatoriedade, independência da verificação, padronização de metodologias, acesso público aos dados.
- Modelo de Alocação de Permissões – tipo de sistema (cap-and-trade ou híbrido), formas de distribuição (gratuita ou via leilão), ajustes periódicos. Variáveis críticas: proporção de permissões leiloadas, critérios de gratuidade, revisões no teto de emissões.
- Instrumentos de Inclusão Social e Justiça Climática – medidas para mitigar impactos em comunidades vulneráveis e promover equidade. Variáveis críticas: fundos de transição justa, programas de compensação social, apoio a pequenos emissores/produtores.
- Uso de Tecnologias Digitais – adoção de ferramentas para segurança, rastreabilidade e eficiência operacional. Variáveis críticas: uso de blockchain, interoperabilidade de plataformas, automação de registros e transações.
- Integração Internacional – articulação com outros mercados e reconhecimento de créditos externos. Variáveis críticas: participação em sistemas interligados, acordos bilaterais/multilaterais, harmonização de padrões.
- Impactos Observados – efeitos econômicos, ambientais e sociais evidenciados nos casos. Variáveis críticas: redução percentual de emissões, efeitos sobre preços e competitividade, benefícios socioambientais.

Fontes de dados e triangulação: para cada caso, foram consultados relatórios oficiais (ex.: EU ETS, Cap-and-Trade da Califórnia, mercado de carbono da China), documentos legais, publicações de organismos internacionais (ONU, Banco Mundial, OCDE), artigos científicos revisados por pares e estudos técnicos de centros

especializados. Sempre que possível, as informações foram trianguladas entre pelo menos duas fontes independentes para fortalecer a confiabilidade dos achados.

Etapas de aplicação do protocolo:

1. Seleção e organização dos documentos e bases de dados para cada caso.
2. Leitura exploratória e categorização preliminar dos conteúdos.
3. Preenchimento de uma matriz comparativa, registrando as variáveis críticas para cada categoria.
4. Análise individual dos casos, identificando características próprias e contextuais.
5. Comparação cruzada entre casos para identificar padrões, recorrências e divergências.
6. Síntese interpretativa, relacionando os resultados às proposições iniciais e à aplicabilidade no contexto brasileiro.

A Seção 4 – Resultados e Discussão foi estruturada a partir desse protocolo, permitindo que a transição entre a descrição metodológica e a análise comparativa seja explícita e verificável. Essa abordagem garante que o estudo mantenha coerência interna, reprodutibilidade e clareza quanto ao caminho analítico percorrido, conforme recomendações de Yin (2015) e Martins e Theóphilo (2009).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise apresentada nesta seção foi conduzida com base no protocolo de análise definido na Seção 3.1, estruturado segundo a abordagem metodológica de Yin (2015) e Martins e Theóphilo (2009) para estudos de múltiplos casos holísticos. Esse protocolo estabeleceu proposições analíticas, categorias de análise e variáveis críticas que orientaram toda a investigação, garantindo coerência metodológica e comparabilidade entre os casos estudados.

Cada mercado de carbono analisado — União Europeia, Califórnia (EUA), China, Suíça, Japão e Brasil — foi examinado individualmente, seguindo as categorias definidas:

- Estrutura Regulatória
- Mecanismos de MRV (Monitoramento, Relato e Verificação)
- Modelo de Alocação de Permissões
- Instrumentos de Inclusão Social e Justiça Climática
- Uso de Tecnologias Digitais
- Integração Internacional
- Impactos Observados

As variáveis críticas de cada categoria foram preenchidas a partir de fontes múltiplas e trianguladas, conforme descrito na metodologia, permitindo a identificação de padrões, convergências, divergências e boas práticas. Essa estrutura analítica também possibilitou uma interpretação crítica sobre a aplicabilidade das experiências internacionais ao contexto brasileiro, elemento central para responder à questão de pesquisa e alcançar o objetivo geral deste estudo.

Nos subitens seguintes, os resultados são apresentados inicialmente de forma descritiva para cada caso e, em seguida, sintetizados em uma análise comparativa que evidencia lições aprendidas, boas práticas e recomendações para o mercado de carbono no Brasil.

4.1 Análise Comparativa dos Casos

Os resultados obtidos demonstram que não existe um modelo único de mercado de carbono, mas sim arranjos adaptados às condições políticas, econômicas e institucionais de cada país. A experiência internacional evidencia que a eficiência regulatória depende de mecanismos de monitoramento e verificação sólidos, da ampliação progressiva dos leilões de permissões e da incorporação de tecnologias digitais que aumentem a transparência.

Ao mesmo tempo, constatou-se que os aspectos de inclusão social e justiça climática ainda ocupam posição secundária na maioria dos mercados, o que limita seu potencial transformador em termos de equidade. A integração internacional permanece incipiente, mas tende a ganhar relevância diante da necessidade de harmonizar padrões e ampliar a liquidez dos sistemas.

A Tabela 3 sintetiza de forma sistemática os resultados da análise comparativa dos mercados investigados, organizada a partir das categorias de análise e variáveis críticas estabelecidas no delineamento metodológico. A estruturação dos dados segue a abordagem proposta por Yin (2015) para estudos de caso comparados e os parâmetros metodológicos de Martins e Theóphilo (2009), o que permite maior clareza na exposição dos achados e favorece a interpretação dos resultados obtidos:

Tabela 3 - Resultados segundo os critérios do método de Yin (2015)

Estrutura Regulatória	MRV	Alocação de Permissões	Inclusão Social e Justiça Climática	Tecnologias Digitais	Integração Internacional	Impacto Observad
Sistema consolidado desde 2005; abrangência ampla (energia, indústria, aviação)	Regras rígidas de monitoramento e verificação; auditoria independente	Leilões progressivos; redução de permissões gratuitas	Apoio a setores vulneráveis e fundos climáticos	Uso de plataformas digitais robustas	Ligação com mercado suíço e influência global	Redução emissões 35% (2 2019)
Lei estadual; Cap-and-Trade em vigor desde 2013	Relatórios anuais auditados por terceiros	Leilões como principal método; algumas permissões gratuitas	Parte da receita revertida para comunidades vulneráveis	Registro digital integrado	Integração com Quebec	Cumprimen da meta 2020; investiment em en limpa
Sistema nacional lançado em 2021; foco inicial no setor de energia	Estrutura em evolução, ainda em consolidação	Distribuição majoritariamente gratuita no início	Pouca ênfase em justiça climática até agora	Desenvolvimento gradual de registros digitais	Fase inicial; busca de integração futura	Maior mer do mu ajustes andamento
Estrutura alinhada ao EU ETS	Regras semelhantes ao europeu	Baseada em critérios próximos ao europeu	Sem destaque específico	Ferramentas digitais harmonizadas	Integrado ao EU ETS	Redução custos conformidad
Sistema voluntário; participação empresarial	Monitoramento flexível	Acordos voluntários	Incentivos indiretos; adesão empresarial	Ferramentas digitais de reporte	Projetos voluntários internacionais	Contribuiçõ parciais, obrigação le
Sistema cap-and-trade em implantação	Regulamentação de MRV ainda em detalhamento	Combinação prevista de permissões gratuitas e leilões futuros	Potencial de inclusão via programas sociais e projetos REDD+	Etapa inicial de digitalização	Discussão sobre compatibilidade com mercados externos	Potencial mas des de governar

a (2025).

Os sistemas de comércio de emissões (ETS) na União Europeia (EU ETS) e na Califórnia (Cap-and-Trade) compartilham várias semelhanças em suas abordagens reguladas, com a criação de tetos de emissões e a utilização de leilões para alocação de permissões. Ambos os sistemas têm foco na redução de emissões de grandes setores industriais e energéticos. A principal diferença reside na escala e na integração com outros mercados, com o EU ETS sendo o maior mercado de carbono multinacional, enquanto o sistema da Califórnia é vinculado ao mercado de Quebec (Castro, 2023).

O Sistema Nacional de Comércio de Emissões da China é notável por sua rápida expansão e foco inicial no setor de energia. Diferentemente dos sistemas da UE e da Califórnia, o sistema chinês foi implementado em fases, permitindo ajustes e melhorias contínuas. A abordagem da China destaca a importância da flexibilidade e da adaptação às realidades locais na criação de um mercado de carbono eficaz (Oliveira, 2021).

A Suíça, ao vincular seu sistema de comércio de emissões ao EU ETS, exemplifica a integração e harmonização entre mercados de carbono. Esta ligação aumentou a liquidez e a estabilidade do mercado suíço e promoveu a uniformidade nas políticas climáticas entre as duas regiões. A abordagem da Suíça demonstra os benefícios da colaboração internacional na ampliação dos impactos positivos dos mercados de carbono (Assunção, Merlin, 2022).

O Sistema Voluntário de Comércio de Emissões do Japão difere dos outros casos por sua natureza não regulada. A flexibilidade e a inclusão de uma gama de participantes, desde grandes corporações até pequenas empresas, são características marcantes. A ênfase do Japão na inovação tecnológica e na responsabilidade social corporativa mostra que os mercados voluntários podem complementar os sistemas regulados, incentivando ações climáticas além das exigências legais (Basso; Delfino, 2015)

Os benefícios econômicos observados em todos esses sistemas incluem a geração de receitas por intermédio de leilões de permissões e a criação de novos empregos e investimentos em tecnologias limpas. Por exemplo, os leilões no EU ETS e no Cap-and-Trade da Califórnia geraram fundos para projetos de sustentabilidade e eficiência energética, demonstrando como os mercados de carbono apoiam o desenvolvimento econômico sustentável (Godoy; Saes, 2015)

Os desafios comuns enfrentados incluem a necessidade de monitoramento e verificações independentes para garantir a integridade dos mercados. A transparência e a confiança são importantes e todos os sistemas analisados implementaram mecanismos de monitoramento, relatório e verificação (MRV) para manter a credibilidade. A adaptação

contínua das políticas para melhorar a eficiência e a eficácia dos mercados é outro fator para seu sucesso a longo prazo (Oliveira, 2021).

Os sistemas regulados, como os da UE e da Califórnia, enfrentaram questões como a alocação inicial excessiva de permissões, que resultou em preços baixos de carbono e reduções limitadas de emissões. Esses problemas foram abordados a partir de ajustes nas políticas de alocação e na introdução de mecanismos de estabilidade de mercado, como a reserva de estabilidade do mercado (MSR) da UE (Castro, 2023).

Os sistemas voluntários, como o do Japão, mostraram que a flexibilidade e a inclusão incentivam uma maior participação. No entanto, a falta de regulamentação levar a preocupações sobre a qualidade e a veracidade dos créditos de carbono. A implementação de padrões de certificação e a verificação dos projetos contribuem para manter a integridade desses mercados (Assunção, Merlin, 2022).

A colaboração internacional tem sido um fator crítico para o sucesso dos mercados de carbono analisados. A partilha de melhores práticas e apoio técnico entre os países têm ajudado a superar desafios comuns e a harmonizar políticas climáticas. A experiência da Suíça em vincular seu sistema ao EU ETS é um exemplo notável de como a colaboração fortalece os mercados de carbono e ampliar seus impactos positivos (Godoy; Saes, 2015)

A análise comparativa dos diferentes modelos de mercados de carbono revela uma diversidade de abordagens e estratégias que refletem as realidades locais e os objetivos específicos de cada região. As lições aprendidas e as boas práticas desses sistemas oferecem informações para a implementação de um mercado de carbono otimizado no Brasil.

4.1.3 Lições aprendidas e boas práticas

Uma das principais lições aprendidas é a importância da flexibilidade e da adaptação contínua das políticas de mercado de carbono. A implementação faseada do sistema chinês permitiu ajustes com base nas lições aprendidas e na evolução das condições do mercado, destacando a importância de uma abordagem flexível para alcançar resultados eficazes.

A integração e a harmonização de políticas climáticas, como demonstrado pela Suíça e a UE aumentam a eficácia dos mercados de carbono. A ligação entre os sistemas suíço e europeu aumentou a liquidez e a estabilidade do mercado, promovendo uma ação

climática mais coordenada e eficiente. Esta prática, se adaptada, promove a cooperação regional e internacional em mercados de carbono.

Os mecanismos de monitoramento, relatório e verificação (MRV) mantêm a integridade e a credibilidade dos mercados de carbono. Todos os sistemas analisados implementaram processos de MRV para garantir que as reduções de emissões sejam reais, adicionais e verificáveis. A adoção de padrões rigorosos de MRV é uma prática para qualquer mercado de carbono.

A utilização de leilões para a alocação de permissões, como observado no EU ETS e no Cap-And-Trade da Califórnia, promove a transparência e a eficiência do mercado. Os leilões ajudam a evitar a alocação excessiva de permissões e garantem que os preços do carbono reflitam o verdadeiro custo das emissões.

Os benefícios econômicos e ambientais dos mercados de carbono são documentados. A geração de receitas por meio de leilões de permissões tem financiado uma gama de projetos de sustentabilidade, desde melhorias na infraestrutura de transporte público até investimentos em energias renováveis e eficiência energética. Esses investimentos importam para a transição para uma economia de baixo carbono.

Os sistemas voluntários, como o do Japão, demonstram que a flexibilidade e a inclusão incentivam uma participação mais abrangente: a ênfase na responsabilidade social corporativa e na inovação tecnológica são práticas que complementam os sistemas regulados, incentivando ações climáticas além das exigências legais e promovendo a sustentabilidade.

A colaboração internacional é uma prática para o desenvolvimento e a implementação eficaz de mercados de carbono. A partilha de melhores práticas e o apoio técnico entre países contribuem para superação de desafios comuns e promover a harmonização das políticas climáticas. A colaboração contínua entre os países fortalece para o enfrentamento dos desafios globais das mudanças climáticas.

A educação e a conscientização estão relacionadas com o sucesso dos mercados de carbono. Campanhas de conscientização e programas de educação, como os implementados no Japão, ajudam a aumentar a participação e a criar uma cultura de responsabilidade ambiental. A educação contínua sobre os benefícios dos mercados de carbono e a importância da redução de emissões é essencial.

Os desafios enfrentados, como a alocação excessiva de permissões e a volatilidade dos preços do carbono, destacam a importância de ajustes contínuos nas políticas. A experiência do EU ETS em implementar uma reserva de estabilidade do

mercado (MSR) é um exemplo de que a adaptação contínua das políticas é importante para garantir a eficácia a longo prazo dos mercados de carbono.

Finalmente, a integração de práticas de justiça ambiental garante que os benefícios dos mercados de carbono sejam distribuídos de forma equitativa. A destinação de receitas de leilões para comunidades desfavorecidas, como observado na Califórnia, é uma prática que promove a inclusão social e a equidade ambiental. Garantir que todas as partes interessadas se beneficiem contribui para o sucesso sustentável dos mercados de carbono.

4.2 Propostas para o Brasil

Com base nos casos de sucesso analisados, é possível identificar uma série de recomendações que orientam a implementação de um mercado de carbono eficaz no Brasil. A adaptação dessas práticas ao contexto brasileiro ajuda o enfrentamento dos desafios das mudanças climáticas e promove uma economia sustentável.

4.2.1 Adaptabilidade das práticas ao contexto brasileiro

O contexto brasileiro oferece uma série de oportunidades para a adaptação das práticas bem-sucedidas observadas nos sistemas de comércio de emissões analisados. A vasta extensão territorial do Brasil e sua diversidade de biomas apresentam um potencial para projetos de redução de emissões em setores como energia renovável, reflorestamento e manejo de resíduos.

A implementação do sistema de comércio de emissões no Brasil está se beneficiando da abordagem faseada. Como foi utilizada pela China.

A experiência da Suíça em vincular seu sistema ao EU ETS demonstra a importância da harmonização das políticas climáticas. O Brasil pode explorar parcerias regionais e internacionais para aumentar a liquidez e a estabilidade do mercado de carbono. A cooperação com países da América Latina cria um mercado integrado, promovendo uma ação climática mais coordenada.

Os mecanismos de monitoramento, relatório e verificação (MRV) observados nos sistemas da UE e da Califórnia garantem a integridade do mercado brasileiro. A adoção de processos de MRV assegura que as reduções de emissões sejam reais, adicionais e verificáveis, aumentando a confiança no mercado de carbono.

A utilização de leilões para a alocação de permissões promove a transparência e a eficiência do mercado de carbono no Brasil. Aprender com os exemplos do EU ETS e do Cap-and-Trade da Califórnia contribui para que não haja alocação excessiva de permissões e garantir que os preços do carbono reflitam o verdadeiro custo das emissões.

Os benefícios econômicos dos mercados de carbono, como a geração de receitas por meio de leilões de permissões, financiam projetos de sustentabilidade no Brasil. Investimentos em infraestrutura de transporte público, energias renováveis e eficiência energética são necessárias para a transição para uma economia de baixo carbono.

A experiência do Japão com sistemas voluntários demonstra que a flexibilidade e a inclusão incentivam uma maior participação. Incorporar práticas de responsabilidade social corporativa e inovação tecnológica complementa o sistema regulado, promovendo ações climáticas além das exigências legais.

A colaboração internacional é importante para o desenvolvimento e a implementação efetiva do mercado de carbono no Brasil. Compartilhar melhores práticas e receber apoio técnico de outros países e organizações internacionais contribuirá para a superação de desafios comuns e promoverá a harmonização das políticas climáticas.

A educação e a conscientização são importantes para o sucesso do mercado de carbono no Brasil. Campanhas de conscientização e programas de educação aumentam a participação e criar uma cultura de responsabilidade ambiental. Informar o público e as empresas sobre os benefícios dos mercados de carbono e a importância da redução de emissões é essencial.

A integração de práticas de justiça ambiental garante que os benefícios do mercado de carbono sejam distribuídos de forma equitativa. Destinar receitas de leilões para comunidades desfavorecidas promovem a inclusão social e a equidade ambiental, assegurando que todas as partes interessadas se beneficiem das políticas climáticas.

4.2.2 Recomendações baseadas nos casos de sucesso analisados

A adoção de uma abordagem faseada, semelhante à utilizada pela China, começando com setores estratégicos como energia e indústria, permitirá ajustes e melhorias antes de expandir para outros setores. A flexibilidade e a adaptação contínua das políticas garantem a eficácia do mercado. Com a aprovação da Lei 15.042/2024, essas diretrizes se tornam ainda mais relevantes, pois exigem a criação de um mercado

estruturado e transparente. Explorar parcerias regionais e internacionais para harmonizar políticas climáticas aumenta a liquidez e a estabilidade do mercado de carbono. A cooperação com países da América Latina cria um mercado integrado, promovendo uma ação climática mais coordenada, seguindo o exemplo da Suíça e da UE.

Implementar mecanismos de monitoramento, relato e verificação (MRV) para garantir que as reduções de emissões sejam reais, adicionais e verificáveis é essencial. Aprender com os sistemas da UE e da Califórnia fortalecerá a confiança no mercado de carbono brasileiro. A Lei 15.042/2024 já estabelece diretrizes para a regulação e fiscalização desse mercado, tornando fundamental a implementação de boas práticas internacionais. Utilizar leilões para a alocação de permissões promoverá a transparência e a eficiência do mercado de carbono. Essa prática, observada no EU ETS e no Cap-and-Trade da Califórnia, ajudará a evitar a alocação excessiva de permissões. A receita gerada pelos leilões de permissões permite financiamento de projetos de sustentabilidade, desde melhorias na infraestrutura de transporte público até investimentos em energias renováveis e eficiência energética.

Complementar o sistema regulado com práticas de responsabilidade social corporativa e inovação tecnológica, incentivando ações climáticas além das exigências legais, conforme demonstrado pelo sistema voluntário do Japão, é uma prática recomendada. Manter e fortalecer a colaboração internacional para compartilhar melhores práticas e receber apoio técnico é vital.

Investir em campanhas de conscientização e programas de educação para aumentar a participação e criar uma cultura de responsabilidade ambiental é importante. Informar o público e as empresas sobre os benefícios dos mercados de carbono e a importância da redução de emissões reflete no sucesso do mercado. Integrar práticas de justiça ambiental para garantir que os benefícios do mercado de carbono sejam distribuídos de forma equitativa é fundamental. Destinar receitas de leilões para comunidades desfavorecidas pode promover a inclusão social e a equidade ambiental.

É necessário estabelecer um processo contínuo de revisão e adaptação das políticas para enfrentar desafios emergentes e melhorar a eficácia do mercado de carbono. A experiência do EU ETS com a implementação de uma reserva de estabilidade do mercado (MSR) serve de modelo para ajustes contínuos no Brasil. Com o advento da Lei 15.042/2024, o Brasil precisa garantir mecanismos eficazes para revisão periódica do mercado, evitando desequilíbrios e assegurando que as metas de emissão sejam cumpridas. Essas recomendações, baseadas nas lições aprendidas de sistemas de

comércio de emissões bem-sucedidos ao redor do mundo, podem orientar a consolidação de um mercado de carbono no Brasil, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas e o desenvolvimento sustentável.

4.2.3 Possíveis adaptações e implementação no contexto brasileiro

A adaptação das práticas bem-sucedidas de mercados de carbono ao contexto brasileiro requer avaliação das características econômicas, sociais e ambientais do país. Com a Lei 15.042/2024, torna-se essencial regulamentar o mercado de carbono, para que se equilibre a sustentabilidade ambiental com o crescimento econômico. Primeiramente, deve ser cumprido o cronograma de implementação da legislação, começando com setores estratégicos como energia e indústria, permitindo ajustes e melhorias antes de expandir para outros setores. Esta estratégia, inspirada no modelo chinês, proporcionará a flexibilidade necessária para enfrentar desafios específicos do Brasil.

A harmonização de políticas com países da América Latina se apresenta como uma forma eficaz de aumentar a liquidez e a estabilidade do mercado de carbono. A criação de um mercado integrado regional promove uma ação climática mais coordenada, seguindo o exemplo da Suíça e da União Europeia. Isso também facilitaa a cooperação técnica e o compartilhamento de melhores práticas entre os países, alinhando-se aos objetivos da Lei n.°15.042/2024.

Para garantir a integridade do mercado, deve se atentar para os mecanismos de monitoramento, relato e verificação (MRV). O Brasil tem a oprtunidade de aprender com os sistemas da União Europeia e da Califórnia, que implementaram processos de MRV para assegurar que as reduções de emissões sejam reais, adicionais e verificáveis, alcançando o fortalecimento da confiança no mercado de carbono brasileiro e garantiria conformidade com as diretrizes estabelecidas na Lei 15.042/2024.

A utilização de leilões para a alocação de permissões de emissão promoverá a transparência e a eficiência do mercado. Essa prática, observada no EU ETS e no Cap-And-Trade da Califórnia evita a alocação excessiva de permissões e garantir que os preços do carbono reflitam o verdadeiro custo das emissões. A receita gerada por esses leilões pode ser destinada a financiar projetos de sustentabilidade, como melhorias na infraestrutura de transporte público e investimentos em energias renováveis e eficiência energética.

A integração de sistemas voluntários complementa o mercado regulado, incentivando práticas de responsabilidade social corporativa e inovação tecnológica. A experiência do Japão mostra que a flexibilidade e a inclusão aumentam a participação e promover ações climáticas além das exigências legais. Empresas brasileiras são incentivadas a participar voluntariamente e a investir em tecnologias limpas, promovendo uma transição mais equilibrada para a economia de baixo carbono.

A colaboração internacional é importante para o desenvolvimento do mercado de carbono no Brasil. Parcerias com outros países e organizações internacionais proporcionam apoio técnico e facilitar a harmonização das políticas climáticas. Compartilhar conhecimentos e melhores práticas ajudará a superar desafios comuns e a promover uma abordagem coordenada para a mitigação das mudanças climáticas.

Necessário investir em campanhas de conscientização e programas de educação para aumentar a participação e criar uma cultura de responsabilidade ambiental. Informar o público e as empresas sobre os benefícios dos mercados de carbono e a importância da redução de emissões é importante para o sucesso do mercado. A conscientização deve ser ampliada por meio de campanhas, cartilhas innstitucionais, seminários, enfim, políticas públicas que se alinhem com as exigências educacionais presentes na Lei 15.042/2024.

Integrar práticas de justiça ambiental garantirá que os benefícios do mercado de carbono sejam distribuídos de forma equitativa. Destinar receitas de leilões para comunidades desfavorecidas promove a inclusão social e a equidade ambiental. Garantir que todas as partes interessadas se beneficiem das políticas climáticas leva ao sucesso sustentável o mercado de carbono.

Finalmente, imperioso estabelecer um processo contínuo de revisão e adaptação das políticas para enfrentar desafios emergentes e melhorar a eficácia do mercado de carbono. A experiência do EU ETS com a implementação de uma reserva de estabilidade do mercado (MSR) serve de modelo para ajustes contínuos no Brasil. Adaptar essas práticas ao contexto brasileiro, dentro das diretrizes da Lei 15.042/2024, ajudará a regulamentar o mercado de carbono, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas e o desenvolvimento sustentável.

4.2.4 Impactos esperados (econômicos, ambientais, sociais)

A regulamentação e cumprimento de prazos nesse período de implementação do mercado de carbono no Brasil trará diversos impactos em diferentes áreas, conforme estabelecido pela Lei 15.042/2024. Economicamente, espera-se um aumento nos investimentos em tecnologias limpas e energias renováveis, impulsionando a inovação e criando novos empregos. As receitas geradas por leilões de permissões financiam projetos de sustentabilidade, fortalecendo a infraestrutura verde e promovendo o crescimento econômico sustentável. Esses investimentos ajudarão a reduzir a dependência de combustíveis fósseis e a promover a diversificação da matriz energética do país, alinhando-se aos compromissos climáticos assumidos pelo Brasil.

O mercado de carbono também incentivará as empresas a adotarem práticas mais eficientes e a investirem em tecnologias de baixa emissão. A pressão para reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) levará ao desenvolvimento de novos produtos e processos, aumentando a competitividade das empresas brasileiras no mercado global. A adoção de tecnologias limpas resulta em economias de longo prazo para as empresas, além de abrir novas oportunidades de negócios no mercado de carbono.

Ambientalmente, a redução das emissões de GEE contribuirá para a mitigação das mudanças climáticas. A implementação de projetos de reflorestamento e manejo florestal sustentável ajudará a conservar a biodiversidade, protegendo habitats críticos e promovendo a resiliência climática. Esses projetos também contribuirão para a captura e armazenamento de carbono, ajudando a compensar as emissões de outros setores. A melhoria da qualidade do ar resultante da redução de emissões terá impactos positivos na saúde pública, reduzindo a incidência de doenças respiratórias e cardiovasculares.

O mercado de carbono também promoverá a conservação dos recursos naturais, incentivando o uso eficiente da água e da energia. Projetos de eficiência energética e energias renováveis reduzirão a pressão sobre os recursos naturais, contribuindo para a sustentabilidade ambiental. A adoção de práticas de responsabilidade ambiental por parte das empresas ajudará a reduzir a poluição e a degradação ambiental, promovendo um ambiente mais saudável para as futuras gerações.

Socialmente, o mercado de carbono poderá promover a inclusão social e a equidade ambiental. A destinação de receitas de leilões para comunidades desfavorecidas ajudará a mitigar os impactos das mudanças climáticas nessas áreas, proporcionando benefícios econômicos e sociais diretos. A criação de empregos verdes e o fortalecimento das capacidades locais contribuirão para o desenvolvimento comunitário

e a melhoria das condições de vida. Esses investimentos ajudarão a reduzir as desigualdades sociais e econômicas, promovendo uma sociedade mais justa e equitativa.

A conscientização e a educação ambiental aumentarão a participação pública e empresarial, criando uma cultura de responsabilidade ambiental. Campanhas de conscientização e programas de educação ajudarão a informar o público sobre os benefícios dos mercados de carbono e a importância da redução de emissões. A educação ambiental incentivará comportamentos mais sustentáveis, promovendo mudanças positivas no estilo de vida e nos padrões de consumo.

A integração de práticas de justiça ambiental garantirá que os benefícios do mercado de carbono sejam distribuídos de forma equitativa. Projetos de sustentabilidade financiados pelo mercado de carbono beneficiarão comunidades vulneráveis, promovendo uma distribuição justa dos recursos e melhorando a qualidade de vida. A inclusão de comunidades desfavorecidas no desenvolvimento e implementação de projetos de carbono garantirá que suas necessidades e prioridades sejam atendidas.

A colaboração internacional e o compartilhamento de melhores práticas fortalecerão o mercado de carbono, ajudando o Brasil a se posicionar como líder na luta global contra as mudanças climáticas. Parcerias com outros países e organizações internacionais proporcionarão apoio técnico e facilitarão a harmonização das políticas climáticas. Essa colaboração ajudará a superar desafios comuns e a promover uma abordagem coordenada para a mitigação das mudanças climáticas.

A Lei nº 15.042/2024, que institui o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões (SBCE), já se encontra vigente, estabelecendo o marco legal para a criação do mercado regulado de carbono no Brasil. No entanto, sua implementação foi desenhada de forma faseada, com etapas que se estendem por vários anos e que dependem de regulamentações específicas para se tornarem plenamente operacionais.

Essa regulamentação, a cargo do Poder Executivo, ainda não foi integralmente publicada, o que gera incertezas tanto para os agentes econômicos quanto para os setores regulados. A ausência de normas detalhadas dificulta a definição de obrigações claras, a preparação das empresas para o cumprimento das metas e a atração de investimentos voltados à descarbonização.

A lentidão na regulamentação também reduz a previsibilidade e pode comprometer a credibilidade do mercado nascente, especialmente diante da necessidade de alinhar o Brasil às práticas internacionais já consolidadas em outras jurisdições. Além disso, o país corre o risco de perder oportunidades econômicas associadas à venda de créditos e à

integração com mercados externos, que exigem transparência, segurança jurídica e sistemas de monitoramento operantes.

Portanto, uma regulamentação célere é essencial não apenas para viabilizar a efetiva implementação da lei, mas também para garantir que o mercado de carbono brasileiro se torne competitivo, atraente a investidores e capaz de cumprir seu papel estratégico na transição para uma economia de baixo carbono.

A análise comparativa dos mercados de carbono em diferentes países evidenciou tanto convergências quanto divergências em seus arranjos institucionais e operacionais.

No que se refere à estrutura regulatória, observou-se que jurisdições mais consolidadas, como a União Europeia, apresentam marcos normativos detalhados e instituições de governança bem estabelecidas, enquanto mercados emergentes, como o brasileiro, ainda se encontram em fase de construção de arcabouço jurídico e institucional.

Quanto aos mecanismos de monitoramento, relato e verificação (MRV), verificou-se que sistemas maduros (UE, Califórnia, Suíça) já dispõem de protocolos e padronizados, o que assegura maior confiabilidade aos dados reportados. Em contrapartida, países em estágios iniciais enfrentam desafios de capacitação técnica, disponibilidade de dados e infraestrutura tecnológica.

O modelo de alocação de permissões mostrou-se um dos pontos mais sensíveis. Em geral, países adotam esquemas híbridos, combinando alocação gratuita e leilões. Contudo, a proporção entre esses mecanismos varia de acordo com a maturidade do mercado, as pressões setoriais e os objetivos climáticos. Em mercados mais consolidados, a tendência é ampliar o uso de leilões como forma de precificação e geração de receita pública.

No campo dos instrumentos de inclusão social e justiça climática, identificou-se que ainda há limitações importantes. Algumas experiências, como os programas na Califórnia, têm buscado destinar parte das receitas para comunidades vulneráveis, mas de modo geral esse aspecto permanece secundário em relação às metas de redução de emissões.

O uso de tecnologias digitais tem se mostrado um diferencial relevante. Plataformas de blockchain e sistemas de rastreabilidade vêm sendo incorporados em mercados mais recentes, aumentando a transparência das transações e reduzindo riscos de fraude. Essa inovação tende a ser um dos eixos centrais de aperfeiçoamento do mercado brasileiro.

Quanto à integração internacional, verificou-se que poucos mercados já possuem conexões efetivas (como a integração entre a Suíça e a União Europeia). A maioria dos sistemas ainda opera de forma isolada, embora se observe uma crescente preocupação com a harmonização de metodologias e padrões, de modo a permitir maior compatibilidade futura.

Por fim, em relação aos impactos observados, constatou-se que os mercados mais consolidados já apresentam resultados mensuráveis em termos de redução de emissões, ao passo que países em implementação ainda concentram esforços na criação de infraestrutura regulatória e institucional. Apesar disso, mesmo em fases iniciais, o mercado de carbono tem se mostrado um instrumento relevante para induzir inovação, atrair investimentos e sinalizar compromissos de descarbonização.

Os resultados da pesquisa indicam que, embora não exista um modelo único, a experiência internacional revela a importância de combinar governança sólida, instrumentos econômicos eficientes e mecanismos de inclusão social, de forma a consolidar mercados de carbono que sejam, ao mesmo tempo, eficazes no cumprimento de metas climáticas e socialmente justos.

Os resultados organizados segundo o método de Yin confirmam a robustez do estudo, garantindo validade, confiabilidade e aplicabilidade prática das conclusões. Assim, consolida-se a base teórica e metodológica que sustenta as propostas apresentadas, preparando o terreno para as considerações finais desta dissertação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou uma análise abrangente dos mercados de carbono internacionais e suas possíveis adaptações ao contexto brasileiro, com foco na implementação eficaz do mercado de carbono no Brasil, conforme estabelecido pela Lei 15.042/2024. Foram explorados os sistemas de comércio de emissões implementados na União Europeia, Estados Unidos, China, Suíça e Japão, destacando suas abordagens regulatórias, desafios e impactos econômicos, ambientais e sociais. A partir dessa análise comparativa, identificaram-se boas práticas que muito contribuem para a implementação – de fato – e o fortalecimento do mercado de carbono brasileiro.

A pesquisa evidenciou a importância de uma estrutura regulatória para garantir a integridade e a eficácia do mercado. Assim, propuseram-se recomendações específicas para aprimorar a regulamentação da Lei 15.042/2024, enfatizando a necessidade de

mecanismos de monitoramento, relato e verificação (MRV), alocação transparente de permissões de emissão por meio de leilões e incentivo à participação do setor privado. A harmonização com mercados regionais, especialmente dentro da América Latina, também se apresenta como uma estratégia relevante para aumentar a liquidez e a estabilidade do sistema.

Além disso, evidenciou-se a necessidade de medidas complementares, como investimentos em educação ambiental, programas de conscientização e inclusão de princípios de justiça climática para garantir que os benefícios do mercado de carbono sejam distribuídos de forma equitativa. A integração de sistemas voluntários também contribui para o engajamento do setor empresarial e a promoção da inovação tecnológica na descarbonização.

As contribuições deste estudo subsidiam para a formulação de políticas públicas climáticas no Brasil, com foco na regulamentação e eficácia do mercado de carbono estabelecido pela Lei 15.042/2024, destacando práticas que podem ser adaptadas para maximizar os benefícios econômicos, ambientais e sociais.

Algumas limitações devem ser reconhecidas. A análise baseou-se em fontes secundárias, o que, embora permitisse ampla cobertura e comparação internacional, restringe a verificação direta de dados junto a atores-chave dos mercados analisados. Ademais, o recorte temporal considerou majoritariamente documentos e dados disponíveis até o primeiro semestre de 2025, o que não reflete alterações mais recentes nos sistemas estudados. Também não foi realizado um aprofundamento quantitativo para mensurar o impacto de cada mecanismo regulatório sobre a redução efetiva das emissões, o que amplia a robustez das conclusões.

Com base nessas limitações, recomenda-se que pesquisas futuras:

(i) realizem estudos empíricos com entrevistas e aplicação de questionários a gestores públicos, reguladores e representantes do setor privado para captar percepções e desafios práticos;

(ii) aprofundem a avaliação quantitativa do desempenho de mecanismos específicos, como leilões de permissões e fundos de transição justa;

(iii) explorem o papel de tecnologias emergentes — como blockchain, inteligência artificial e plataformas integradas — na governança e na rastreabilidade dos mercados de carbono;

(iv) investiguem, no contexto brasileiro, o impacto da regulamentação sobre setores produtivos específicos, com análise comparativa entre segmentos de alta e baixa intensidade de emissões;

(v) monitorem, ao longo do tempo, a evolução da aplicação da Lei 15.042/2024, verificando se as diretrizes propostas neste estudo se mantêm válidas frente a mudanças políticas, econômicas e tecnológicas.

Diante das análises realizadas, este estudo atingiu seu objetivo de analisar casos concretos de implementação de mercados de carbono regulados e voluntários em diferentes países e propor diretrizes para a implementação eficaz do mercado de carbono no Brasil, considerando os desafios da operacionalização da Lei 15.042/2024 e as melhores práticas internacionais.

REFERÊNCIAS

ASSUNÇÃO, Marcos Venancio Silva; MERLIN, Lise Lise Vieira da Costa Tupiassu. O Projeto de Lei 528/2021 e as bases legais para a criação de um sistema de comércio de emissões cap-and-trade no Brasil. Revista de Direito e Sustentabilidade, v. 8, n. 1, 2022.

AUSTRALIA. Departamento de Meio Ambiente e Energia. "The Australian Carbon Credit Units (ACCUs) Scheme". Artigo publicado em 2022. Disponível em: <http://www.environment.gov.au/climate-change/government/emissions-reduction-fund/about>. Acesso em: 02 jul. 2024.

BANCO MUNDIAL. State and Trends of Carbon Pricing 2023. Washington, DC: World Bank, 2023. Disponível em: https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/. Acesso em:26 fev. 2025.

BARRETO, Luciano; FREITAS, Andréia Cristina; PAIVA, Lígia. Sequestro de carbono. Enciclopédia Biosfera, v. 5, n. 7, 2009.

BASSO, Ana Paula; DELFINO, Letícia de Oliveira. Mercado de carbono e a (in) definição da natureza jurídica dos créditos de carbono na legislação brasileira. Revista de Direito Ambiental e Socioambientalismo, v. 1, n. 1, p. 126-180, 2015.

BOWN, Chad P.; CLAUSING, Kimberly A. How trade cooperation by the United States, the European Union and China can fight climate change. Washington, DC: Peterson Institute for International Economics, 2023. (Working Paper, n. 23-8). Disponível em: https://www.piie.com/publications/working-papers/how-trade-cooperation-united-states-european-union-and-china-can. Acesso em: 14 set. 2025.

BRASIL. Lei nº 14.993, de 30 de maio de 2024. Dispõe sobre a regulamentação do mercado de carbono no Brasil, estabelece diretrizes para a precificação de carbono e institui mecanismos de mitigação de emissões de gases de efeito estufa. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 31 maio 2024. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/l14993.htm. Acesso em: 26 fev. 2024.

BRASIL. Lei nº 15.042, de 11 de dezembro de 2024. Institui o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE); altera as Leis nºs 12.187, de 29 de dezembro de 2009, 12.651, de 25 de maio de 2012 (Código Florestal), 6.385, de 7 de dezembro de 1976 (Lei da Comissão de Valores Mobiliários), e 6.015, de 31 de dezembro de 1973 (Lei de Registros Públicos). Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 11 dez. 2024. Disponível em: https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2024/lei-15042-11-dezembro-2024-796690-publicacaooriginal-173745-pl.html. Acesso em: 14 set. 2025.

CASTRO, Luiza Maia de. Análise De Mercado De Carbono No Brasil: Aspectos De Eficiência e Equidade. 2013. Dissertação (Mestrado em Planejamento Estratégico). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2023.

CENAMO, Mariano Colini. Mudanças climáticas, o protocolo de Quioto e mercado de carbono. CEPEA, ESALQ-USP, v. 14, n. 06, p. 2011, 2004.

COMMISSION EUROPEAN. The European Green Deal. European Commission, 2019-2024. Disponível em: https:/commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-201

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). Proposta da Indústria para o Mercado Regulamentado de Carbono. Brasília: CNI, 2022. Disponível em: <https://www.cni.org.br/publicacoes/relatorio_mercado_carbono.pdf>. Acesso em: 02 jul. 2024.

DELAZERI, Gabriel; RIVERO, João Miguel Da Luz. Mercado de carbono: aspectos jurídicos e negociais. 6ª Mostra Acadêmica Unimep. 2008.

DELGADO, Marta Fioravante; ALTHEMAN, Edman. Estudo sobre a viabilidade financeira do Mercado de Carbono. Revista de Ciências Jurídicas e Empresariais, v. 8, n. 1, 2007.

Diana Vela Almeida, Vijay Kolinjivadi, Tomaso Ferrando, Brototi Roy, Héctor Herrera, Marcela Vecchione Gonçalves, Gert Van Hecken, The “Greening” of Empire: The European Green Deal as the EU first agenda, Political Geography, Volume 105, 2023, 102925, ISSN 0962-6298, https://doi.org/10.1016/j.polgeo.2023.102925. (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0962629823001038)

ECOSSECURITIES. Relatório de Status de Preços de Carbono de 2024. Relatório técnico. Fundo Vale, 2022. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/pdf/protocolo_quioto.pdf>. Acesso em: 02 jul. 2024.

GODOY, Sara Gurfinkel Marques de; SAES, Maria Sylvia Macchione. Cap-and-Trade e projetos de redução de emissões: comparativo entre mercados de carbono, evolução e desenvolvimento. Ambiente & Sociedade, v. 18, p. 135-154, 2015.

GUTIERREZ, Maria Bernadete. O mercado de carbono e o mecanismo de desenvolvimento limpo: a necessidade de um marco regulatório/institucional para o Brasil. Regulação e concorrência no Brasil: governança, incentivos e eficiência, p. 271-288, 2007.

LIMA, Artur Paiva de. Os obstáculos jurídicos para a implementação de um mercado de créditos de carbono no Brasil. 2023.

LIMA, Maria Cecilia Costa et al. Revisão dos avanços normativos e aspectos regulatórios sobre hidrogênio verde, combustíveis sintéticos e captura de carbono no Brasil. Latin American Journal of Energy Research, v. 11, n. 2, p. 249-263, 2024.

MARTINS, Gilberto de Andrade; THEÓPHILO, Carlos Renato. Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

MOREIRA, Alexandre Magno Augusto; SILVA, Marcos Alves da. Mercado de créditos de carbono: uma análise crítica legislativa. Percurso, v. 1, n. 42, p. 18-20, 2022.

MUNHOZ, Leonardo. Regulação do mercado de carbono brasileiro. AgroANALYSIS, v. 43, n. 9, p. 21-23, 2023.

OLIVEIRA, Yandra Patrícia Lima. Desafios do Mercado de Carbono após o Acordo de Paris: Uma revisão. Meio Ambiente (Brasil), v. 4, n. 1, 2021.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Emissions Gap Report 2023. New York: UNEP, 2023. Disponível em: https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2023. Acesso em:26 fev. 2025.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS (IPCC). Climate Change 2023: Synthesis Report. Geneva: IPCC, 2023. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/. Acesso em:26 fev. 2025.

PEREIRA, Eduardo G. et al. Direito e Negócios de Petróleo e Gás. Editora Dialética, 2024.

REYMÃO, Ana Elizabeth Neirão; BATISTA, Pedro Ivo Benevides Ramos. Mercado de carbono. Revista Jurídica do Cesupa, p. 11-30, 2024.

SOUZA, André Luis et al. O mercado internacional de créditos de carbono: Estudo comparativo entre as vertentes regulada e voluntária no Brasil no período de 2004 a 2011. 2012.

SOUZA, André Luis Rocha de. Perfil do mercado de carbono no Brasil: análise comparativa entre os mercados regulado e voluntário. 2012. Dissertação (Mestrado Profissional em Administração). Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2012

TIETENBERG, Thomas H. Emissions trading: principles and practice. 2. ed. Washington, DC: RFF Press, 2013.

VARGAS, Daniel. Mercado de carbono no Brasil: por uma regulação específica e delimitada. AgroANALYSIS, v. 44, n. 01, p. 27-29, 2024.

VITAL, Marcos Henrique Figueiredo. Aquecimento global: acordos internacionais, emissões de CO2 e o surgimento dos mercados de carbono no mundo. BNDES Set., Rio de Janeiro, v. 24, n. 48, p. 167-244, set. 2018.

YIN, Robert K. Case Study Research and Applications: Design and Methods. 6. ed. Thousand Oaks: SAGE Publications, 2018.

APÊNDICE 1 – PROJETO TÉCNICO TECNOLÓGICO

Universidade Federal de São João del-Rei

PROFIAP
MESTRADO PROFISSIONAL EM ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA

RELATÓRIO TÉCNICO

MERCADO DE CARBONO NO BRASIL:

Proposta de Regulamentação e Diretrizes para a Aplicação da Lei 15.042/2024

Isabela Sacramento Martins de Castro Souza
São João del-Rei, 2025

Universidade Federal de São João del-Rei

PROFIAP
MESTRADO PROFISSIONAL EM ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA

RELATÓRIO TÉCNICO

MERCADO DE CARBONO NO BRASIL:

Proposta de Regulamentação e Diretrizes para a Aplicação da Lei 14.993/2024

Relatório técnico apresentado pela mestranda Isabela Sacramento Martins de Castro Souza ao Mestrado Profissional em Administração Pública da Universidade Federal de São João del-Rei, sob orientação do Prof. Dr. Saulo Cardoso Maia, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Administração Pública.

SUMÁRIO

RESUMO EXECUTIVO.....04

CONTEXTO: MERCADO DE CARBONO E NECESSIDADE DE REGULAMENTAÇÃO.....05

OBJETIVOS.....06

METODOLOGIA APLICADA.....07

PANORAMA DA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL NO BRASIL.....08

DESAFIOS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DO MERCADO DE CARBONO.....09

ESTRUTURA REGULATÓRIA RECOMENDADA.....11

MODELO DE IMPLEMENTAÇÃO EM EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAIS.....12

MONITORAMENTO, RELATO E VERIFICAÇÃO (MRV).....13

GOVERNANÇA E ESTRUTURA INSTITUCIONAL.....14

MODELOS DE LEILÃO E ALOCAÇÃO DE PERMISSÕES.....15

USO DE TECNOLOGIA BLOCKCHAIN PARA RASTREABILIDADE.....16

INTEGRAÇÃO COM MERCADOS INTERNACIONAIS.....16

FISCALIZAÇÃO E GOVERNANÇA DO MERCADO.....18

BENEFÍCIOS ECONÔMICOS.....19

BENEFÍCIOS AMBIENTAIS.....20

BENEFÍCIOS SOCIAIS.....21

CONSIDERAÇÕES FINAIS.....22

RECOMENDAÇÕES.....23

REFERÊNCIAS.....24

LEITURAS INDICADAS.....25

RESUMO EXECUTIVO

O presente relatório técnico propõe diretrizes para a regulamentação e implementação do mercado de carbono no Brasil, conforme estabelecido pela Lei 15.042/2024. O documento analisa os desafios regulatórios, estruturais e operacionais para a consolidação desse mercado e apresenta recomendações baseadas em experiências internacionais, garantindo alinhamento com os padrões globais de precificação de carbono.

Dentre os principais pontos abordados, destacam-se:

- Marco Regulatório: Importância da clareza normativa para assegurar previsibilidade e segurança jurídica.
- Governança e Estrutura Operacional: Necessidade de um modelo de Monitoramento, Relato e Verificação (MRV).
- Integração Internacional: Estratégias para compatibilização do mercado brasileiro com padrões globais, permitindo a comercialização internacional de créditos de carbono.
- Uso de Tecnologia Blockchain: Aplicação para rastreamento e transparência nas transações, minimizando fraudes e garantindo confiabilidade ao sistema.
- Impactos Econômicos, Ambientais e Sociais: Benefícios esperados, como atração de investimentos, redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE) e promoção da justiça climática.

Para garantir o sucesso da implementação, o relatório propõe um modelo de governança eficiente, mecanismos de precificação equilibrados e incentivos para a transição energética. A adoção de melhores práticas e a promoção do engajamento do setor produtivo e da sociedade civil são fundamentais para consolidar o Brasil como referência global na precificação de carbono.

Este relatório técnico serve como um instrumento estratégico para tomadores de decisão e formuladores de políticas públicas, contribuindo para o desenvolvimento de um mercado de carbono sustentável.

CONTEXTO: MERCADO DE CARBONO E NECESSIDADE DE REGULAMENTAÇÃO

As mudanças climáticas são um dos maiores desafios globais do século XXI, impactando a economia, o meio ambiente e a sociedade. O aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE) tem intensificado eventos climáticos extremos, exigindo respostas urgentes de governos e setores produtivos (IPCC, 2023). Nesse contexto, mercados de carbono surgem como estratégia para incentivar a redução das emissões e promover uma economia de baixo carbono (BANCO MUNDIAL, 2023).

O mercado de carbono funciona por meio da precificação das emissões, incentivando a adoção de tecnologias limpas e eficiência energética. Regulamentações podem adotar o sistema de comércio de emissões (cap-and-trade), que estabelece limites de emissões negociáveis entre empresas, ou a taxação sobre carbono, que impõe custos diretos às emissões (GODOY; SAES, 2015).

No Brasil, a Lei 15.042/2024 estabelece diretrizes para um mercado regulado de carbono, alinhado aos compromissos do Acordo de Paris. Contudo, sua implementação requer um arcabouço regulatório sólido, mecanismos de Monitoramento, Relato e Verificação (MRV) e compatibilidade com padrões internacionais (DE OLIVEIRA, 2021). Além disso, o sucesso do sistema dependerá do equilíbrio entre regulamentação e flexibilidade para preservar a competitividade econômica.

Assim, compreender os desafios e oportunidades da regulamentação do mercado de carbono no Brasil e analisar boas práticas internacionais são passos essenciais para construir um modelo eficiente e sustentável.

OBJETIVOS

O presente relatório tem como objetivo principal propor diretrizes para a regulamentação e implementação da Lei 15.042/2024, considerando aspectos técnicos, econômicos e regulatórios do mercado de carbono.

Especificamente, este documento busca:

- Identificar os principais desafios para a implementação do mercado de carbono no Brasil;
- Analisar experiências internacionais e propor adaptações ao contexto brasileiro;
- Apresentar mecanismos operacionais e regulatórios para garantir transparência e segurança no mercado de créditos de carbono;
- Propor um modelode governança e fiscalização baseado em Monitoramento, Relato e Verificação (MRV);
- Discutir os impactos econômicos, ambientais e sociais esperados com a regulamentação do mercado de carbono.

6

METODOLOGIA APLICADA

Para a elaboração deste relatório técnico, foi adotada uma abordagem qualitativa, fundamentada na revisão de literatura especializada, análise documental e estudo comparativo de modelos regulatórios em mercados de carbono internacionais. A pesquisa envolveu a consulta a bases de dados acadêmicas renomadas (Scopus, Web of Science, SciELO) e a relatórios de organizações internacionais, como Banco Mundial, ONU e União Europeia, que fornecem diretrizes fundamentais para a estruturação do mercado de carbono.

Foram analisadas, ainda, normativas brasileiras relacionadas à política climática e à precificação de carbono, incluindo regulamentações anteriores e documentos técnicos relevantes. Para compreender as boas práticas na implementação desse tipo de mercado, foram examinados detalhadamente os sistemas de comércio de emissões da União Europeia, da Califórnia, da China e do Japão. O objetivo foi identificar os desafios enfrentados nesses países, bem como os fatores determinantes para a existência desses mercados e sua possível adaptação ao contexto brasileiro.

A metodologia adotada também considerou a inter-relação entre os aspectos econômicos, ambientais e sociais, buscando um equilíbrio entre a regulação eficiente e a manutenção da competitividade das empresas.

Este documento visa oferecer suporte técnico e prático para formuladores de políticas, agentes reguladores e stakeholders interessados na estruturação de um mercado de carbono eficiente e transparente no Brasil.

PANORAMA DA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL NO BRASIL

O Brasil possui um arcabouço jurídico ambiental consolidado por diversas normativas e compromissos internacionais. Entre as principais legislações que regem as políticas climáticas e ambientais no país, destacam- se:

- **Política Nacional sobre Mudança do Clima** (Lei nº 12.187/2009): Alinha o Brasil aos compromissos internacionais de redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE).

- **Código Florestal** (Lei nº 12.651/2012): Regula a conservação de florestas e vegetação nativa, impactando diretamente a gestão do carbono no país.

- **Lei 14.933/2024**: Dispõe sobre a promoção da mobilidade sustentável de baixo carbono e a captura e a estocagem geológica de dióxido de carbono e dá outras providências.

- **Lei 15.042/2024**: Marco regulatório para o mercado de carbono no Brasil, estabelecendo diretrizes para o comércio de créditos de carbono.

Apesar desse aparato legislativo, a implementação do mercado de carbono ainda enfrenta desafios como a falta de regulamentação detalhada, integração com mercados internacionais e infraestrutura operacional adequada.

DESAFIOS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DO MERCADO DE CARBONO

A efetividade da Lei 15.042/2024 depende de fatores essenciais. Entre os desafios centrais estão:

Regulamentação detalhada e clareza normativa

- Definição precisa dos setores envolvidos e critérios para créditos de carbono.

Infraestrutura operacional e monitoramento (MRV - Monitoramento, Relato e Verificação)

- Implementação de um sistema para garantir transparência e confiabilidade.

Integração com mercados internacionais

- Compatibilização com padrões globais e estabelecimento de acordos bilaterais.

Engajamento do setor produtivo e incentivos econômicos

- Criação de incentivos financeiros para empresas que reduzam suas emissões.

Justiça Climática e Inclusão Social

- Destinação de receitas para comunidades vulneráveis e projetos socioambientais.

A implementação de um mercado de carbono no Brasil pode gerar impactos positivos expressivos, abrangendo os setores produtivo, ambiental e social. Os principais benefícios incluem:

Econômicos:

- Estímulo a investimentos em tecnologias limpas e inovação.
- Geração de empregos no setor de economia verde.

Ambientais:

- Redução das emissões de GEE.
- Conservação e restauração de ecossistemas.

Sociais:

- Inclusão de pequenos produtores e comunidades tradicionais no mercado de carbono.
- Redistribuição de receitas para programas socioambientais.

A identificação desses desafios e impactos reforça a necessidade de uma abordagem estratégica para a implementação da Lei 15.042/2024, garantindo um mercado de carbono funcional, eficiente e inclusivo.

ESTRUTURA REGULATÓRIA RECOMENDADA

A regulamentação da Lei 15.042/2024 deve estabelecer um arcabouço normativo claro e eficiente para garantir a operação do mercado de carbono no Brasil. As diretrizes regulatórias propostas incluem:

- Definição de metas e prazos: Estabelecimento de metas progressivas de redução de emissões, alinhadas aos compromissos internacionais do Brasil.
- Critérios para participação: Identificação dos setores produtivos sujeitos ao mercado de carbono e dos requisitos para inclusão voluntária.
- Modelos de precificação: Implementação de um sistema cap-and-trade ou taxa sobre carbono, considerando a viabilidade econômica e impactos setoriais.
- Penalidades e incentivos: Estruturação de mecanismos de sanção para descumprimento e benefícios para agentes que superem as metas.

MODELOS DE IMPLEMENTAÇÃO BASEADOS EM EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAIS

A regulamentação do mercado de carbono pode se beneficiar da análise de casos internacionais bem-sucedidos. Algumas das abordagens recomendadas incluem:

- União Europeia (EU ETS): Estabelecimento de um sistema de comércio de emissões com leilões de permissões, regras claras de monitoramento e precificação progressiva.
- Califórnia (Cap-and-Trade Program): Modelo de mercado flexível, integrando setores econômicos e promovendo inovação para redução de emissões.
- China (National ETS): Foco inicial no setor energético e expansão gradual para outras indústrias, permitindo ajustes na regulamentação.
- Japão (Sistemas Voluntários e Regionais): Incentivo à participação de empresas e desenvolvimento de créditos voluntários de carbono.

MONITORAMENTO, RELATO E VERIFICAÇÃO (MRV)

Para garantir a integridade do mercado de carbono, a regulamentação deve estabelecer um sistema de Monitoramento, Relato e Verificação (MRV), incluindo:

- Registro digital de emissões: Plataforma unificada para registro e auditoria das emissões por empresa e setor.
- Auditorias certificadas: Obrigatoriedade de relatórios auditados por instituições independentes.
- Publicação de dados: Transparência na divulgação dos resultados e evolução da implementação do mercado de carbono.
- Penalidades para fraudes: Aplicação de sanções para coibir práticas irregulares no comércio de créditos de carbono.

GOVERNANÇA E ESTRUTURA INSTITUCIONAL

A regulamentação da Lei 15.042/2024 deve definir as entidades responsáveis pelo gerenciamento e fiscalização do mercado de carbono. A estrutura proposta inclui:

- Órgão regulador central: Criação de uma agência específica ou designação de um ministério responsável pela supervisão do mercado.
- Comitês técnicos setoriais: Grupos especializados para definição de regras específicas por setor econômico.
- Participação do setor privado: Inclusão de representantes da indústria, academia e sociedade civil nos processos de regulamentação.
- Mecanismo de revisão periódica: Avaliação regular do desempenho do mercado e ajustes conforme necessário.

A regulamentação eficaz da Lei 15.042/2024 é essencial para consolidar um mercado de carbono no Brasil. A adoção de um modelo estruturado, alinhado às melhores práticas internacionais, garantirá a confiabilidade do sistema e a atração de investimentos para a transição energética e a sustentabilidade econômica.

MODELOS DE LEILÃO E ALOCAÇÃO DE PERMISSÕES

Para garantir um mercado de carbono eficiente e transparente, a alocação de permissões de emissão pode seguir os seguintes modelos:

- Leilões Públicos: As permissões de emissão são vendidas periodicamente pelo governo, garantindo preços baseados na oferta e demanda.

- Distribuição Gratuita com Redução Progressiva: Empresas recebem permissões iniciais gratuitamente, mas com redução ao longo do tempo para estimular a transição para tecnologias limpas.

- Mercado Secundário: Empresas podem negociar créditos excedentes entre si, promovendo flexibilidade e eficiência no mercado.

- Reserva Estratégica de Créditos: Uma quantidade limitada de permissões pode ser mantida em reserva para estabilizar o mercado e evitar oscilações extremas de preços.

USO DE TECNOLOGIA BLOCKCHAIN* PARA RASTREABILIDADE

A implementação da tecnologia blockchain no mercado de carbono pode garantir:

- Transparência e segurança: Cada transação de crédito de carbono pode ser registrada em uma blockchain pública e imutável.
- Rastreamento em tempo real: Empresas e reguladores podem acompanhar a emissão e comercialização de créditos de forma eficiente.
- Redução de fraudes: A descentralização dos registros impede manipulação e falsificação de créditos de carbono.

*A tecnologia blockchain é um sistema descentralizado que registra transações de forma segura e imutável, garantindo transparência e rastreabilidade. No mercado de carbono, sua aplicação permite o monitoramento em tempo real da emissão e comercialização de créditos, reduzindo fraudes e assegurando a confiabilidade das operações. Como cada transação é registrada em um livro-razão digital inviolável, a descentralização impede manipulações e aumenta a eficiência do sistema, facilitando auditorias e garantindo a conformidade regulatória.

INTEGRAÇÃO COM MERCADOS INTERNACIONAIS

A inserção do Brasil em mercados internacionais de carbono pode seguir três diretrizes principais:

- Acordos Bilaterais: Estabelecimento de parcerias com países que já possuem mercados de carbono regulamentados.
- Padrões Globais: Adoção de critérios compatíveis com o Sistema de Comércio de Emissões da União Europeia (EU ETS) e o Artigo 6 do Acordo de Paris.
- Certificação Internacional: Criação de um sistema de validação de créditos alinhado a protocolos reconhecidos globalmente, como o Verra e o Gold Standard.

FISCALIZAÇÃO E GOVERNANÇA DO MERCADO

Para garantir o bom funcionamento do mercado, devem ser adotados os seguintes mecanismos de governança:

- Órgão Regulador Nacional: Responsável pela supervisão e cumprimento das regras do mercado.
- Auditorias e Relatórios Periódicos: Empresas devem submeter relatórios de emissões auditados anualmente.
- Penalidades por Descumprimento: Sanções financeiras e restrições operacionais para entidades que não cumprirem suas metas de redução de emissões.
- Participação da Sociedade Civil: Transparência e acesso público a dados do mercado para incentivar a participação social.

Os mecanismos operacionais definidos para o mercado de carbono no Brasil devem garantir uma estrutura eficiente, segura e alinhada com os padrões internacionais. A utilização de tecnologia, um modelo de alocação flexível e uma governança robusta são essenciais para assegurar o sucesso e credibilidade do sistema.

BENEFÍCIOS ECONÔMICOS

A implementação do mercado de carbono no Brasil pode gerar impactos econômicos, incluindo:

- Atração de Investimentos: Empresas estrangeiras e nacionais poderão investir em tecnologias limpas e projetos de compensação de carbono.
- Geração de Empregos Verdes: Novas oportunidades no setor de energias renováveis, reflorestamento e inovação ambiental.
- Estabilidade no Setor Produtivo: Empresas poderão planejar suas operações com base em regras claras de precificação de carbono.
- Diversificação da Economia: Desenvolvimento de novos setores voltados para a sustentabilidade e inovação tecnológica.

BENEFÍCIOS AMBIENTAIS

A precificação das emissões de carbono incentivará práticas sustentáveis e a redução dos impactos ambientais. Entre os principais benefícios estão:

- Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE): Incentivo à adoção de práticas e tecnologias mais eficientes.

- Proteção e Recuperação de Ecossistemas: Financiamento de projetos de reflorestamento e conservação de áreas naturais.

- Transição para Energias Limpas: Estímulo ao desenvolvimento e uso de fontes renováveis de energia.

BENEFÍCIOS SOCIAIS

A implementação do mercado de carbono também trará benefícios sociais, incluindo:

- Melhoria da Qualidade do Ar: Redução da poluição atmosférica e impactos positivos na saúde pública.

- Inclusão de Pequenos Produtores: Possibilidades de participação de agricultores e comunidades tradicionais em projetos de compensação de carbono.

- Conscientização e Educação Ambiental: Promoção de programas educativos sobre mudanças climáticas e sustentabilidade.

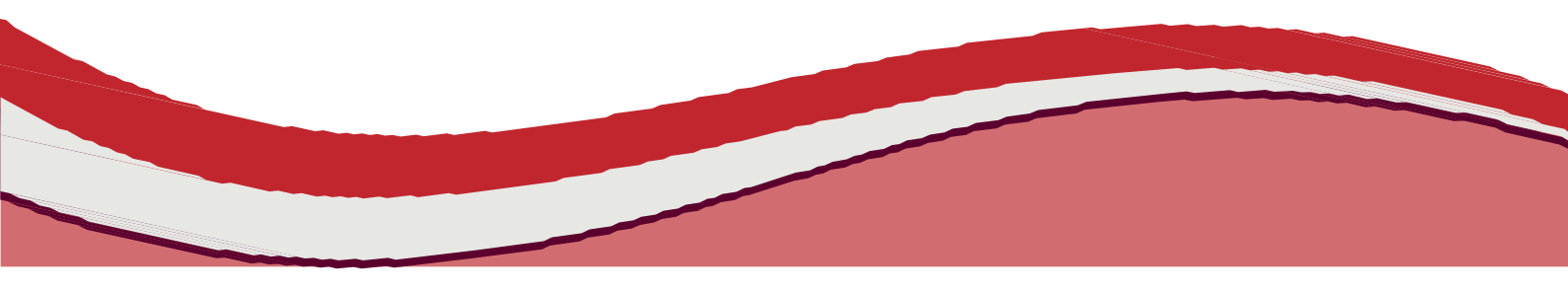
A regulamentação da Lei 15.042/2024 tem o potencial de transformar o Brasil em um líder global na transição para uma economia de baixo carbono. Os impactos positivos abrangem crescimento econômico sustentável, redução das emissões de GEE e melhoria da qualidade de vida da população. Para que esses benefícios sejam maximizados, é essencial garantir a transparência e eficácia na implementação do mercado de carbono.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A regulamentação e implementação do mercado de carbono no Brasil, conforme estabelecido pela Lei 15.042/2024, representam um avanço para a transição para uma economia de baixo carbono. O presente relatório técnico analisou as diretrizes regulatórias e operacionais necessárias para que o mercado funcione de maneira eficiente, garantindo benefícios ambientais, econômicos e sociais.

Dentre os principais aspectos discutidos, destacam-se a necessidade de uma governança robusta, a adoção de mecanismos eficazes de precificação do carbono e a integração do mercado brasileiro com padrões internacionais. A experiência de outros países demonstrou que a transparência, a previsibilidade regulatória e a segurança jurídica são fatores essenciais para o sucesso desse tipo de sistema.

Além disso, a implementação de um modelo eficiente de Monitoramento, Relato e Verificação (MRV) foi apontada como um elemento-chave para assegurar a confiabilidade do mercado e evitar práticas fraudulentas. Tecnologias como blockchain podem desempenhar um papel fundamental nesse processo, garantindo rastreabilidade e transparência nas transações.



RECOMENDAÇÕES

As recomendações para aprimoramento do mercado incluem:

- Aprimoramento da regulamentação: Definição clara de critérios para participação e precificação de carbono.
- Incentivos para a transição energética: Fomento à inovação e investimentos em energias renováveis.
- Expansão do mercado e integração internacional: Alinhamento com padrões globais para facilitar a comercialização de créditos de carbono.
- Promoção da justiça climática: Garantia de que comunidades vulneráveis se beneficiem das receitas geradas pelo mercado de carbono.

Para que o Brasil possa consolidar sua posição como referência global na precificação de carbono, será fundamental manter o diálogo contínuo entre governo, setor produtivo e sociedade civil. O sucesso do mercado dependerá da capacidade de adaptação às mudanças e do compromisso com a mitigação das mudanças climáticas.

Diante disso, este relatório técnico serve como um instrumento de apoio para formuladores de políticas públicas e tomadores de decisão, contribuindo para a criação de um sistema sólido, eficiente e alinhado com os desafios e oportunidades do contexto brasileiro.

REFERÊNCIAS

BANCO MUNDIAL. State and Trends of Carbon Pricing 2023. Washington, DC: World Bank, 2023. Disponível em: https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/. Acesso em: 26 fev. 2025.

BRASIL. Lei nº 14.993, de 30 de maio de 2024. Dispõe sobre a regulamentação do mercado de carbono no Brasil, estabelece diretrizes para a precificação de carbono e institui mecanismos de mitigação de emissões de gases de efeito estufa. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 31 maio 2024. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/l14993.htm. Acesso em: 26 fev. 2024.

DE OLIVEIRA, Yandra Patrícia Lima. Desafios do Mercado de Carbono após o Acordo de Paris: Uma revisão. Meio Ambiente (Brasil), v. 4, n. 1, 2021.

GODOY, Sara Gurfinkel Marques de; SAES, Maria Sylvia Macchione. Cap-and-Trade e projetos de redução de emissões: comparativo entre mercados de carbono, evolução e desenvolvimento. Ambiente & Sociedade, v. 18, p. 135-154, 2015.

LEITURAS INDICADAS

ASSUNÇÃO, Marcos Venancio Silva; MERLIN, Lise Lise Vieira da Costa Tupiassu. O Projeto de Lei 528/2021 e as bases legais para a criação de um sistema de comércio de emissões cap- and-trade no Brasil. Revista de Direito e Sustentabilidade, v. 8, n. 1, 2022.

BASSO, Ana Paula; DELFINO, Letícia de Oliveira. Mercado de carbono e a (in)definição da natureza jurídica dos créditos de carbono na legislação brasileira. Revista de Direito Ambiental e Socioambientalismo, v. 1, n. 1, p. 126-180, 2015.

CASTRO, Luiza Maia de. Análise De Mercado De Carbono No Brasil: Aspectos De Eficiência e Equidade. 2013. Dissertação (Mestrado em Planejamento Estratégico). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2023.

LIMA, Maria Cecilia Costa et al. Revisão dos avanços normativos e aspectos regulatórios sobre hidrogênio verde, combustíveis sintéticos e captura de carbono no Brasil. Latin American Journal of Energy Research, v. 11, n. 2, p. 249-263, 2024.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Emissions Gap Report 2023. New York: UNEP,

2023. Disponível em: https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2023. Acesso em: 26 fev. 2025.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS (IPCC). Climate Change

2023: Synthesis Report. Geneva: IPCC, 2023. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/. Acesso em: 26 fev. 2025.

PEREIRA, Eduardo G. et al. Direito e Negócios de Petróleo e Gás. Editora Dialética, 2024.

VARGAS, Daniel. Mercado de carbono no Brasil: por uma regulação específica e delimitada. AgroANALYSIS, v. 44, n. 01, p. 27-29, 2024.

VITAL, Marcos Henrique Figueiredo. Aquecimento global: acordos internacionais, emissões de CO2 e o surgimento dos mercados de carbono no mundo. BNDES Set., Rio de Janeiro, v. 24, n. 48, p. 167-244, set. 2018.