

# MERCADO DE CARBONO E TECNOLOGIAS PARA MITIGAÇÃO CLIMÁTICA NO BRASIL

*Erasmio Borges Monteiro \**  
*Prof. Marcos Antonio Canhada \*\**

\* Bacharelado em Ciências Econômicas pela Universidade de Sorocaba (Uniso). E-mail: [00098653@aluno.uniso.br](mailto:00098653@aluno.uniso.br).

\*\* Orientador do trabalho: Professor do Curso de Ciências Econômicas da (Uniso). E-mail: [marco.canhada@prof.uniso.br](mailto:marco.canhada@prof.uniso.br).

Recebido em: 28 de outubro de 2025. Avaliado em: xxx de 2025.

## RESUMO

Este trabalho analisa como o mercado de carbono e as tecnologias sustentáveis no Brasil podem contribuir para a redução de emissões de gases de efeito estufa e a inovação tecnológica. A pesquisa se baseia no Protocolo de Quioto, que estabelece um sistema de créditos de carbono como incentivo econômico para práticas sustentáveis e desenvolvimento de novas tecnologias. O estudo adota um método hipotético-dedutivo e utiliza dados de instituições como IBGE, IPEA e SEEG para avaliar o panorama brasileiro. O mercado de carbono é examinado sob duas formas principais: o mercado regulado e o mercado voluntário. A aplicação de tecnologias emergentes, como o blockchain, é destacada pela sua capacidade de melhorar a transparência e eficiência das transações de créditos de carbono. O trabalho conclui que a integração de políticas públicas, investimentos e tecnologia é essencial para o desenvolvimento sustentável e a mitigação das mudanças climáticas no Brasil.

PALAVRAS-CHAVE: Mercado de carbono; Tecnologias sustentáveis; Blockchain; Sustentabilidade ambiental.

## *Carbon Market and Technologies for Climate Mitigation in Brazil*

### ABSTRACT

*This paper analyzes how the carbon market and sustainable technologies in Brazil can contribute to reducing greenhouse gas emissions and promoting technological innovation. The research is based on the Kyoto Protocol, which establishes a carbon credit system as an economic incentive for sustainable practices and the development of new technologies. The study adopts a hypothetical-deductive method and uses data from institutions such as IBGE, IPEA, and SEEG to assess the Brazilian context. The carbon market is examined in two main forms: the regulated market and the voluntary market. The application of emerging technologies, such as blockchain, is highlighted for its ability to improve the transparency and efficiency of carbon credit transactions. The paper concludes that the integration of public policies, investments, and technology is essential for sustainable development and the mitigation of climate change in Brazil.*

*Keywords: Carbon Market; Sustainable technologies; Blockchain; Environmental sustainability.*

## INTRODUÇÃO

O tema dessa pesquisa é sobre inovação e sobre a análise de como as tecnologias ajudam o mercado de carbono. O problema dessa pesquisa é: Como o mercado de carbono pode estimular o desenvolvimento e a adoção de tecnologias sustentáveis no Brasil, contribuindo para a redução das emissões de gases de efeito estufa?

O objetivo central desse trabalho é analisar de que forma o mercado de carbono contribui para o desenvolvimento e a adoção de tecnologias sustentáveis no Brasil, visando à redução das emissões de gases de efeito estufa. O objetivo específico é: Identificar quais tecnologias sustentáveis têm sido estimuladas pelo mercado de carbono no contexto brasileiro.

A hipótese dessa pesquisa é que de acordo com o Climate Leadership Council (2024), a precificação do carbono tende a acelerar o desenvolvimento e a difusão de tecnologias de baixo carbono; assim, espera-se que a existência do mercado de carbono no Brasil impulse a inovação tecnológica e contribua para a redução das emissões de gases de efeito estufa.

Essa pesquisa tem a intenção de abranger diferentes campos de perspectiva e experiências, assim enriquecendo a compreensão do assunto dentro do contexto específico promovendo uma análise que abrange todos os campos.

Essa pesquisa é relevante e atual não apenas do ponto de vista ambiental, mas também econômico e tecnológico, pois ela aborda questões cruciais de sustentabilidade, inovação e economia, com o potencial de informar os impactos do mercado de carbono, ajudando a orientar a tomada de decisões nas esferas ambiental, econômica e política.

Essa pesquisa foi feita mediante pesquisa bibliográfica, analisando a literatura existente sobre o assunto, incluindo artigos, livros, dissertações e outros materiais escritos por especialistas na área, utilizando apenas dados concretos e verdadeiros de fontes confiáveis.

A população-alvo dessa pesquisa são as organizações governamentais responsáveis por políticas ambientais e econômicas e especialistas acadêmicos do setor de energia e meio ambiente. Para a representatividade estatística, será utilizada uma amostragem considerando órgãos governamentais, empresas de diferentes setores e regiões e pesquisadores e profissionais de áreas relacionadas ao meio ambiente, economia e tecnologia.

A coleta de informações dessa pesquisa foi realizada por meio de fontes institucionais como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE), Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Sistema de Estimativa de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG).

A análise de dados dessa pesquisa segue o método hipotético-dedutivo, isto é, formular uma hipótese e deduzir as consequências e verificar se as consequências são consistentes com a realidade. Foram utilizadas de bibliografias como livros, artigos, dissertações, documentos oficiais, reportagens e outros materiais escritos por especialistas na área.

Por fim, tal artigo está dividido em cinco seções, a contar a introdução como sendo a primeira; a segunda contém o arcabouço teórico em que se descrevem as principais teorias acerca da indústria, desenvolvimento regional e fundamentos de relevância na análise manufatureira; a terceira seção consta da apresentação e análise dos dados decorrentes das hipóteses consideradas; a quarta apresenta as conclusões acerca da pesquisa realizada; e, por último, a quinta seção traz as referências utilizadas.

## **ARCABOUÇO TEÓRICO**

Para OCDE (2005), inovação é a aplicação de algo novo ou substancialmente melhorado, seja na forma de um produto (bem ou serviço) inovador ou um processo revolucionário, uma estratégia de marketing pioneira ou uma abordagem organizacional inédita. Essas mudanças podem ocorrer nas práticas de negócios, na dinâmica do local de trabalho ou nas interações com parceiros e clientes externos. Em uma economia, a inovação desempenha um papel fundamental. No nível macroeconômico, a inovação é essencial para o crescimento econômico de uma nação diante de um cenário globalizado de comércio. Em termos microeconômicos, a inovação é a principal forma que as empresas usam para aplicar uma ampla variedade de novos conhecimentos, não se restringindo apenas à esfera tecnológica.

Tratando de gases do efeito estufa, conforme Oliveira (2011, p. 250), as atividades industriais e econômicas têm causado alterações na terra que aumentam as concentrações de gases que causam o efeito estufa (GEE). Em 1992, durante a Rio-92, foi tratado o problema do efeito estufa e suas possíveis consequências sobre a vida na terra. Depois em 1997, a Convenção sobre Mudanças Climáticas em Quioto introduziu a possibilidade de uma criação de um mercado de carbono; esse mercado seria realizado pelo Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Diminuir a concentração de gases responsáveis pelo efeito estufa, como o ozônio (O<sub>3</sub>),

gás carbônico (CO<sub>2</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) é a única forma de evitar mudanças climáticas abruptas no âmbito mundial. Para reverter a situação, é necessário implementar ações como a diminuição do uso de combustíveis fósseis, como o petróleo, e a preservação das florestas. Além disso, o reflorestamento de regiões desmatadas é um papel crucial na restauração e no equilíbrio dos ecossistemas, contribuindo para reduzir gases de efeito estufa na atmosfera e proteger a biodiversidade. A queima de petróleo e gás natural é uma das principais causas das mudanças climáticas, como esses recursos são finitos e as regulamentações ambientais estão se tornando mais rígidas, as empresas petrolíferas estão cada vez mais interessadas em investir e desenvolver tecnologias para energias renováveis, como, por exemplo, biocombustíveis, energia solar e eólica. Essas estratégias visam não apenas diversificar as fontes de energia, mas também reduzir a pegada de carbono de empresas do setor de petróleo e garantir sustentabilidade ao longo prazo.

Em relação ao mercado de carbono, segundo Grubb (2006), atribui valor à redução de emissões de gases de efeito estufa, como o CO<sub>2</sub>, criando oportunidades para um mercado por meio dos mecanismos do protocolo de Quioto.

Em relação à tratativa de crédito de carbono, temos, segundo Juras (2009, p. 3)

O termo “créditos de carbono” tem sido utilizado intensamente no âmbito das discussões sobre aquecimento global e mudança do clima, as quais começaram a fazer parte da agenda internacional na década de 80 do século passado, a partir de alguns trabalhos científicos que indicavam o aumento da concentração de gás carbônico na atmosfera associado a um aumento na temperatura terrestre. Reconhecendo a necessidade de informações científicas confiáveis e atualizadas para os formuladores de políticas, a Organização Meteorológica Mundial – OMM e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente estabeleceram o Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima – IPCC em 1988. O papel do IPCC é avaliar, de forma abrangente, objetiva, aberta e transparente, as informações científicas, técnicas e socioeconômicas relevantes para compreender os riscos das mudanças climáticas induzidas pelo homem, seus impactos potenciais e as opções para adaptação e mitigação.

Conforme Blaufelder (2022), o carbono pode ser precificado de duas maneiras: por meio de algum sistema de comércio de emissões ou algum imposto, esses são chamados de mercado regulado, ou pelo mercado voluntário em que a precificação é interna. O mercado voluntário surge de investidores que querem que suas empresas sejam neutras ou zero carbono ou de empresas e indivíduos que querem compensar ou acabar com sua emissão de carbono. As licenças são negociadas em mercado, bolsas ou em forma bilateral e existem diferenças entre os créditos de carbono dependendo da região, benefícios que eles criam, se reduzem, evitam ou removem as emissões. Mesmo sendo dois mercados, há uma conexão entre o mercado regulado

e o voluntário, pois alguns mercados regulados permitem que uma pequena parte dos créditos seja adquirida por meio de créditos de carbono voluntários.

O Protocolo de Quioto, segundo a UNFCCC (1997), estabelece os Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL) como um mecanismo que permite que os países industrializados invistam em redução de emissões em países em desenvolvimento para compensar suas próprias obrigações de redução de emissões.

Sobre ecodesenvolvimento, segundo Montbeller-filho (1993, p. 133), significa a possibilidade de promover o desenvolvimento econômico em harmonia com a melhoria da qualidade de vida, respeito com a próxima geração e preservação do meio ambiente. É um projeto que reconhece a interdependência entre aspectos socioeconômicos e ecológicos, visando à construção de uma sociedade mais equilibrada e sustentável.

O impacto ambiental, conforme Sánchez (2020), é geralmente associado quando se fala em algum dano à natureza, porém, tecnicamente, impacto ambiental é qualquer alteração do meio ambiente provocada pela atividade humana, podendo ser pequeno ou grande. Por outro lado, a degradação ambiental é um termo que indica a deterioração da qualidade ambiental, ou seja, um impacto ambiental negativo.

O PNUMA define economia verde como uma economia que resulta em melhoria do bem-estar da humanidade e igualdade social, ao mesmo tempo em que reduz significativamente riscos ambientais e escassez ecológica. Em outras palavras, uma economia verde pode ser considerada como tendo baixa emissão de carbono, é eficiente em seu uso de recursos e socialmente inclusiva. Em uma economia verde, o crescimento de renda e de emprego deve ser impulsionado por investimentos públicos e privados que reduzem as emissões de carbono e poluição e aumentam a eficiência energética e o uso de recursos, e previnem perdas de biodiversidade e serviços ecossistêmicos. Esses investimentos precisam ser gerados e apoiados por gastos públicos específicos, reformas políticas e mudanças na regulamentação. (PNUMA, 2011)

As energias renováveis são, segundo Pacheco (2006, p. 5) fontes de energia que se regeneram naturalmente e são consideradas sustentáveis ao longo prazo, pois não se esgotam e não contribuem significativamente para o desequilíbrio térmico do planeta. Elas são classificadas como não convencionais, o que significa que diferem das formas tradicionais de geração de energia, como grandes hidrelétricas e combustíveis fósseis. As principais formas de energias renováveis incluem a solar, proveniente da radiação solar, a eólica, gerada através dos ventos, e a de biomassa, obtida por meio de materiais orgânicos. É crucial que essas fontes de energia sejam utilizadas de maneira a minimizar ao máximo possível seu impacto ambiental, visando a preservação dos ecossistemas e à mitigação das mudanças climáticas.

Se tratando de blockchain, segundo Crosby et al. (2015, p. 3) ela é basicamente um sistema de banco de dados distribuído de registros ou um livro-razão público que armazena as transações ou eventos digitais realizados e compartilhados entre as partes participantes, em que cada transação é confirmada por meio de um consenso da maioria dos participantes e, uma vez registrada, a informação não pode ser alterada ou removida, criando um histórico confiável e verificável de todas as transações realizadas.

## **COLETA E ANÁLISE DE DADOS**

### **3.1 Como funciona o mercado de carbono.**

O mercado de carbono é uma ferramenta fundamental para a redução de emissões de gases de efeito estufa e para o cumprimento das metas estabelecidas pelo Acordo de Paris, assinado por 196 países com o objetivo de desacelerar o aquecimento global (Costa, 2023).

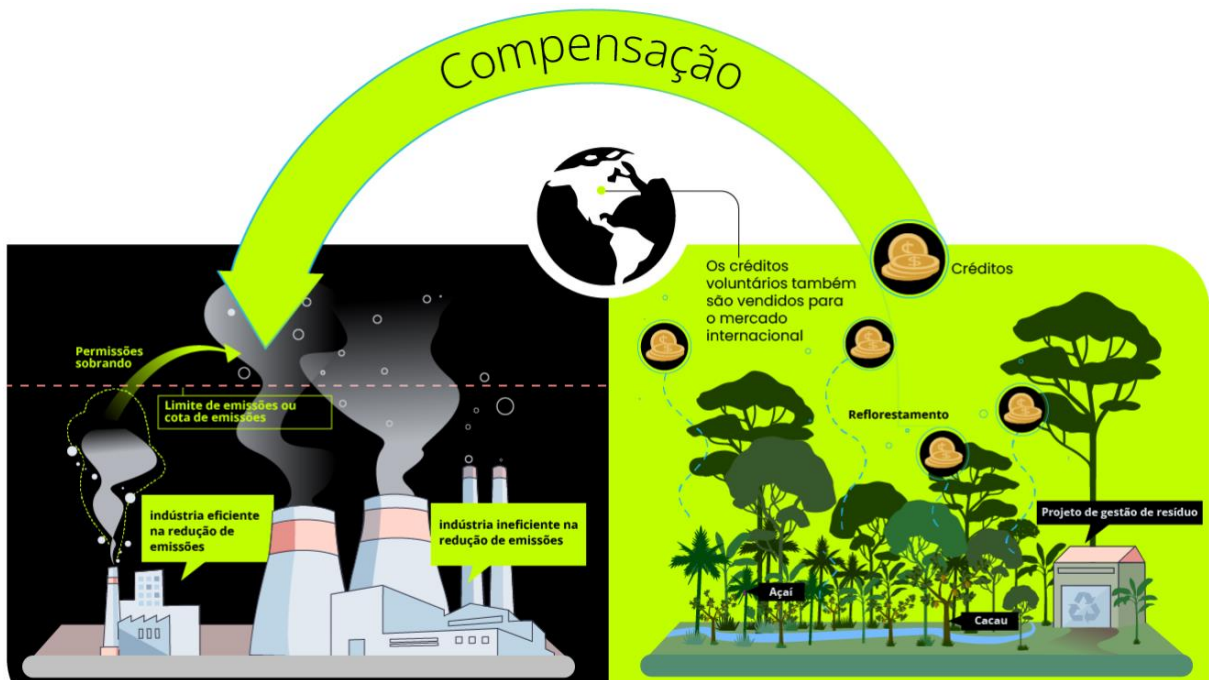
O conceito do mercado de carbono foi formalizado pelo Protocolo de Quioto em 1997 e entrou em vigor em 2005. O protocolo visa à redução global de GEE por meio de mecanismos que permitem o comércio de emissões e o apoio a projetos sustentáveis em países em desenvolvimento por meio do MDL. Para ajudar os países desenvolvidos a atingirem suas metas de redução de emissões, foram criados mecanismos que permitem a compra de créditos de carbono de países em desenvolvimento. (Scabin, 2024)

O mercado de carbono pode ser dividido em duas maneiras: o mercado regulado, que é um sistema de comércio de emissões ou por meio de um imposto sobre carbono, ou pelo mercado voluntário, que é impulsionado por investidores que desejam que suas empresas alcancem neutralidade ou sejam carbono zero, ou por empresas e indivíduos que buscam compensar ou eliminar suas emissões de carbono. Apesar de serem dois mercados distintos, há uma interconexão entre o mercado regulado e o voluntário, visto que alguns mercados regulados permitem que uma pequena parte dos créditos seja obtida por meio de créditos de carbono voluntários. As licenças de emissão são negociadas em mercados, bolsas ou de forma bilateral, e há variações nos créditos de carbono dependendo da região, dos benefícios que proporcionam e de sua natureza (se reduzem, evitam ou removem emissões). (Blaufelder, 2022).

Como mostra a figura 1, o mercado de carbono é um sistema que atribui valor às reduções de emissão de gases de efeito estufa e, para incentivar práticas sustentáveis e a diminuição de impactos ambientais, cria um sistema de créditos de carbono (Grubb,

2006). Os créditos de carbono funcionam como uma moeda de troca que permite a empresas que não atingiram suas metas de emissões adquirir créditos para compensar suas emissões de GEE. (Juras, 2009)

Figura 1- Compensação de crédito de carbono



Fonte: Agência Câmara de Notícias (2023)

A figura 1 mostra um diagrama que ilustra o processo de compensação de carbono no mercado de créditos; à esquerda vemos uma indústria que ultrapassa ou fica abaixo de suas cotas de emissões de gases de efeito estufa. Quando a indústria é eficiente e emite menos que sua cota, as permissões excedentes podem ser convertidas em créditos de carbono, esses créditos então podem ser utilizados por indústrias que não conseguem atingir suas metas de redução, compensando emissões. Ao lado direito estão representadas as ações que geram esses créditos, como reflorestamento, cultivo sustentável e projetos de resíduos. Os créditos gerados por essas iniciativas também podem ser comercializados no mercado internacional, contribuindo para a compensação das emissões globais e promovendo práticas ambientais sustentáveis.

Um crédito de carbono representa a não emissão de uma tonelada de  $\text{CO}_2$  e é utilizado para compensar emissões feitas por países ou organizações que não conseguem

reduzir seus níveis de GEE. Ele funciona como uma moeda dentro do mercado de carbono, incentivando práticas sustentáveis. (Scabin, 2024)

### **3.2 Mercados de carbono e investimentos sustentáveis no Brasil**

Segundo a Trust Carbon (2025) o mercado de carbono mundial movimentou aproximadamente U\$ 949 bilhões em 2023, refletindo a demanda por mecanismos de compensação e redução de emissões. O relatório também destaca que o Brasil possui capacidade de captar até U\$ 120 bilhões anuais nas próximas décadas devido à sua vasta cobertura florestal, potencial de projetos de conservação e avanço de iniciativas tecnológicas de baixo carbono.

A maior parte do lucro no mercado voluntário de carbono está concentrada na categoria de florestas e uso da terra, somando 1,32 bilhão de dólares. Nessa categoria, o Brasil possui uma vantagem competitiva significativa, pois possui uma vasta cobertura florestal, especialmente na Amazônia. (Costa 2023)

No Brasil, o mercado de carbono apresenta um grande potencial e tem mostrado um crescimento significativo. Em 2022, dados de março indicam que 77% das 80 principais empresas atuantes no país já estabeleceram metas de redução de emissões, refletindo o compromisso crescente com práticas sustentáveis e a adesão a esse mercado. Segundo Costa (2023), o Brasil tem incentivado ativamente o desenvolvimento desse mercado. Em 2022, o BNDES lançou o segundo edital para aquisição de créditos de carbono no mercado voluntário, com um valor total de R\$ 100 milhões, destinado a financiar projetos em categorias como reflorestamento, redução de emissões por desmatamento e degradação florestal, energia e agricultura sustentável. Cada projeto pode receber um aporte de até R\$ 25 milhões, incentivando o desenvolvimento de padrões de qualidade e a expansão do mercado de carbono.

A criação do Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões (SBCE) traz consigo um potencial relevante para estimular a inovação tecnológica no país. A Lei nº 15.042/2024 estabelece que parte das receitas obtidas com o mercado de carbono seja destinada à inovação tecnológica em soluções de baixo carbono nas atividades reguladas, reforçando o caráter indutor de políticas climáticas sobre a modernização produtiva (IETA, 2024, p. 3). Além disso, a vinculação do SBCE ao Artigo 6 do Acordo de Paris pode favorecer a atração de investimentos estrangeiros, promovendo projetos

sustentáveis, geração de empregos e transferência de tecnologia para o Brasil (IETA, 2024, p. 2). Nesse sentido, um sistema de comércio de emissões bem estruturado, com regras claras e governança eficiente, tende a impulsionar o desenvolvimento e a adoção de tecnologias mais limpas, ao mesmo tempo em que fortalece a competitividade industrial nacional (IETA, 2024, p. 4).

Dessas empresas podem ser citadas a Ambev e a Petrobras. A Ambev teve uma redução de 44,6% na sua taxa de emissão de CO<sub>2</sub> entre os anos de 2017 a 2021 e mantém a expectativa de aumentar o número de redução até o ano de 2030. (CNN Brasil 2022)

A Petrobras teve uma redução em cerca de 41% entre os anos de 2015 e 2023 em suas emissões absolutas operacionais de gases de efeito estufa (GEE), com isso, atingindo emissões absolutas por volta de 46 milhões de toneladas de GEE em 2023. (Agência Petrobras, 2024)

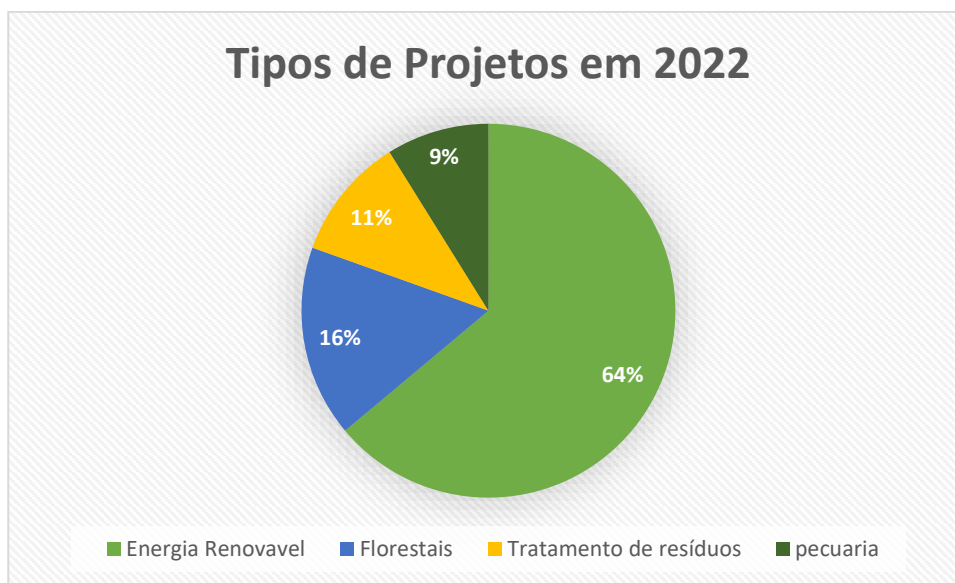
Com a redução da emissão de carbono e o acúmulo de créditos de carbono, as projeções para a arrecadação de receita são bilionárias. Conforme a ICC Brasil (2021), “com apoio da Suzano, Microsoft, Shell, Natura, Bayer e BP, as instituições apuraram que o potencial de geração de receitas com créditos de carbono até 2030 para o Brasil fica em torno de US\$ 493 milhões e US\$ 100 bilhões”. Esses números representam cerca de 1 gigaton, que é equivalente a 1 bilhão de toneladas de CO<sub>2</sub>, um número expressivo, visto que em 2020 os créditos de carbono global correspondem a cerca de 4 gigatons. Além disso, esse estudo aponta também a possibilidade de o Brasil ser capaz de suprir entre 5% e 37,5% da demanda global de crédito de carbono. (ICC Brasil, 2021)

A Vale anunciou um investimento na startup Mantel, que desenvolve uma tecnologia inovadora de captura de carbono que visa capturar o CO<sub>2</sub> diretamente de fontes industriais. O investimento faz parte do compromisso da Vale em apoiar soluções disruptivas para descarbonizar a cadeia de mineração e metais. A captura de carbono é uma solução importante para mitigar emissões no setor industrial e, com o avanço dessa tecnologia espera-se um impacto positivo sobre a infraestrutura de captura, transporte e armazenamento de CO<sub>2</sub>, impulsionando a transição para uma economia de baixo carbono. (VALE, 2024).

Segundo ICC Brasil (2022), o Brasil em 2022 tinha 181 projetos de carbono implementados; o estado com maior implementação de projetos é Minas Gerais, com 21 projetos registrados, seguido por São Paulo com 20. Os estados com menor são Espírito Santo, Piauí e Sergipe, cada um com um projeto de carbono. A predominância é por

projetos de energia renovável com 108 projetos, em segundo projetos florestais com 28, seguidos de projetos de tratamentos de resíduos com 18 e, por último, projetos de pecuária com 15, conforme a Figura 2.

Figura 2 – Projetos de carbono

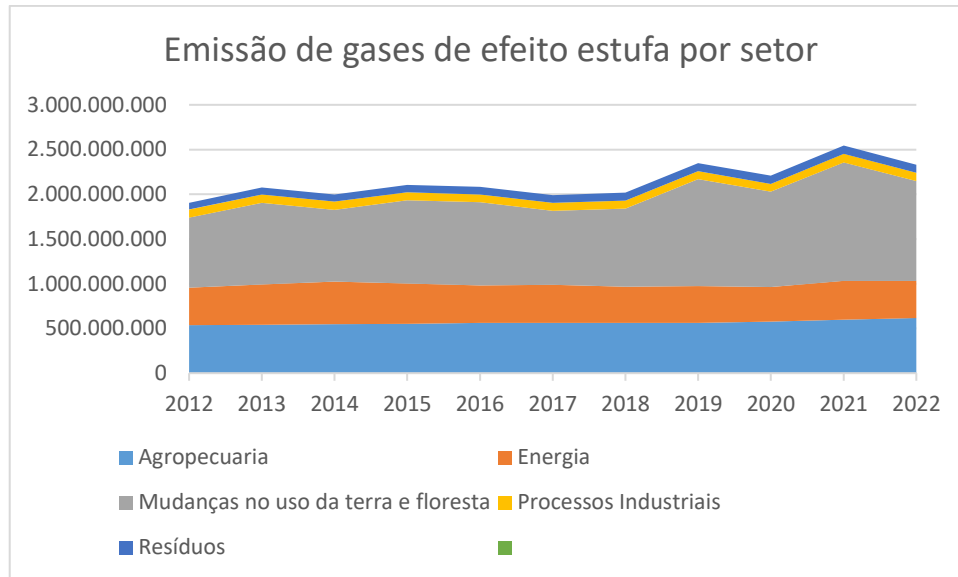


Fonte: ICC Brasil (2022)

A figura 2 mostra os tipos de projetos de carbono implementados em 2022, sendo a maior parte deles em energia renovável e a menor foi projetos de pecuária.

Segundo SEEG (2024), o Brasil emitiu 2,3 bilhões de toneladas brutas de gases de efeito estufa em 2022, o que houve uma queda quando comparado com o ano de 2021, quando a emissão bruta foi de 2,5 bilhões de toneladas, como mostra na figura 3.

Figura 3 – Emissão de gases de efeito estufa no Brasil

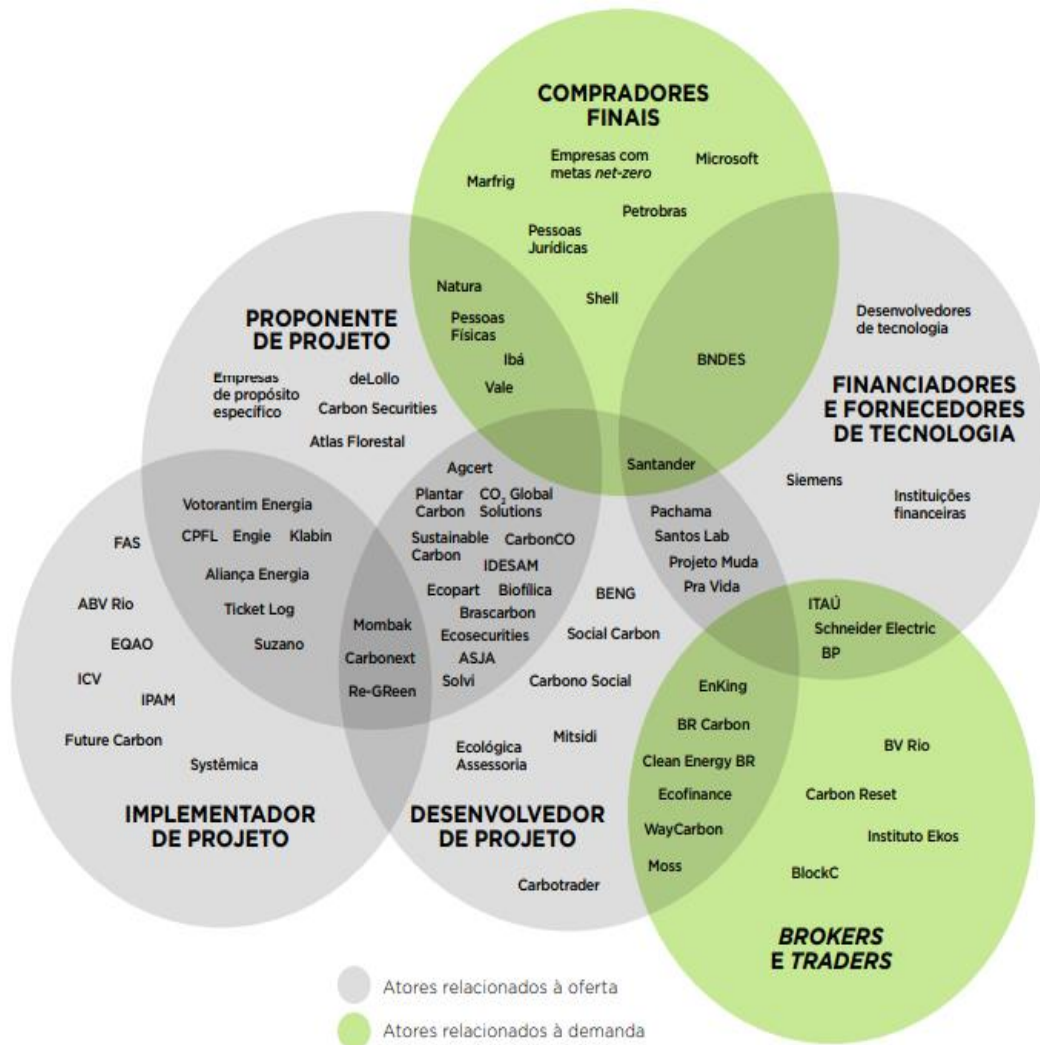


Fonte: SEEG (2024)

A figura 3 mostra as emissões totais de gases de efeito estufa, em toneladas, de 2012 até 2022.

Segundo o levantamento do ICC Brasil (2022), esses são os principais atores do ecossistema do mercado de carbono no Brasil. A figura 4 apresenta atores que se encaixam em mais de um tipo de atuação nesse mercado, posição percebida na coleta de dados; portanto, podem apresentar alterações na atuação não identificadas nesse momento.

Figura 4 – Atores do ecossistema do mercado de carbono no Brasil.



Fonte: ICC Brasil (2022)

A figura 4 mostra diversos setores envolvidos no mercado de carbono no Brasil, está dividida em seis categorias, cada uma representando um grupo de agentes, a tabela usa sobreposições para demonstrar que alguns atores podem participar em mais de uma função, dependendo de suas atividades no mercado.

### 3.3 Inovação e tecnologia no contexto do mercado de carbono

De acordo com o Climate Leadership Council (2024), alcançar as metas globais de emissão zero carbono exige um esforço não só para a redução direta das emissões, mas também na inovação tecnológica. O estudo aponta que entre 35% e 45% das reduções necessárias para alcançar a emissão de carbono zero ainda dependem de tecnologias que ainda não foram desenvolvidas ou não estão disponíveis comercialmente, o que torna essencial a criação de incentivos econômicos para o impulsionar essas soluções. A

precificação do carbono é o instrumento mais eficaz para conectar investimentos que ajudam na aceleração da inovação tecnológica necessária para enfrentar as mudanças climáticas. O preço do carbono cria um incentivo econômico constante para o desenvolvimento e as adaptações de novas tecnologias limpas, estimulando a criação de novas tecnologias e a melhoria de tecnologias já existentes. Além de orientar o mercado global para a escolha de baixo carbono, a precificação do carbono também reduz o risco para investidores, acelerando a pesquisa, desenvolvimento e comercialização de tecnologias sustentáveis. A importância de políticas públicas, como subsídios e incentivos fiscais, é importante, mas não é suficiente para impulsionar a escala necessária de inovação. Um sistema de precificação de carbono aplicado de forma ampla e transparente permitiria que as empresas e consumidores encontrassem soluções mais eficientes, recompensando todas as formas de redução de emissões sem que o governo precise escolher tecnologias específicas. A busca por baixo carbono ou carbono zero alinha os incentivos econômicos à transição energética. Além disso, um preço de carbono robusto tem potencial para substituir gradualmente subsídios, reduzir custos fiscais e promover o investimento privado em tecnologias limpas. Em longo prazo, isso fortalece a competitividade econômica e gera inovação que pode ser exportada, contribuindo para o crescimento sustentável. O mercado de carbono não apenas estimula práticas sustentáveis, mas também atua como catalisador de inovação tecnológica, criando um ambiente em que reduzir emissões se torna economicamente vantajoso.

Segundo Sasson (2023), o mercado de carbono é analisado projeto a projeto, de um modo mais artesanal. Assim, o uso da tecnologia blockchain pode ser uma revolução no mercado de carbono e o uso do blockchain no mercado de carbono traz maior transparência, segurança e liquidez. A tokenização representa os ativos físicos do mercado de carbono na forma de tokens digitais em uma rede de blockchain, resolvendo problemas como a dupla contagem de créditos e a falta de visibilidade nos preços e volumes de compra e venda. Além disso, essa tecnologia oferece uma rastreabilidade que permite que os créditos sejam monitorados em tempo real quando conectados a sensores de IoT (internet of things), garantindo maior confiabilidade na origem dos créditos e combatendo fraudes e greenwashing. Outro benefício da tokenização do mercado de carbono é a adesão de investidores menores aos créditos que antes só poderiam ser acessados por grandes investidores, viabilizando a participação global e a negociação de créditos entre diferentes países, e isso está alinhado com os objetivos do Acordo de Paris

de consolidar mercados globais de carbono. Apesar dos benefícios, o uso da blockchain ainda enfrenta resistência de players tradicionais do mercado, além de desafios como a falta de padronização de metodologias e taxonomias de projetos. Mesmo assim, a tecnologia é vista como uma solução eficaz para uma melhor transparência e liquidez para o mercado de carbono, especialmente com o aumento da demanda impulsionada pelos compromissos net zero das empresas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho teve como objetivo analisar de que forma o mercado de carbono e as tecnologias sustentáveis contribuem para a redução das emissões de gases de efeito estufa e para o desenvolvimento tecnológico no Brasil. A partir da pesquisa bibliográfica e da análise de dados de instituições como IBGE, IPEA e SEEG, foi possível constatar que o sistema de créditos de carbono, instituído pelo Protocolo de Quioto, constitui um importante instrumento econômico de incentivo à sustentabilidade e à inovação.

Os resultados indicam que o mercado de carbono, de forma regulada ou voluntária, tem potencial significativo para criar práticas empresariais mais responsáveis e estimular o investimento em tecnologias limpas. No contexto brasileiro, a criação do Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões (SBCE) e o apoio de instituições como o BNDES evidenciam o fortalecimento das políticas públicas voltadas à transição para uma economia de baixo carbono. Esse movimento demonstra um avanço institucional relevante, que associa crescimento econômico à preservação ambiental.

Observou-se também que grandes empresas nacionais, como Ambev, Petrobras e Vale, vêm obtendo reduções expressivas em suas emissões e investindo em soluções tecnológicas inovadoras, como a captura e o armazenamento de carbono. Tais práticas reforçam a hipótese de que o mercado de carbono não apenas contribui para a mitigação dos impactos ambientais, mas também atua como catalisador de inovação e competitividade industrial.

O uso de tecnologias emergentes, especialmente o *blockchain*, mostrou-se um ponto de inflexão no aprimoramento da transparência, rastreabilidade e segurança das transações de créditos de carbono. Além disso, a tokenização amplia o acesso de novos investidores, democratizando o mercado e fortalecendo sua credibilidade internacional.

Essas transformações demonstram como a inovação digital pode acelerar a consolidação de uma economia verde e inclusiva.

Contudo, o estudo apresenta limitações inerentes à sua abordagem qualitativa e à dependência de dados secundários. Futuras pesquisas podem explorar análises quantitativas sobre o impacto econômico do mercado de carbono em diferentes setores produtivos, bem como avaliar a efetividade das políticas públicas de incentivo à inovação verde no longo prazo. Também seria pertinente investigar o papel das pequenas e médias empresas nesse processo de transição energética.

Conclui-se, portanto, que a integração entre políticas públicas, instrumentos econômicos e inovação tecnológica é essencial para consolidar o mercado de carbono como pilar estratégico do desenvolvimento sustentável no Brasil. O fortalecimento desse mercado pode gerar benefícios ambientais, econômicos e sociais, contribuindo para o cumprimento das metas do Acordo de Paris e para a construção de uma economia mais resiliente e competitiva frente aos desafios climáticos globais

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA CÂMARA DE NOTÍCIAS. **O Brasil se prepara para o mercado de carbono.** 2023. Disponível em: <https://infograficos.camara.leg.br/o-brasil-se-prepara-parao-mercado-de-carbono/>. Acesso em: 25 out. 2024.

AGÊNCIA PETROBRAS. **Petrobras reduz emissões absolutas operacionais em 41%.** 2024. Disponível em: <https://agencia.petrobras.com.br/w/sustentabilidade/petrobras-reduz-emissoes-absolutas-operacionais-em-41->. Acesso em: 28 set. 2024.

- BLAUFELDER, Christopher. **Mercado voluntário de carbono tem potencial gigantesco no Brasil**. McKinsey & Company, 2022. Disponível em: <https://www.mckinsey.com.br/our-insights/all-insights/mercado-voluntario-de-carbono-tem-potencial-gigantesco-no-brasil#/> acesso em: 11 set. 2024.
- CLIMATE LEADERSHIP COUNCIL. **Unlocking Net Zero: Accelerating Innovation & Deployment through Carbon Pricing**. Washington, D.C., 2024. Disponível em: <https://clcouncil.org/media/2024/04/Unlocking-net-zero.pdf>. Acesso em: 15 out. 2025.
- CNN BRASIL. **Empresas criam metas voluntárias de redução de emissão de efeito estufa**. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/macroeconomia/empresas-criam-metas-voluntarias-de-reducao-de-emissoes-de-gases-de-efeito-estufa/>. Acesso em: 27 set. 2024.
- COSTA, Alessandra G. **O Brasil e o mercado de carbono**. 2023. Disponível em: <https://www.dgabc.com.br/Noticia/3934593/o-brasil-e-o-mercado-de-carbono>. Acesso em: 25 out. 2024.
- CROSBY, Michael et al. **BlockChain Technology: Beyond bitcoin**. Sutardja Center for Entrepreneurship & Technology Technical Report, Berkeley, 16 out. 2015. Disponível em: <https://scet.berkeley.edu/wp-content/uploads/BlockchainPaper.pdf>. Acesso em: 23 out. 2024
- GRUBB, Michael. **Emissions Trading and Competitiveness**. 6 ed. Londres: Earthscan, 2006.
- ICC BRASIL. **Brasil pode ganhar até US\$ 100 bi em receitas de crédito de carbono até 2030**. 2021. Disponível em: <https://www.iccbrasil.org/brasil-pode-ganhar-ate-us-100bi-em-receitas-de-credito-de-carbono-ate-2030/>. Acesso em: 25 set. 2024.
- ICC BRASIL. **Oportunidades para o Brasil no mercado de carbono**. 2022. Disponível em: [https://www.iccbrasil.org/wp-content/uploads/2022/10/RELATORIO\\_ICCBR\\_2022\\_final.pdf](https://www.iccbrasil.org/wp-content/uploads/2022/10/RELATORIO_ICCBR_2022_final.pdf). Acesso em: 28 set. 2024.
- IETA. **Leveraging Brazil's carbon market**. Genebra: IETA, 2024. Disponível em: [https://www.ieta.org/uploads/wp-content/Resources/Reports/IETA\\_Report\\_Leveraging-Brazils-carbon-market-English.pdf](https://www.ieta.org/uploads/wp-content/Resources/Reports/IETA_Report_Leveraging-Brazils-carbon-market-English.pdf). Acesso em: 20 set. 2025
- JURAS, Ilidia da Ascensão Garrido Martins. **Créditos de carbono**. Brasília: Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados, 2009. Disponível em: <https://bd.camara.leg.br/bd/handle/bdcamara/1024>. Acesso em: 4 mai. 2024.
- MONTBELLER-FILHO, Gilberto. **Textos de economia**. Vol. 4. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1993. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/economia/article/view/6645/6263> Acesso em: 3 mai. 2024.
- OCDE. **Manual de Oslo: Diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação**. 3 ed. FINEP. 2005 Disponível em: <http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/manualoslo.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2024.
- OLIVEIRA, Daniele Lopes. **Estudos: Vida e Saúde**. Goiânia. v. 38, n. 2. abr. 2011. Disponível em: <https://seer.pucgoias.edu.br/index.php/estudos/article/view/2195/1355>. Acesso em: 4 mai. 2024.

PACHECO, Fabiana. 2006 **Conjuntura e Planejamento**. Salvador: Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia, 2006. Disponível em: [https://sei.ba.gov.br/images/publicacoes/download/cep/cep\\_149.pdf](https://sei.ba.gov.br/images/publicacoes/download/cep/cep_149.pdf). Acesso em: 04 mai. 2024.

PNUMA, 2011. **Rumo a uma economia verde: caminhos para o desenvolvimento sustentável e a erradicação da pobreza – síntese para tomada de decisão**. Programa das Nações Unidas. Disponível em:

[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2514513/mod\\_resource/content/1/economia\\_verde\\_pnuma.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2514513/mod_resource/content/1/economia_verde_pnuma.pdf). Acesso em: 4 mai. 2024.

SÁNCHEZ, Luis Enrique. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. 3. ed. atual. e aprimorada. São Paulo: Oficina de Textos, 2020. Disponível em: [https://s3-sa-east-1.amazonaws.com/ofitexto.arquivos/degustacao/avaliacao-de-impacto-ambiental-3ed\\_deg.pdf](https://s3-sa-east-1.amazonaws.com/ofitexto.arquivos/degustacao/avaliacao-de-impacto-ambiental-3ed_deg.pdf). Acesso em: 22 set. 2025

SASSON, J. M. **Créditos de carbono tokenizado: a próxima (ou atual?) revolução do mercado voluntário**, 2023. Disponível em: <https://www.jota.info/opiniao-e-analise/colunas/regulacao-e-novas-tecnologias/credito-de-carbono-tokenizado>. Acesso em: 19 out. 2024.

SCABIN, Denise. **Crédito de carbono e mudanças climáticas: o que você tem a ver com isso?**, 2024. Disponível em: <https://semil.sp.gov.br/educacaoambiental/2024/07/credito-de-carbono-e-mudancas-climaticas-o-que-voce-tem-a-ver-com-isso/#:~:text=Crédito%20de%20carbono%20é%20a,global%20e%20das%20mudanças%20climáticas>. Acesso em: 24 out. 2024.

SEEG: **Emissões totais**, 2024. Disponível em <https://plataforma.seeg.eco.br>. Acesso em: 23 set. 2024.

TRUST CARBON. **Mercado de Créditos de Carbono 2025: Brasil pode faturar US\$ 120 bilhões**. 2025. Disponível em: <https://trustcarbon.org/blog/pt/mercado-creditos-carbono-brasil-mundo-2025.html> . Acesso em: 22 nov. 2025.

UNFCCC, **Protocolo de Quioto**, 1997. Disponível em: [Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. | UNFCCC](https://unfccc.int/kyoto-protocol-to-the-united-nations-framework-convention-on-climate-change). Acesso em: 22 mar. 2024.

VALE: **vale ventures anuncia investimento na startup Mantel, que desenvolve solução de captura de carbono direto de fontes industriais a baixo custo**. Vale Ventures, 2024. Disponível em: <https://saladeimprensa.vale.com/pt/w/vale-ventures-anuncia-investimento-na-startup-mantel-que-desenvolve-solucao-de-captura-de-carbono-direto-de-fontes-industriais-a-baixo-custo>. Acesso em: 20 out. 2024.