

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**ANÁLISE ESTRATÉGICA DO MERCADO DE CARBONO
FLORESTAL NO BRASIL**

LUCAS LAMARE MOREIRA ALVES

ORIENTADOR: HUMBERTO ANGELO

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM
CIÊNCIAS FLORESTAIS**

BRASÍLIA / DF: DEZEMBRO/2023

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**ANÁLISE ESTRATÉGICA DO MERCADO DE CARBONO
FLORESTAL NO BRASIL**

LUCAS LAMARE MOREIRA ALVES

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
FLORESTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE.**

APROVADA POR:

Prof. Dr. HUMBERTO ÂNGELO

Departamento de Engenharia Florestal – EFL - UnB

(ORIENTADOR)

Prof. Dr. ERALDO APARECIDO TRONDOLI MATRICARDI – EFL - UnB

(EXAMINADOR INTERNO)

Prof. Dr. GILSON FERNANDES DA SILVA – UFES

(EXAMINADOR EXTERNO)

BRASÍLIA/DF, 15 DE DEZEMBRO DE 2023.

FICHA CATALOGRÁFICA

ALVES, LUCAS LAMARE MOREIRA

Análise Estratégica do Mercado de Carbono no Brasil [Distrito Federal] 2023

ENC/FT/UnB, Mestre, Ciências Florestais, 2023

Dissertação de Mestrado

Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Florestal

Mudanças climáticas

Análise Estratégica

Mitigação climática

Mercado de Carbono Florestal

REFERÊNCIA

ALVES, L.L.M (2023) **Análise Estratégica do Mercado de Carbono Florestal no Brasil.**

Dissertação de Mestrado, Publicação xxxxxx, Departamento de Engenharia Florestal,

Universidade de Brasília - UnB. Brasília, DF, xxx p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Lucas Lamare Moreira Alves

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO: Desafios e Oportunidades do Mercado de Carbono Florestal no Brasil

GRAU/ANO: Mestre/2023

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir a dissertação de mestrado e para emprestar ou vender somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Lucas Lamare Moreira Alves

lucaslamare@gmail.com

RESUMO

ANÁLISE ESTRATÉGICA DO MERCADO DE CARBONO FLORESTAL NO BRASIL

As mudanças climáticas, exacerbadas pela crescente emissão de gases de efeito estufa, representam um desafio global urgente, com isso, o Acordo de Paris estabelece metas ambiciosas para limitar o aumento da temperatura global, destacando a importância de estratégias eficazes para mitigar tais mudanças. Neste contexto, as florestas emergem como ativos cruciais devido à sua capacidade de sequestro de carbono, tornando o mercado de carbono uma ferramenta valiosa na luta contra o aquecimento global. Este trabalho aborda o mercado de carbono florestal brasileiro, em especial busca-se: identificar as oportunidades e estratégias para otimizar sua contribuição na mitigação das mudanças climáticas. Como base metodológica utiliza-se uma abordagem que combina dados quantitativos e qualitativos, numa amostra com 77 especialistas do setor, empregando questionários estruturados e análise SWOT para uma compreensão detalhada do mercado. Os resultados revelam que a vasta cobertura florestal do Brasil e a rica biodiversidade são forças significativas do mercado de carbono florestal, enquanto a crescente demanda internacional por créditos de carbono representa uma oportunidade substancial. No entanto, desafios como o desmatamento ilegal e a fragilidade das políticas públicas e marcos regulatórios surgem como fraquezas notáveis, já as ameaças incluem conflitos fundiários, instabilidade política e econômica, e a vulnerabilidade a mudanças nas políticas internacionais de carbono. A pesquisa conclui que é essencial fortalecer as políticas públicas e os marcos regulatórios, promover a colaboração entre setores e fomentar a inovação tecnológica. Além disso, a pesquisa ressalta a importância da inclusão ativa das comunidades locais e dos povos indígenas para garantir a sustentabilidade e efetividade dos projetos de carbono. As descobertas e recomendações deste estudo visam contribuir para a formulação de estratégias mais eficientes e sustentáveis no mercado de carbono florestal brasileiro, alinhadas aos objetivos globais de mitigação das mudanças climáticas.

Palavras-chave: Mercado de Carbono Florestal; Mudanças Climáticas; Análise estratégica

ABSTRACT

STRATEGIC ANALYSIS OF THE BRAZILIAN FOREST CARBON MARKET

Climate change, exacerbated by the increasing emission of greenhouse gases, represents an urgent global challenge. Accordingly, the Paris Agreement sets ambitious targets to limit the rise in global temperatures, highlighting the importance of effective strategies to mitigate such changes. In this context, forests emerge as crucial assets due to their carbon sequestration capabilities, making the carbon market a valuable tool in the fight against global warming. This work addresses the Brazilian forest carbon market, particularly seeking to identify opportunities and strategies to optimize its contribution to climate change mitigation. Methodologically, an approach combining quantitative and qualitative data is employed, with a sample of 77 sector specialists, using structured questionnaires and SWOT analysis for a detailed understanding of the market. The results reveal that Brazil's extensive forest coverage and rich biodiversity are significant strengths of the forest carbon market, while the growing international demand for carbon credits represents a substantial opportunity. However, challenges such as illegal deforestation and the fragility of public policies and regulatory frameworks emerge as notable weaknesses, with threats including land conflicts, political and economic instability, and vulnerability to changes in international carbon policies. The research concludes that it is essential to strengthen public policies and regulatory frameworks, promote collaboration between sectors, and foster technological innovation. Additionally, the research highlights the importance of active inclusion of local communities and indigenous peoples to ensure the sustainability and effectiveness of carbon projects. The findings and recommendations of this study aim to contribute to the formulation of more efficient and sustainable strategies in the Brazilian forest carbon market, aligned with global objectives for mitigating climate change.

Keywords: Forest Carbon Market; Climate Change; Strategic Analysis

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	OBJETIVOS	2
1.1.1	<i>Objetivo geral</i>	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
2	REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1	MUDANÇAS CLIMÁTICAS	3
2.1.1	<i>MITIGAÇÃO E ADAPTAÇÃO ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS</i>	3
2.1.2	<i>IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS</i>	6
2.1.3	<i>POLÍTICAS E GOVERNANÇA CLIMÁTICA</i>	9
2.2	FLORESTAS	11
2.2.1	<i>IMPORTÂNCIA DAS FLORESTAS NO SEQUESTRO DE CARBONO</i>	11
2.2.2	<i>MECANISMOS DE MERCADO RELACIONADOS ÀS FLORESTAS</i>	12
2.3	MERCADO DE CARBONO.....	13
2.3.1	<i>MERCADO DE CARBONO NO MUNDO</i>	13
2.3.2	<i>MERCADO DE CARBONO NO BRASIL</i>	14
2.3.3	<i>MERCADO DE CARBONO FLORESTAL</i>	16
2.3.4	<i>DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA O MERCADO DE CARBONO FLORESTAL BRASILEIRO</i>	17
3	MATERIAIS E MÉTODOS	19
3.1	ÁREA DE ESTUDO	19
3.2	AS VARIÁVEIS	20
3.3	AMOSTRA.....	23
3.4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	24
3.5	DOS DADOS.....	26
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1	PERFIL DOS PARTICIPANTES	27
4.2	ANÁLISE DOS DADOS.....	29
4.2.1	<i>Forças</i>	29
4.2.2	<i>Oportunidades</i>	32
4.2.3	<i>Fraquezas</i>	33
4.2.4	<i>Ameaças</i>	35
4.3	ANÁLISE ESTRATÉGICA.....	37
5	CONCLUSÕES	41
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

LISTA DE TABELAS

TABELA 4.1 - ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DAS FORÇAS NO MERCADO DE CARBONO FLORESTAL.....	30
TABELA 4.2 - ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DAS OPORTUNIDADES NO MERCADO DE CARBONO FLORESTAL	32
TABELA 4.3 - ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DAS FRAQUEZAS NO MERCADO DE CARBONO FLORESTAL BRASILEIRO.....	34
TABELA 4.4 - ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DAS AMEAÇAS NO MERCADO DE CARBONO FLORESTAL	36

LISTA DE QUADROS

QUADRO 3.1 - MATRIZ SWOT	21
QUADRO 4.1 - NOVA MATRIZ SWOT	38

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 3.1 - EXEMPLO DE INFORMAÇÕES COLETADAS NO FORMULÁRIO.	24
FIGURA 4.1 - DISTRIBUIÇÃO DOS PARTICIPANTES DE ACORDO COM O CURSO DE FORMAÇÃO.	28
FIGURA 4.2 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS PARTICIPANTES DE ACORDO COM O CARGO DE ATUAÇÃO.	29
FIGURA 4.3 - INTERRELAÇÕES ENTRE OS PRINCIPAIS COMPONENTES AVALIADOS.	39

LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURA E ABREVIACÕES

AFOLU	Agricultura, Florestas e Outros Usos de Terra (em inglês, <i>Agriculture, Forests, and Other Land Uses</i>)
AR6	Sexto Relatório de Avaliação (em inglês, <i>Sixth Assessment Report</i>)
CO2	Dióxido de Carbono
COP-11	11ª Conferência das Partes (em inglês, <i>Conference of the Parties</i>)
CORSIA	Esquema de Compensação e Redução de Carbono para Aviação Internacional (em inglês, <i>Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation</i>)
ERR	Redução de Emissões Evitadas
ETS	Sistema de Comércio de Emissões (do inglês, <i>Emissions Trading System</i>)
EU ETS	Sistema de Comércio de Emissões da União Europeia (do inglês, <i>European Emission Trading System</i>)
FCCC	Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (do inglês, <i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i>)
GEE	Gases do Efeito Estufa
ICC Brasil	Câmara de Comércio Internacional no Brasil (do inglês, <i>International Chamber of Commerce</i>)
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (do inglês, <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>)
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
NbS	Soluções Baseadas na Natureza (<i>Nature-based Solutions</i>)

NDC	Contribuição Nacionalmente Determinada (do inglês, <i>Nationally Determined Contribution</i>)
OECD	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (do inglês, <i>Organisation for Economic Cooperation and Development</i>)
REDD+	Redução das Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal
SWOT	<i>Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats</i> (Forças, Fraquezas, Oportunidades, Ameaças)
UNFCCC	Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (do inglês, <i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i>)
VCM	Mercados Voluntários de Carbono (<i>Voluntary Carbon Market</i>)

1 INTRODUÇÃO

Em 2015 o Acordo de Paris foi adotado com o objetivo global de manter o aumento da temperatura média global bem abaixo de 2°C acima dos níveis pré-industriais e prosseguir esforços para limitar a 1,5°C (FCCC, 2016). Atualmente enfrentamos um cenário preocupante, conforme indicado pelo Sexto Relatório de Avaliação (AR6, do inglês “*Sixth Assessment Report*”) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, em inglês “*Intergovernmental Panel on Climate Change*”) publicado em 2023, que indica que a temperatura já se elevou 1,1°C.

As mudanças climáticas, mesmo sendo temporariamente ofuscadas por crises imediatas como pandemias e guerras, continuam a ganhar atenção devido a impactos como recordes de temperatura, aumento na frequência de desastres naturais e perda de biodiversidade, com estimativas indicando um aquecimento global de 3,2°C até o final do século (ICC Brasil; WayCarbon, 2022). É esperado um incremento nas temperaturas, redução significativa da precipitação e alterações na velocidade dos ventos em várias regiões semiáridas como consequência do Aquecimento Global (de Jong *et al.* 2019).

Diversas estratégias são consideradas na luta contra as mudanças climáticas, como o papel de sumidouros de carbono, eficiência energética, o uso de energia renovável, e a minimização das emissões provenientes da queima de combustíveis fósseis, as quais devem ser avaliadas monetariamente para priorizar suas implementações com base na relação custo-eficácia (Pache; Abrudan; Niță, 2021). No Brasil, as principais emissões de GEE originam-se de mudanças no uso da terra, tornando a conservação e restauração de florestas estratégias cruciais, não apenas para abordar a causa raiz das emissões, mas também para fomentar o emergente mercado de carbono (Barros *et al.* 2023).

Entretanto, o custo de oportunidade entre a conservação do excedente florestal e sua conversão para atividades econômicas alternativas, como o cultivo de soja, permanece significativo, ressaltando a necessidade de valorizar a conservação florestal além dos incentivos financeiros (Vargas; Delazeri; Ferreira, 2022). Nesse contexto, os mercados de crédito de carbono oferecem uma solução, fornecendo remuneração por reduções de emissões por meio da diminuição do desmatamento e da degradação florestal, além da melhoria da gestão florestal sob a sigla REDD+ (World Bank, 2023)

Com o aumento das metas de redução de emissões nos próximos anos, surge a necessidade de um mercado de carbono robusto e eficaz, que deverá se tornar a principal fonte de financiamento para os proprietários de florestas que adotam práticas de manejo voltadas ao armazenamento e sequestro de carbono (Pache; Abrudan; Niță, 2021). Assim, é crucial identificar as principais oportunidades e os desafios do mercado, para maximizar as primeiras e mitigar os últimos.

É importante notar que, no contexto internacional, quando se fala em Brasil e mudanças climáticas, a discussão muitas vezes se concentra na região da Amazônia, reconhecida globalmente por seu papel vital no equilíbrio climático e na biodiversidade. Isso se reflete na bibliografia internacional, onde a maioria das referências sobre o Brasil está associada à Amazônia, destacando sua importância e os desafios enfrentados pela região.

O cerne da abordagem metodológica utilizada nesta dissertação é a análise SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats* – Forças, Fraquezas, Oportunidades, Ameaças) para elaboração da análise estratégica do mercado de carbono florestal brasileiro. Utilizamos um questionário aplicado a especialistas do setor, cujas respostas foram analisadas para identificar as principais oportunidades e desafios para o setor.

Esta dissertação está organizada da seguinte forma: no Capítulo 2, apresentaremos uma revisão da literatura relacionada às mudanças climáticas, importância das florestas e mercado de carbono. No Capítulo 3, descreveremos a metodologia utilizada, incluindo a análise SWOT aplicada ao mercado de carbono florestal brasileiro. No Capítulo 4, apresentaremos os resultados da pesquisa, destacando as principais forças, fraquezas, oportunidades e ameaças identificadas, e discutiremos a Análise Estratégica. Por fim, no Capítulo 5, discutiremos as conclusões da pesquisa e as recomendações para fortalecer o mercado de carbono florestal no Brasil.

1.1 OBJETIVOS

A presente pesquisa aborda o mercado de carbono florestal brasileiro com um olhar na Amazônia brasileira.

Em especial busca-se:

- Avaliar a importância das Soluções Baseadas na Natureza, com ênfase nas florestas, como ferramentas de mitigação das mudanças climáticas;

- Identificar os pontos fortes e fracos, as oportunidades e ameaças para otimizar sua contribuição na luta contra o aquecimento global;
- Compreender a magnitude e os impactos das mudanças climáticas;
- Entender o papel e o potencial do mercado de carbono no financiamento dos esforços de conservação florestal e reflorestamento no Brasil;
- Fornecer subsídios a elaboração de políticas públicas e marcos regulatórios, promovendo a colaboração entre setores e a inclusão de comunidades locais e povos indígenas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 MUDANÇAS CLIMÁTICAS

2.1.1 MITIGAÇÃO E ADAPTAÇÃO ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

A intensificação do aquecimento global, exacerbada pelo aumento significativo das emissões de gases de efeito estufa (GEE) ao longo do último século já é um fenômeno bem documentado, como destacado por Zhang *et al.* (2022). Os cientistas descobriram que o clima da Terra está sempre mudando devido a diversos fatores, incluindo mudanças na órbita terrestre, processos bióticos, flutuações na radiação solar, erupções vulcânicas, modificações oceânicas e orogênicas relacionadas às placas tectônicas, e variações naturais na concentração atmosférica de GEE, além disso, identificaram as ações humanas como as principais causas das alterações climáticas atuais (Mesarović, 2019).

De acordo com o Sexto Relatório de Avaliação (AR6, do inglês “*Sixth Assessment Report*”) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, do inglês “*Intergovernmental Panel on Climate Change*”) lançado em 2023, o uso insustentável e desigual de energia e terra, somado à queima de combustíveis fósseis por mais de um século, levou ao aquecimento global, aumentando a temperatura da superfície global em 1,1°C acima dos níveis da era pré-industrial (1850-1900). Este aumento resultou em impactos adversos generalizados e perdas e danos significativos à natureza e às pessoas. Esses valores são considerados críticos, pois se aproximam do limite estabelecido pelo Relatório Especial sobre o Aquecimento Global de 1,5°C do IPCC (2018), que alertou sobre as graves e irreversíveis consequências para os ecossistemas, a biodiversidade e os sistemas humanos se ocorrer um aumento de 1,5°C acima dos níveis pré-industriais.

Diante dessa magnitude dos impactos climáticos já observados e da responsabilidade humana, surge a imperiosa necessidade de explorar estratégias eficazes de mitigação e adaptação, oferecendo soluções tangíveis. Segundo Fawzy *et al.* (2020), as estratégias de mitigação das mudanças climáticas incluem: 1) esforços convencionais de descarbonização, como energia renovável e captura de carbono; 2) tecnologias de emissões negativas, como reflorestamento e biochar, para remover CO₂ da atmosfera; e 3) geoengenharia de forçamento radiativo, onde o princípio é alterar o balanço de radiação da terra através do gerenciamento da radiação solar e terrestre. Contudo, essa última ainda está no campo teórico ou em estágios muito iniciais de teste e acarreta muita incerteza e risco em termos de implantação prática em larga escala.

A mitigação das mudanças climáticas globais através da redução de emissões de carbono não se restringe apenas a aspectos técnicos, mas também envolve considerações econômicas, com o comércio de emissões e impostos sobre o carbono sendo métodos econômicos frequentemente discutidos para esse fim (Zhang *et al.* 2022). Ou seja, enquanto avançamos em tecnologias de baixa emissão e adaptação, é crucial avaliar o aspecto financeiro, buscando opções economicamente viáveis em larga escala.

Nesse contexto, o AR6 (2023) enfatiza que as tecnologias de baixa emissão em setores como energia, construções, transporte e indústria, aliadas ao progresso na adaptação que reduz riscos climáticos e promove desenvolvimento sustentável, contrastam com o financiamento global para mitigação e adaptação. Apesar de estar em ascensão, este ainda não é adequado. Portanto, essa questão ainda apresenta deficiências, uma vez que em 2020, o financiamento climático fornecido e mobilizado por países desenvolvidos para nações em desenvolvimento atingiu 83,3 bilhões de dólares, um aumento de 4% em relação a 2019, mas ainda está 16,7 bilhões de dólares abaixo da meta de 100 bilhões de dólares estabelecida pela UNFCCC (OECD, 2022).

Conforme Dong *et al.* (2022), é fundamental que os formuladores de políticas utilizem a regulação de mercado e a orientação política para garantir o desenvolvimento financeiro. Isso inclui fornecer suporte de crédito adequado para a inovação em tecnologia verde e minimizar os riscos e custos vinculados ao desenvolvimento financeiro. No Brasil, a possibilidade de mobilização de financiamento para investimentos adicionais explorando várias fontes, inclui a realocação de subsídios intensivos em carbono e o financiamento direto de ações e investimentos favoráveis ao clima, com critérios climáticos para aprovação de investimentos públicos e compras governamentais (Grupo Banco Mundial, 2023)

A relevância da evolução tecnológica corresponde ao avanço no planejamento e implementação de adaptações climáticas globalmente em todos os setores e regiões, gerando múltiplos benefícios adicionais, como melhorar a produtividade agrícola, inovação, saúde e bem-estar, segurança alimentar, meios de subsistência e conservação da biodiversidade, bem como a redução de riscos e danos (IPCC, 2023). Essas tecnologias, que enfatizam não apenas benefícios econômicos, mas também ambientais e ecológicos, são classificadas como tecnologias verdes, também conhecidas como “eco-inovação” e “inovação ambiental” (Dong *et al.* 2022).

Para as estratégias de adaptação em áreas agrícolas, essas abrangem desde a diversificação de culturas e manejo sustentável do solo e da água até o treinamento de agricultores e o desenvolvimento de sistemas de alerta precoce, evidenciando uma abordagem integrada que combina inovação técnica com suporte financeiro e educacional em níveis local, regional e nacional (Grigorieva; Livenets; Stelmakh, 2023).

Por outro lado, as Soluções Baseadas na Natureza (NbS, do inglês "*Nature-based Solutions*") emergem como uma estratégia essencial, conforme ressaltado por Seddon *et al.* (2020). Estas estão ganhando destaque no discurso político e empresarial internacional, apresentando um grande potencial para enfrentar as causas e consequências das mudanças climáticas, enquanto apoiam a biodiversidade e asseguram o fluxo de serviços ecossistêmicos essenciais para o bem-estar humano. No entanto, foram identificadas três barreiras que impedem a integração baseada em evidências das NbS nas políticas e práticas de clima e desenvolvimento em níveis internacional, nacional e local: dificuldades na medição ou previsão da eficácia das NbS, modelos financeiros deficientes e abordagens econômicas falhas, além de formas de governança inflexíveis e altamente setorizadas. Assim, a discussão retorna ao avanço tecnológico e à necessidade de recursos financeiros.

Em paralelo às NbS, a digitalização surge como outra ferramenta relevante para aumentar a resiliência climática, especialmente em áreas urbanas. Esta oferece um caminho promissor para melhorar a capacidade de adaptação às mudanças climáticas, minimizando a exposição a choques climáticos e fortalecendo a resiliência das cidades (Balogun *et al.* 2020).

Hobbie e Grimm (2020) enfatizam a necessidade de justiça social nas políticas climáticas, observando que a vulnerabilidade das comunidades mais pobres nas cidades é agravada pela localização em áreas de alto risco e pela falta de recursos para adaptação, como ar-condicionado, moradia adequada ou sistemas de drenagem. No Brasil, Triana, Lamberts e

Sassi (2018) constataram que os métodos atuais de projeto e especificação de habitações sociais são problemáticos, pois se baseiam em dados meteorológicos antigos que não refletem as condições climáticas futuras, levando a um desempenho ainda pior das moradias nas condições climáticas atuais e futuras; é vital uma mudança na abordagem desses projetos, considerando o desempenho das habitações ao longo da sua vida, estimada em pelo menos 50 anos.

Por último, é crucial salientar que não existe uma solução única para combater as mudanças climáticas e todas as tecnologias e técnicas, se viáveis, devem ser implementadas, pois esforços de descarbonização sozinhos não são suficientes para atender aos objetivos estabelecidos pelo Acordo de Paris (Fawzy *et al.* 2020). Destaca-se a necessidade de uma abordagem complexa e integrada para enfrentar as mudanças climáticas, ampliando nosso entendimento sobre este desafio global.

2.1.2 IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

De acordo com o AR6 (IPCC, 2023), as mudanças climáticas vão intensificar os impactos em sistemas naturais e humanos, aumentando as disparidades regionais e afetando negativamente a biodiversidade, a saúde humana e a produção de alimentos. O relatório ainda aponta que, na América Central e do Sul, os principais exemplos de riscos incluem desafios à segurança hídrica, graves efeitos na saúde devido a epidemias crescentes, especialmente doenças transmitidas por vetores, degradação dos ecossistemas de recifes de coral por branqueamento, riscos à segurança alimentar devido a secas frequentes e extremas, e danos à vida e infraestrutura causados por inundações, deslizamentos de terra, elevação do nível do mar, ondas de tempestade e erosão costeira.

Esses impactos significativos das mudanças climáticas são particularmente evidentes na maneira como influenciam os ecossistemas naturais. Eles ameaçam a integridade e a sobrevivência de muitas espécies, acelerando a perda de biodiversidade pela alteração progressiva das estruturas dos ecossistemas devido a mudanças nas faixas de temperatura ideais (Abbass *et al.* 2022). Adicionalmente, a dinâmica da vegetação florestal é profundamente afetada por essas alterações e deverá ser ainda mais no futuro, sendo influenciada por fatores como mudanças no uso da terra, aumento do CO₂ e ocorrência mais frequente e intensa de perturbações transitórias, incluindo incêndios florestais e surtos de insetos, o que resulta no aumento da mortalidade das árvores (McDowell *et al.* 2020).

No Brasil, os impactos nos biomas da Amazônia e do Cerrado são particularmente preocupantes, pois oferecem serviços ecossistêmicos vitais não só para o Brasil, mas também para a América do Sul e o mundo (Grupo Banco Mundial, 2023). Em relação aos incêndios florestais, Williams *et al.* (2019) observaram que a relação mais evidente até o momento entre os incêndios na Califórnia e a mudança climática antropogênica está no aumento da aridez atmosférica impulsionado pelo aquecimento, o qual aumenta a seca dos combustíveis e propicia incêndios florestais no verão, principalmente nas regiões da Costa Norte e da Sierra Nevada.

Esses fenômenos locais refletem as tendências globais das mudanças climáticas, que se manifestam também em escalas maiores, como o aumento médio global do nível do mar, que está previsto para continuar aumentando no século XXI, projetado para estar dentro de 20% da média global ao longo de dois terços da costa global. Isso resulta na projeção de eventos extremos relacionados que ocorriam uma vez por século no passado recente e agora devem ocorrer pelo menos uma vez por ano em mais da metade de todas as estações de maré até 2100, com riscos crescentes para ecossistemas costeiros, pessoas e infraestrutura além desse período (IPCC, 2023). Além do aumento do nível do mar, os oceanos serão afetados pelas ondas de calor marinhas, eventos climáticos extremos nos sistemas oceânicos, que provocam mudanças ecológicas abruptas e consequências socioeconômicas devastadoras (Oliver *et al.* 2019).

A cada ano, os eventos climáticos extremos tornam-se mais intensos, como ondas de calor, secas e chuvas fortes, causando impactos significativos em pessoas, propriedades e ecossistemas. A intensidade e frequência desses eventos aumentaram, sendo diferenciados de outros impactos pela sua ocorrência em escalas de tempo imediatas e pela complexidade de serem descritos através de médias climatológicas tradicionais em projeções (Clarke *et al.* 2022). As mudanças mais notáveis estão na taxa e intensidade dos extremos de calor e frio, com impactos severos para comunidades em todo o mundo, especialmente devido ao aumento do risco de mortes relacionadas ao calor (Clarke *et al.* 2022).

Além desses extremos de temperatura, outra questão crítica é a alteração nos padrões de precipitação. Wasko *et al.* (2021) identificaram que os padrões de chuva estão se modificando em várias regiões do mundo, com eventos drásticos mais frequentes respondendo ao aumento da capacidade de retenção de umidade da atmosfera. Esses são responsáveis pelas inundações, afetando propriedades, infraestruturas e impactando a saúde física e mental das pessoas (Clarke *et al.* 2022).

A alteração dos padrões de chuva contribui também para longas secas, eventos complexos que impactam bilhões de pessoas globalmente, abrangendo seca meteorológica, agrícola e hidrológica, com impactos variando conforme a exposição e vulnerabilidade nas regiões afetadas (Clarke *et al.* 2022). Um impacto potencial no Brasil é o fornecimento de eletricidade, predominantemente hidrelétrico, que pode levar a crises periódicas de energia, exacerbadas pelo envelhecimento de parques hidrelétricos, cuja idade média das grandes usinas é de 55 anos, resultando em perdas de eficiência e capacidade devido à idade e à manutenção inadequada (Grupo Banco Mundial, 2023).

Globalmente, a vulnerabilidade do setor agrícola é alarmante, com a produção suficiente e o abastecimento de alimentos sendo ameaçados por flutuações climáticas irreversíveis (Abbass *et al.* 2022). Nesse contexto, Ray *et al.* (2019) observaram que os rendimentos das culturas na Europa, na África subsaariana e na Austrália diminuíram, com tendências semelhantes notadas em outras regiões.

A seca agrícola tem consequências diretas sobre a segurança alimentar em determinadas regiões, afetando a produtividade, preços dos alimentos e acesso a recursos. Um caso emblemático é o Nordeste do Brasil (NEB), onde a vulnerabilidade da região foi evidenciada pela seca iniciada em 2012 com alto risco de segurança alimentar. Essa situação tende a persistir, com projeções climáticas indicando um aumento na área sujeita a estresse hídrico, podendo afetar até 54% da região do NEB até 2100, especialmente em cenários de aquecimento acima de 4 °C (Marengo *et al.* 2020).

Os impactos se estendem também à saúde pública, elevando a probabilidade de ocorrência de doenças transmitidas por alimentos, água e vetores, o que agrava o desafio da resistência antimicrobiana, representando uma ameaça crescente à saúde humana devido ao aumento de infecções patogênicas resistentes (Abbass *et al.* 2022). Por sua vez, Perera (2017), salienta que as crianças, particularmente aquelas em situação de pobreza, sofrem desproporcionalmente com doenças e prejuízos no desenvolvimento devido à poluição ambiental e às mudanças climáticas resultantes da combustão de carvão, petróleo, gasolina, diesel e gás natural. Além disso, enfatiza-se que o ônus econômico e de saúde recai de maneira desproporcional sobre os jovens, os pobres e certas minorias, especialmente aqueles nos países em desenvolvimento mais vulneráveis aos impactos dos poluentes atmosféricos tóxicos e das mudanças climáticas provocadas pela combustão de combustíveis fósseis (Perera, 2017).

Um dos grandes desafios nas próximas décadas será encontrar um equilíbrio entre a conservação da biodiversidade, visando manter ou melhorar o estado de conservação das espécies e habitats, com a gestão florestal sustentável que produza, por um lado, os materiais renováveis necessários no setor da bioeconomia, e por outro, uma variedade de serviços ecossistêmicos para o bem-estar humano (PACHE, ABRUDAN e NITA, 2021).

2.1.3 POLÍTICAS E GOVERNANÇA CLIMÁTICA

A governança climática transformadora é essencial para a mitigação e adaptação às alterações climáticas, direcionando as sociedades para objetivos hipocarbônicos, resilientes e sustentáveis (Hölscher; Frantzeskaki; Loorbach, 2019). Sua eficácia está vinculada ao compromisso político, à governança multilateral coordenada, a estruturas institucionais robustas, a leis e políticas claras, a estratégias bem definidas e ao acesso facilitado a financiamento e tecnologia. Uma governança inclusiva e a aplicação de instrumentos regulatórios e econômicos são vitais para estimular reduções significativas de emissões e fortalecer a resiliência climática (IPCC, 2023).

O desenvolvimento resiliente ao clima demanda cooperação internacional e recursos financeiros para assistir as regiões e grupos mais vulneráveis (IPCC, 2023). Nesse panorama, vários acordos internacionais foram criados para limitar e reduzir as emissões antropogênicas de GEE, conforme destacado por Nonini e Fiala (2021).

Zhang *et al.* (2022) apontam que, sem políticas climáticas assertivas, será desafiador alcançar o objetivo de limitar o aumento da temperatura global a 2 °C. Como resposta, muitos países estão adotando políticas piloto diversificadas e explorando padrões de desenvolvimento líquido zero adequados às suas condições nacionais. Destacam-se o Protocolo de Kyoto e o Acordo de Paris como exemplos significativos de esforços internacionais, sendo este último notável por adotar um modelo de compromissos voluntários ajustados à política interna de cada país, acompanhado de um sistema de revisão e responsabilidade internacional (Falkner, 2016).

No Brasil, a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC, criada pela Lei 12.187/2009, estabelece um marco legal para a redução de emissões de GEE e incentiva ações de adaptação às mudanças climáticas (Ministério da Fazenda, [s. d.]). O poder judiciário brasileiro tem elevado sua ambição e atuação em questões climáticas, com os tribunais superiores incorporando a agenda climática (Grupo Banco Mundial, 2023). A formulação do

primeiro Plano Nacional sobre Mudança do Clima em 2007 e a edição do PNMC em 2009 foram passos importantes nessa jornada (Grupo Banco Mundial, 2023).

Entretanto, o Brasil encontra obstáculos na implementação de seus objetivos e compromissos climáticos, incluindo a ausência de uma estratégia centralizada, a existência de múltiplos planos subnacionais e setoriais, uma governança ineficaz, influência política e dilemas de financiamento. Esses fatores resultam em uma implementação insuficiente, atividades ilegais e prejuízos ao crescimento e às efetivas ações climáticas (Grupo Banco Mundial, 2023). Para superar esses desafios, é enfatizada a importância de políticas setoriais robustas, incluindo a observância rigorosa do código florestal e a promoção da conservação, juntamente com o aprimoramento na aplicação da lei e o uso de tecnologias como o monitoramento por satélite para diminuir o desmatamento.

Streck (2020) ressalta que a mercantilização da poluição beneficia países e comunidades mais ricas, gerando abuso de um bem comum global. Ademais, reformas de políticas públicas que promovam a flexibilidade e facilitem a realocação de capital e mão de obra podem atenuar os custos de adaptação às mudanças climáticas e às medidas para reduzir as emissões. Até o momento, as políticas climáticas adotadas pelos parceiros comerciais do Brasil devem impactar modestamente a receita real agregada, produção e comércio do país, mas é provável que tenham efeitos mais significativos a longo prazo (Grupo Banco Mundial, 2023).

Além disso, o Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima, instituído pela Portaria nº 150 de 10 de maio de 2016, é um esforço notável do Brasil em enfrentar os desafios climáticos. Coordenado pelo Grupo Técnico de Adaptação, o plano visa promover a gestão e redução do risco climático no território nacional, aproveitando oportunidades emergentes, minimizando perdas e danos, e desenvolvendo instrumentos para a adaptação dos sistemas naturais, humanos, produtivos e de infraestrutura (Brasil, 2016).

Outra iniciativa relevante foi a restauração do Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima (CIM), conforme estabelecido pelo Decreto nº 11.550, de 5 de junho de 2023. Este órgão é crucial no monitoramento e definição de políticas públicas relacionadas à mudança climática no Brasil, integrando membros de diversos ministérios e entidades governamentais, assim como representantes de fóruns científicos e de mudança do clima (Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, 2023).

Adicionalmente, a Resolução nº 5, de 14 de setembro de 2023 (Brasil, 2023) ajustou os valores absolutos das emissões de GEE para o Brasil da Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) do Brasil ao Acordo de Paris, fixando-os em:

- I - Para o ano de 2025: 1,32 GtCO₂;
- II - Para o ano de 2030: 1,20 GtCO₂.

Recentemente, vários estados brasileiros têm se dedicado a implementar planos de ação climática e descarbonização, evidenciando um compromisso crescente com a sustentabilidade ambiental e a redução das emissões de gases de efeito estufa. Destacam-se iniciativas como o "Plano de Ação Climática e Desenvolvimento Sustentável para São Paulo", o "Plano de Descarbonização para o Estado de Minas Gerais dentro de um Brasil Clima Neutro em 2050" e outras iniciativas estaduais que refletem o esforço local para alinhar as políticas estaduais às metas de sustentabilidade ambiental e econômica.

2.2 FLORESTAS

2.2.1 IMPORTÂNCIA DAS FLORESTAS NO SEQUESTRO DE CARBONO

A gestão florestal é vital no combate às mudanças climáticas, devido principalmente à capacidade das florestas de funcionarem como sumidouros de carbono. Lorenzo-sáez *et al.* (2021) salientam que as florestas contribuem para diminuir a concentração de CO₂ na atmosfera. Este ponto é reforçado por Fawzy *et al.* (2020) que explicam como, durante seu crescimento, as árvores absorvem CO₂ da atmosfera e o armazenam na biomassa viva, matéria orgânica morta e solos, definindo o reflorestamento como uma tecnologia de emissões negativas biogênicas.

Contudo, a eficácia do sequestro de carbono depende da espécie arbórea, podendo levar de 20 a 100 anos para que as árvores alcancem a maturidade, fase após a qual as taxas de sequestro reduzem-se significativamente (Fawzy *et al.* 2020). Pan *et al.* (2011) destacam a relevância global das florestas no ciclo do carbono, ressaltando seu papel nas negociações internacionais para a limitação dos GEE.

Além do mais, Nobre *et al.* (2016) observam que a Amazônia influencia as chuvas e o clima em extensas áreas, indo além do seu papel no sequestro de carbono. Concordando com esse ponto de vista, Phillips *et al.* (2017) reconhecem que, apesar do importante serviço de

sumidouro de carbono prestado pelas florestas amazônicas, existem riscos que podem comprometer essa função, incluindo desastres naturais e o desmatamento.

A área de Agricultura, Floresta e Outros Usos do Solo (AFOLU) apresenta oportunidades de adaptação e mitigação que podem ser expandidas a curto prazo em diversas regiões. A conservação, o manejo aprimorado e a restauração de ecossistemas têm um alto potencial de mitigação econômica, notadamente pela redução do desmatamento tropical (IPCC, 2023). A restauração e o reflorestamento necessitam de abordagens integradas para resolver disputas de uso da terra e promover a segurança alimentar, com medidas como dietas sustentáveis e agricultura intensiva para reduzir emissões e facilitar a recuperação ambiental (IPCC, 2023).

O uso de produtos agrícolas e florestais sustentáveis pode substituir opções mais poluentes e táticas como diversificação agrícola e conservação de ecossistemas ricos em carbono trazem benefícios imediatos, embora a restauração desses ecossistemas possa levar décadas para mostrar resultados (IPCC, 2023a). No entanto, é crucial lembrar que o carbono sequestrado nas florestas pode ser rapidamente liberado devido a perturbações, tais como pragas ou incêndios florestais (Lorenzo-sáez *et al.* 2021).

2.2.2 MECANISMOS DE MERCADO RELACIONADOS ÀS FLORESTAS

A implementação de práticas de manejo florestal sustentável e multifuncional é essencial para delinear a demanda e oferta de variados serviços ecossistêmicos, facilitando os processos decisórios (NONINI e FIALA, 2021). Nos mercados voluntários, os segmentos mais proeminentes na geração de créditos incluem florestas e usos da terra, energia renovável e gestão de resíduos, evidenciando a importância das florestas em estratégias de mitigação de emissões de carbono (ICC BRASIL; WAYCARBON, 2021).

Por sua vez, os mercados de crédito de carbono são cruciais, proporcionando compensações financeiras por reduções nas emissões através da redução do desmatamento e da degradação florestal, além da melhoria da gestão florestal, processos conhecidos coletivamente como REDD+ (World Bank, 2023). Estes mercados impulsionam a adoção de soluções climáticas em larga escala, promovendo o acesso a um capital mais abrangente e permitindo a rápida realização de projetos eficazes para diminuir as emissões líquidas. Projetos florestais beneficiados por créditos de carbono, impulsionados pela demanda crescente, proporcionam

aos proprietários de terras alternativas rentáveis em detrimento da exploração madeireira, estimulando maiores investimentos e a propagação de NbS (JP Morgan, 2023).

Os mercados globais de carbono representam uma alternativa financeiramente atraente para a implementação de projetos de restauração em grande escala (Barros *et al.* 2023). Ademais, áreas antes consideradas inviáveis financeiramente para restauração ou conservação podem se tornar lucrativas ao integrar esquemas de pagamento por serviços ecossistêmicos, além do sequestro de carbono (Koh *et al.* 2021). Essa dinâmica é reforçada pela demanda global por créditos de carbono baseados na natureza, que atualmente excede a oferta, parcialmente devido a lacunas de conhecimento que desafiam a informação e priorização de investimentos, sublinhando a necessidade de intensificar pesquisas e desenvolvimento nesse setor.

2.3 MERCADO DE CARBONO

2.3.1 MERCADO DE CARBONO NO MUNDO

O mercado global de carbono tem visto um crescimento substancial, com seu valor total aumentando em 34%, atingindo € 194 bilhões e registrando mais de 14.500 projetos de crédito de carbono (ICC Brasil; WayCarbon, 2021). Em 2019, o volume total de emissões de créditos de carbono no mercado voluntário alcançou 142 MtCO₂e, sendo 66,2% desse volume vinculado ao padrão VCS (ICC Brasil; WayCarbon, 2021)

Historicamente, o comércio de emissões era regulamentado pelo Protocolo de Quioto até 2020, que estabeleceu um sistema de comércio de emissões (ETS) entre países e introduziu mecanismos como a Implementação Conjunta e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) (ICC BRASIL; WAYCARBON, 2021). Com a transição para o Acordo de Paris, observou-se uma mudança nas regras e estruturas de mercado, apoiando-se tanto em compromissos regulados quanto em compromissos voluntários, abrangendo metas de compensação de zero emissões líquidas ou net-zero (ICC Brasil; WayCarbon, 2021).

Nos mercados voluntários de carbono (VCMs), caracteriza-se uma demanda orgânica, diferentemente dos mercados regulamentados, que são impulsionados por metas obrigatórias (Nonini; Fiala, 2021). Estes permitem que empresas ou indivíduos adquiram créditos de carbono para alcançar suas metas de emissão. Entretanto, créditos voluntários não atendem às exigências de mercados de conformidade a menos que sejam explicitamente reconhecidos pelo regime regulatório (JP Morgan, 2023).

Vendedores em VCMs geralmente incluem proprietários e gestores florestais, com estes mercados vivenciando uma expansão significativa, facilitada por uma legislação mais flexível e procedimentos simplificados de troca (Nonini; Fiala, 2021). Assim, iniciativas voluntárias comercializam créditos de carbono entre empresas para compensações voluntárias ou para atender parcialmente às metas de ETSs existentes, com os setores de florestas, energia renovável e disposição de resíduos em destaque na geração de créditos (ICC BRASIL; WAYCARBON, 2021).

Por outro lado, os mercados regulados são definidos por regimes obrigatórios de gestão de carbono, como o Sistema de Comércio de Emissões da União Europeia (EU ETS), um esquema de *cap-and-trade* onde entidades reguladas negociam permissões dentro de um limite de emissões estabelecido (JP MORGAN, 2023). Neste modelo, um órgão regulador determina um teto para as emissões e distribui permissões, criando direitos de poluição negociáveis (STRECK, 2020). O Programa *Cap-and-Trade* da Califórnia exemplifica isso, permitindo compensações de emissões excessivas através da compra de créditos por benefícios climáticos obtidos em outras localidades (Anderson-Teixeira; Belair, 2022).

Ambos os mercados, regulados e voluntários, têm experimentado um crescimento nas transações de créditos de carbono recentemente, mas a certificação apresenta desafios para a geração de créditos, apesar de aumentar a confiabilidade (ICC Brasil; WayCarbon, 2021). Além disso, os compradores variam de empresas a organizações sem fins lucrativos e indivíduos interessados em mitigar suas emissões de GEE (Nonini; Fiala, 2021).

A comercialização de créditos de carbono, fundamental para a redução de emissões, exige previsões precisas do preço do carbono, considerando fatores como alterações climáticas e eventos climáticos extremos, que impactam a demanda por energia e direitos de emissão (Xie *et al.* 2022). É crucial entender que os créditos de carbono devem ser complementares a estratégias de descarbonização mais amplas, já que é improvável que os mercados de carbono sozinhos atinjam as metas de emissões líquidas zero (JP Morgan, 2023).

2.3.2 MERCADO DE CARBONO NO BRASIL

O mercado de carbono florestal no Brasil, um elemento chave na luta global contra as mudanças climáticas, é ilustrado pelos projetos REDD+ (Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal) no Mercado Voluntário de Carbono (VCM). Esses projetos podem ser iniciados por indivíduos, organizações ou comunidades e requerem que os

desenvolvedores demonstrem os resultados alcançados, como o sequestro de carbono ou a prevenção de emissões, para serem elegíveis a créditos de carbono (Garcia *et al.*, 2021).

A participação de países com florestas tropicais é fundamental, já que eles estão engajados no contexto internacional do REDD+ e devem adotar políticas e incentivos para enfrentar as causas do desmatamento e da degradação florestal. Essas políticas também objetivam salvaguardar os direitos dos povos indígenas e das comunidades vulneráveis (Fawzy *et al.*, 2020).

Introduzido internacionalmente em 2005, na COP-11 da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) em Montreal, o REDD+ foi proposto por uma coalizão de representantes governamentais de países tropicais, liderada por Papua Nova Guiné e Costa Rica, como um mecanismo para reduzir as emissões oriundas do desmatamento em países em desenvolvimento (Miles, 2021).

Operando primariamente no VCM, o REDD+ é uma das poucas iniciativas de mercado de carbono estabelecidas sob a égide da UNFCCC após o Protocolo de Quioto. Sua implementação ocorre através de abordagens a nível de projeto e jurisdicional, cada uma com benefícios e desafios específicos (Garcia *et al.*, 2021; World Bank, 2023)

Ao integrar o REDD+ aos mercados de carbono, a estratégia visa criar uma 'moeda' uniforme para cumprir com obrigações de mitigação, transformando um direito de emitir, ou uma Redução de Emissões Relatada (ERR), em uma unidade negociável e padronizada. Isso inclui esforços para alinhar o REDD+ aos mercados de carbono, tanto incluindo projetos de prevenção de desmatamento em programas públicos de REDD+ quanto adaptando esses programas aos padrões do mercado de carbono (Streck, 2020).

Os debates iniciais sobre o REDD+ focaram na 'eficiência econômica', sugerindo que o desmatamento resulta da subvalorização das florestas. A solução apresentada era reavaliar a importância das florestas pela sociedade, atribuindo preço a serviços ecossistêmicos, como o sequestro de carbono (Miles, 2021).

Finalmente, os projetos REDD+ geram créditos de carbono negociáveis, simbolizando os 'benefícios' gerados pelas florestas através das atividades de REDD+. Estes créditos marcam um avanço significativo na apreciação do sequestro de carbono e promovem uma gestão florestal sustentável (Garcia *et al.*, 2021).

2.3.3 MERCADO DE CARBONO FLORESTAL

O Brasil tem um papel proeminente nos mercados internacionais de carbono, especialmente devido à sua experiência com o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), uma iniciativa sob o Protocolo de Quioto (Grupo Banco Mundial, 2023). Essa participação histórica no MDL posiciona o país de forma única para liderar estratégias futuras no mercado de carbono.

Além do MDL, iniciativas como o Plano de Ação de 2004 para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal têm sido fundamentais na redução do desmatamento na região amazônica, refletindo o compromisso do Brasil com a mitigação das mudanças climáticas (Garcia *et al.*, 2021).

Recentemente, a legislação brasileira sobre o mercado de carbono foi atualizada, a Câmara dos Deputados aprovou o projeto de lei nº 2148/15, que estabelece o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE), definindo limites de emissão para empresas e incentivando a aquisição de créditos de carbono por aquelas que excedem seus limites. Notavelmente, o setor agropecuário foi isentado deste esquema, citando-se a "falta de métricas adequadas" para medir suas emissões (Câmara dos Deputados, 2023).

Em contrapartida, o projeto de lei nº 412/2022, aprovado no Senado Federal, propõe um sistema mais abrangente, não se baseando nos setores da economia, mas em um limiar mínimo de emissões, excluindo a produção primária agropecuária da regulamentação (Mattos Filho, 2023). Críticas surgem em relação à nova legislação, com preocupações sobre a dupla contagem de créditos e a proteção insuficiente para povos indígenas e comunidades tradicionais. Essas questões levantam dúvidas sobre a conformidade da lei com as diretrizes do Acordo de Paris (O Eco, 2023).

Apesar de representar um avanço, a nova legislação introduz debates significativos. A exclusão do setor agropecuário e as preocupações com a dupla contagem e a proteção de comunidades indígenas são desafios que necessitam de soluções para assegurar a eficácia e a integridade do mercado de carbono no Brasil. Adicionalmente, conforme o Decreto nº 11.550, o Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA) assume papel crucial, coordenando com o Ministério das Relações Exteriores (MRE) nas funções estabelecidas pelo Artigo 6º do Acordo de Paris (Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, 2023).

Entre as opções para desenvolver o mercado de carbono no Brasil, estão a implementação de um sistema de negociação de emissões (ETS) ou uma reforma tributária que inclua a precificação de carbono. Estas estratégias poderiam utilizar as receitas para reduzir outros impostos e integrar compensações florestais verificadas numa estrutura mais ampla de precificação de carbono (Grupo Banco Mundial, 2023). Taxas de carbono específicas poderiam incentivar práticas de baixo carbono e financiar ajustes fiscais, promovendo um sistema tributário mais eficiente sem aumentar a carga financeira pública (Grupo Banco Mundial, 2023).

Atualmente, falta uma legislação ou política específica no Brasil regulando projetos REDD+ no VCM. Na ausência de normas específicas para o REDD+ como mecanismo de mercado, é preciso considerar leis e políticas nacionais relevantes para atividades REDD+ em aspectos climáticos, financeiros, florestais e direitos dos povos indígenas (Garcia *et al.*, 2021).

2.3.4 DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA O MERCADO DE CARBONO FLORESTAL BRASILEIRO

O Brasil, com sua vasta biodiversidade e recursos naturais, enfrenta desafios significativos na implementação eficaz de políticas de carbono e na promoção de práticas sustentáveis, mas também encontra oportunidades únicas (Soares-Filho *et al.* 2016). Um dos principais desafios é a escassez de projetos de carbono prontos para a execução, parcialmente devido a deficiências no conhecimento necessário para apoiar decisões de investimento voltadas à proteção e ao aumento dos estoques de carbono (Koh *et al.* 2021).

Adicionalmente, a pressão dos *Green Deals* sobre os parceiros comerciais do Brasil, que buscam transições para economias sustentáveis, representa outra barreira (ICC Brasil; WayCarbon, 2021). A complexidade e fragmentação do mercado de carbono tornam a participação desafiadora para as organizações, com múltiplos espaços de negociação e frameworks concorrentes (JP Morgan, 2023).

Por outro lado, a flexibilização nas estratégias de redução ou remoção de emissões pode diminuir o custo global de atingir metas de emissões líquidas zero, equilibrando oferta e demanda (JP Morgan, 2023). No entanto, a imaturidade do mercado voluntário limita sua capacidade de suportar negociações mais complexas, necessitando de melhorias na infraestrutura de negociação para aumentar a liquidez, transparência e gestão de riscos (JP Morgan, 2023)

A inconsistência nas informações para avaliar créditos de carbono compromete a integridade do mercado e gera riscos financeiros e de reputação (JP Morgan, 2023). Além disso, o risco de dupla contagem de benefícios climáticos em sistemas como CORSIA e transações do Artigo 6 do Acordo de Paris necessita de atenção especial para manter a integridade do Acordo de Paris (Streck, 2020).

Apesar dessas questões, o Brasil apresenta um enorme potencial de crescimento no mercado de carbono. A estratégia de florestas plantadas e a redução do desmatamento oferecem significativas oportunidades de geração de receita e abatimento de GEEs (ICC Brasil; WayCarbon, 2021). O país tem a chance de capitalizar suas vantagens naturais para atrair investimentos estrangeiros significativos (Grupo Banco Mundial, 2023), especialmente com a Amazônia desempenhando um papel central na geração de ativos de carbono (ICC Brasil; WayCarbon, 2021).

Os projetos de MDL já trouxeram benefícios como acesso à energia renovável, criação de empregos e melhorias na qualidade do ar, indicando um potencial ainda maior para engajamento com o setor financeiro em investimentos verdes (Grupo Banco Mundial, 2023). Benefícios ambientais adicionais incluem a conservação da biodiversidade e serviços de ecossistemas, como a regulação dos ciclos hidrológicos e sequestro de carbono. O ecoturismo, fomentado pela conservação florestal, contribui para a economia local através da geração de empregos e renda (ICC Brasil; WayCarbon, 2021).

Os benefícios ambientais do mercado de carbono incluem a preservação da biodiversidade e dos serviços da floresta em pé, como a manutenção dos ciclos hidrológicos e absorção de carbono da atmosfera. Além disso, o ecoturismo, impulsionado pela conservação florestal, estimula a geração de postos de trabalho e renda no país (ICC Brasil; WayCarbon, 2021).

Finalmente, os co-benefícios do setor florestal são notáveis, incluindo melhoria na produtividade e competitividade internacional, aumento da biodiversidade, e potencial redução de doenças respiratórias. É fundamental reconhecer o papel das populações indígenas e tradicionais na conservação ambiental, que historicamente têm sido guardiãs das áreas de interesse para projetos de carbono (ICC Brasil; WayCarbon, 2021).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para alcançar os objetivos deste estudo, optou-se por uma metodologia compreensiva, que integra análises quantitativas e qualitativas. Esta abordagem foi escolhida para assegurar uma avaliação detalhada das percepções e experiências dos profissionais envolvidos no Mercado de Carbono Florestal Brasileiro, destacando a intenção de capturar tanto os aspectos econômicos quanto ambientais, além de identificar estratégias fundamentais para o crescimento e as oportunidades do mercado, bem como seus desafios.

Iniciou-se o processo com o desenvolvimento de um questionário estruturado, concebido para coletar informações relevantes tanto de natureza quantitativa quanto qualitativa, elaborado com base na revisão da literatura, contemplando questões destinadas a avaliar as forças, oportunidades, fraquezas e ameaças percebidas pelos profissionais no contexto específico do mercado brasileiro de carbono. Os dados obtidos por meio do questionário contribuíram para a formulação de uma matriz SWOT detalhada, ressaltando os elementos cruciais identificados durante a análise.

Após a elaboração, os questionários foram aplicados aos especialistas do setor em agosto de 2023, seguida pelo processo de análise estatística e de maneira complementar, foi realizada uma análise qualitativa dos dados, o que possibilitou uma interpretação mais rica e a construção de uma matriz SWOT aprimorada. Esta matriz evidenciou os aspectos mais significativos de cada categoria analisada, sendo possível avançar para a etapa de discussão e análise estratégica, focando em um entendimento aprofundado das dinâmicas que influenciam o mercado de carbono florestal no país.

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O escopo deste estudo abrange o Mercado de Carbono Florestal Brasileiro, um setor emergente e de vital importância para a agenda de mudanças climáticas global. O Brasil, detentor de uma das maiores reservas de biodiversidade e florestas do mundo, oferece um palco único para a exploração e implementação de iniciativas de carbono florestal. Entre suas vastas regiões florestais, a Amazônia se destaca não apenas por sua imensidão territorial e valor ecológico, mas também pelo seu potencial significativo em projetos de sequestro de carbono, essenciais para o combate às mudanças climáticas.

A escolha do Brasil como área de estudo reflete não apenas a relevância do país no contexto ambiental global, mas também a complexidade e os desafios associados ao desenvolvimento e à gestão do mercado de carbono florestal. Enquanto o Brasil apresenta um vasto potencial para a geração de créditos de carbono por meio de projetos de conservação, restauração florestal e manejo sustentável, é na Amazônia que esse potencial alcança sua expressão máxima.

Apesar de o foco estar no Mercado de Carbono Florestal Brasileiro como um todo, é imperativo reconhecer que a maior parte do material revisado e dos estudos científicos identificados se concentra especificamente na Amazônia. Isso se deve não apenas à sua importância ecológica e ao papel no ciclo global de carbono, mas também às pressões significativas que enfrenta, incluindo desmatamento, exploração ilegal de madeira e expansão agrícola. Essas dinâmicas complexas fornecem um contexto rico para a investigação, possibilitando uma análise detalhada das oportunidades e desafios que moldam o mercado de carbono na região.

Portanto, enquanto este estudo aborda o mercado de carbono florestal em uma escala nacional, ele presta especial atenção à Amazônia, dada a sua relevância para a estratégia climática global e a necessidade urgente de soluções eficazes para sua preservação. Esta análise dentro do contexto mais amplo do mercado de carbono brasileiro visa contribuir para uma compreensão mais profunda dos mecanismos de mercado, políticas, e intervenções necessárias para potencializar o sequestro de carbono, promover a conservação florestal e, por fim, combater as mudanças climáticas de maneira eficaz.

3.2 AS VARIÁVEIS

A fundamentação deste estudo envolve a cuidadosa seleção de variáveis que sintetizam o cerne do Mercado de Carbono Florestal no Brasil, com um foco maior sobre a Amazônia. As variáveis foram escolhidas para refletir a diversificada natureza do mercado, abordando dimensões econômicas, ambientais, sociais e regulatórias. Esta seção discorre sobre essas variáveis e sua relevância para o estudo.

As variáveis econômicas selecionadas visam capturar o potencial do mercado de carbono em gerar receita e fomentar o desenvolvimento sustentável, isso inclui a avaliação do valor de mercado dos créditos de carbono, investimentos em projetos de carbono florestal, e o impacto econômico desses projetos nas comunidades locais. A Amazônia, como foco

particular, é analisada sob a perspectiva de sua contribuição econômica potencial para o mercado de carbono, tendo em conta as peculiaridades de sua exploração sustentável.

As variáveis ambientais consideram a capacidade das florestas brasileiras, com destaque para a Amazônia, em sequestrar carbono, isso engloba a extensão de florestas primárias, a taxa de desmatamento, a biodiversidade, e o potencial de restauração florestal. Essas variáveis são cruciais para entender a capacidade do Brasil de contribuir para a mitigação das mudanças climáticas através do mercado de carbono.

As variáveis sociais refletem o impacto dos projetos de carbono nas comunidades locais, incluindo a criação de empregos, desenvolvimento de habilidades e conhecimento, e a participação e benefícios diretos para as populações indígenas e locais. A inclusão social e a equidade são consideradas variáveis chave, especialmente na Amazônia, onde a interação entre comunidades locais e projetos de carbono florestal é mais pronunciada.

As variáveis regulatórias abordam o quadro legal e político que rege o mercado de carbono no Brasil, isso inclui políticas nacionais e regionais sobre mudanças climáticas, legislação sobre uso da terra e florestas, além de critérios e padrões para a validação e verificação de créditos de carbono. A realidade específica da Amazônia, dada sua significância global, é destacada para compreender os desafios e oportunidades regulatórias na região.

A seleção dessas variáveis baseou-se em uma revisão compreensiva da literatura e análises preliminares, buscando abranger os diversos aspectos que influenciam o mercado de carbono florestal brasileiro. O Quadro 3.1 apresenta as variáveis analisadas:

Quadro 3.1 - Matriz SWOT
AMBIENTE INTERNO
Força
Conhecimentos tradicionais sobre manejo florestal de povos e comunidades tradicionais que podem contribuir para implementação de projetos de carbono florestal
Conservação de espécies ameaçadas de extinção
Desenvolvimento de projetos de turismo sustentável em áreas florestais
Existência de sistemas de certificação florestal, que atestam a qualidade e sustentabilidade dos projetos de carbono florestal;
Grande cobertura florestal no Brasil
Grande disponibilidade de terras para projetos de restauração/recuperação
Grande quantidade de áreas protegidas, como UCs, que podem ser objetos de projetos de carbono florestal

Potencial de criação de corredores ecológicos para conectar áreas de preservação e conservação florestal, contribuindo para a manutenção da biodiversidade

Potencial de geração de empregos em projetos de conservação e restauração florestal, especialmente em áreas rurais

Preservação da biodiversidade florestal, com a possibilidade de gerar créditos de carbono adicionais;

Fraqueza

Complexidade e burocracia nos processos de certificação e validação dos projetos de redução de emissões de carbono florestal

Desafios de implementação e escalabilidade de projetos florestais

Desigualdade de acesso ao mercado de carbono florestal no Brasil

Desmatamento ilegal e exploração madeireira ilegal

Dificuldades na obtenção de créditos de carbono certificados e na negociação dos mesmos no mercado

Falta de capacidade técnica e financeira das comunidades locais e povos tradicionais para participar e se beneficiar de projetos de carbono florestal

Falta de transparência e de sistemas confiáveis de monitoramento e verificação das reduções de emissões de carbono florestal

Fragilidade das políticas públicas e marcos regulatórios nacionais relacionados à conservação florestal e ao mercado de carbono

Introdução de espécies exóticas invasoras em ecossistemas florestais

Limitações tecnológicas e de conhecimento técnico-científico

Riscos associados a fraudes e falsificação de créditos de carbono florestal brasileiro

AMBIENTE EXTERNO

Oportunidades

A implementação de políticas de fomento à pesquisa e desenvolvimento de tecnologias para a conservação florestal

A implementação de políticas públicas que visam incentivar a conservação florestal e a redução de emissões de gases de efeito estufa

Aumento da demanda por produtos sustentáveis

Crescente demanda internacional por créditos de carbono de projetos de conservação florestal

Fortalecimento de parcerias público-privadas

Implementação de programas de capacitação e treinamento

Inovação tecnológica

Melhoria da gestão fundiária

Possibilidade de captação de recursos financeiros

Reconhecimento da importância das comunidades locais e povos tradicionais na conservação florestal

Valorização da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos

Ameaças

Aumento da pressão para a conversão de áreas florestais em terras agrícolas ou para outros usos

Concorrência com outros setores econômicos, como agricultura, pecuária e mineração, que podem pressionar as áreas florestais
Conflitos fundiários e falta de segurança jurídica
Dependência de financiamento externo para a implementação de projetos de carbono florestal
Dificuldades na obtenção de financiamento e recursos para projetos de carbono florestal
Falta de conscientização e engajamento da sociedade em relação à importância da conservação florestal e aos benefícios do mercado de carbono florestal
Falta de incentivos fiscais e benefícios tributários específicos para projetos de carbono florestal
Instabilidade política e econômica no Brasil
Pressões econômicas e de mercado que podem incentivar a exploração ilegal de recursos florestais
Riscos associados a eventos climáticos extremos
Vulnerabilidade a mudanças nas políticas internacionais de carbono e a possíveis mudanças nas regras e regulamentações do mercado de carbono

Cada uma dessas variáveis não apenas oferece um olhar através da qual o mercado de carbono florestal pode ser examinado, mas também serve como um indicador crítico do estado atual e do potencial futuro deste mercado no Brasil e, em particular, na Amazônia. A análise dessas variáveis fornecerá percepções valiosas sobre como otimizar o mercado de carbono florestal para benefícios ambientais, econômicos e sociais máximos.

3.3 AMOSTRA

A concepção desta pesquisa demandou a definição de uma amostra representativa de especialistas e *stakeholders* atuantes no Mercado de Carbono Florestal Brasileiro, estrategicamente escolhida para englobar várias perspectivas, incluindo profissionais de ONGs ambientais, acadêmicos, representantes do governo, e participantes do setor privado envolvidos em projetos de carbono.

A seleção dos participantes baseou-se em critérios específicos para assegurar que a amostra fosse abrangente e informativa, incluindo experiência no mercado de carbono ou em áreas correlatas, como manejo florestal sustentável e conservação ambiental; envolvimento direto ou indireto em projetos de carbono florestal; e representatividade geográfica.

O recrutamento dos participantes foi realizado mediante convites diretos, utilizando-se plataformas profissionais, listas de contatos e, além disso, utilizou-se a técnica "bola de neve", permitindo que os participantes iniciais recomendassem outros profissionais que atendessem aos critérios de inclusão. A amostra final constituiu-se de uma diversidade de profissionais, garantindo uma rica variação de ideias e percepções sobre o mercado de carbono.

Para aprofundar a compreensão sobre a amostra selecionada, foram coletadas informações demográficas e profissionais, tais como idade, gênero, formação acadêmica, anos de experiência e área de especialização. A Figura 3.1 apresenta um exemplo de pergunta feita no questionário.

Em que tipo de organização você se encontra vinculado(a) prioritariamente? *

Prioritariamente diz respeito ao seu principal vínculo de trabalho profissional, apenas uma resposta deve ser marcada

- Órgão público federal
- Órgão público estadual
- Órgão público municipal
- Empresa privada
- Indústria
- Instituição de Ensino e Pesquisa Pública ou Privada (Universidade, Fundação, Centros de Treinamento, e...
- ONG
- Confederação, Federação ou Associação Setorial
- Agência de fomento, financiamento ou instituição bancária
- Outros...

Figura 3.1 - Exemplo de informações coletadas no formulário.

Esta seleção cuidadosa e caracterização da amostra são cruciais para a integridade e relevância dos resultados deste estudo. Elas asseguram que a análise reflita uma compreensão abrangente das dinâmicas que moldam o Mercado de Carbono Florestal no Brasil, com particular atenção aos desafios e oportunidades únicos da Amazônia.

3.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A fase de procedimentos metodológicos constitui o cerne da pesquisa adotada para investigar o Mercado de Carbono Florestal Brasileiro. Esta seção detalha as etapas consecutivas e integradas, desde a concepção do instrumento de coleta de dados até a análise e interpretação das informações recolhidas.

A primeira etapa envolveu a criação de um questionário estruturado, desenhado para captar tanto informações quantitativas quanto qualitativas dos participantes, precedida por uma revisão extensiva da literatura sobre mercados de carbono, políticas ambientais e conservação florestal, garantindo que as perguntas abrangessem todos os aspectos relevantes do mercado de carbono florestal. Cada questão foi formulada para ser clara e objetiva, visando minimizar tendências de resposta.

Antes de sua aplicação efetiva, o questionário foi submetido a um teste piloto com um pequeno grupo de pessoas que não faziam parte da amostra de estudo. Este procedimento teve como objetivo identificar e corrigir possíveis problemas de entendimento das perguntas, bem como ajustar o layout do instrumento para melhorar a usabilidade e a experiência do participante.

O questionário foi disseminado por meio de um link online, utilizando a plataforma *Google Forms* por sua acessibilidade e facilidade de uso. A coleta de dados foi realizada em um período pré-definido de um mês, permitindo tempo suficiente para que os participantes completassem o questionário. Lembretes foram enviados para aumentar a taxa de resposta.

Após a coleta dos dados, as respostas quantitativas foram compiladas e analisadas utilizando-se software Microsoft Excel. A análise incluiu a descrição de estatísticas descritivas (média, moda, mediana e desvio padrão) para cada item do questionário, e também foram realizadas análises inferenciais, quando aplicável, para explorar relações entre variáveis.

As respostas qualitativas dos questionários foram analisadas manualmente, buscando-se realizar conexões diretas com a bibliografia científica existente, envolvendo uma leitura cuidadosa e reflexiva dos dados, permitindo a identificação de temas e categorias emergentes que refletiam com os achados reportados na literatura. O objetivo foi não apenas compreender as percepções individuais dos participantes, mas também situá-las dentro do contexto mais amplo do conhecimento já estabelecido sobre o mercado de carbono florestal. Essa abordagem permitiu uma interpretação mais proveitosa e contextualizada dos dados, alinhando as observações individuais com as tendências e visões identificadas em estudos anteriores.

A integração dos resultados quantitativos e qualitativos neste estudo foi conduzida através de uma abordagem estratégica voltada para a análise profunda das dinâmicas do Mercado de Carbono Florestal Brasileiro. Adotou-se um método focado na criação de relações estratégicas entre os componentes identificados na análise SWOT, visando compreender como as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças interagem e influenciam o mercado.

Neste processo, desenvolveram-se relações denominadas Ações Ofensivas, que procuraram explorar como as forças internas do mercado poderiam ser alavancadas para capturar as oportunidades identificadas no ambiente externo, ampliando assim o potencial de crescimento e sustentabilidade do setor. Paralelamente, as Ações Defensivas focaram em como os pontos fortes existentes poderiam ser utilizados para neutralizar ou diminuir os impactos das ameaças externas, protegendo o mercado contra possíveis adversidades.

Além disso, a análise considerou as Debilidades, avaliando como as limitações internas do mercado poderiam ser superadas ou atenuadas através das oportunidades externas, com o objetivo de reforçar e desenvolver o mercado. Por fim, as Vulnerabilidades foram examinadas para entender como as fraquezas internas poderiam ser exacerbadas pelas ameaças do ambiente externo, destacando áreas que demandam estratégias de mitigação e atenção especial.

Esta abordagem resultou na elaboração de uma figura esquemática que ilustra as relações sinérgicas e os efeitos cascata entre as variáveis identificadas como significativas. O propósito da figura é fornecer uma ferramenta visual que sintetize os resultados da análise e facilite a compreensão das dinâmicas estratégicas inerentes ao mercado. Portanto, a figura foi planejada para refletir a integração e a interpretação completa dos dados coletados.

Essa metodologia permitiu não apenas uma compreensão integrada e detalhada dos diversos aspectos do Mercado de Carbono Florestal Brasileiro, mas também facilitou a elaboração de recomendações estratégicas alinhadas ao objetivo de fortalecer e expandir este mercado no contexto nacional. Através desta abordagem, buscou-se alcançar o último objetivo específico do estudo, contribuindo significativamente para a construção de uma base sólida para futuras decisões e iniciativas no setor.

3.5 DOS DADOS

O tratamento dos dados coletados consistiu em diversas etapas de verificação e preparação, com o intuito de assegurar sua adequação para a análise subsequente. Inicialmente, procedeu-se ao refinamento dos dados, uma revisão delicada para identificar e corrigir quaisquer inconsistências ou erros de entrada, sendo essencial para garantir que a análise posterior estivesse fundamentada em informações precisas e confiáveis.

Posteriormente, adotou-se um processo de codificação dos dados quantitativos, envolvendo a categorização de respostas numéricas atribuídas pelos participantes às variáveis da matriz SWOT, conforme descrito na seção de análise dos questionários. O tratamento

quantitativo dos dados foi executado com especial atenção à integridade das escalas utilizadas e ao significado atribuído a cada pontuação, garantindo que as conclusões tiradas refletissem com precisão as avaliações dos participantes.

Para as respostas qualitativas, a ênfase foi colocada na fidelidade com que as percepções e as experiências dos participantes foram registradas e interpretadas, sendo aplicada uma análise de conteúdo que visou extrair temas e padrões subjacentes. Os dados também passaram por uma etapa de triangulação, comparando as informações quantitativas e qualitativas para identificar convergências e divergências. A correlação entre os dados coletados de diferentes fontes permitiu uma validação cruzada que fortaleceu as conclusões da pesquisa.

Em relação à confidencialidade, foram tomadas todas as medidas necessárias para proteger a identidade e a privacidade dos participantes. Dados pessoais coletados nas questões demográficas foram utilizados exclusivamente para fins de análise e caracterização da amostra, sendo posteriormente anonimizados na apresentação dos resultados.

Finalmente, para a sistematização e a análise estatística dos dados, o software Microsoft Excel foi utilizado como ferramenta principal, sua funcionalidade permitiu o manuseio eficiente dos dados e a realização de cálculos estatísticos necessários para a investigação. A facilidade de uso e a ampla aceitação do Excel como ferramenta de análise contribuíram para a escolha desse software em detrimento de outros mais especializados, sem prejuízo à profundidade e à complexidade da análise realizada.

Esta criteriosa atenção aos dados e aos seus métodos de tratamento e análise é refletida nos capítulos de resultados e discussão, onde a interpretação dos dados é apresentada com o devido rigor científico e aderência aos padrões estabelecidos para a construção de dissertações de mestrado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PERFIL DOS PARTICIPANTES

A investigação sobre o Mercado de Carbono Florestal Brasileiro beneficiou-se das contribuições de 77 especialistas, proporcionando uma visão diversificada do setor. A formação acadêmica dos envolvidos revelou uma variedade de disciplinas, com ênfase em engenheiros florestais (18,2%), seguidos por profissionais de engenharia ambiental (11,7%), advogados, engenheiros agrônômicos e economistas, cada um representando 5,2%. Além dessas áreas, um

leque amplo de outras profissões (49,4%), incluindo cientistas ambientais e biólogos, evidenciou a interdisciplinaridade dos participantes (Figura 4.1).

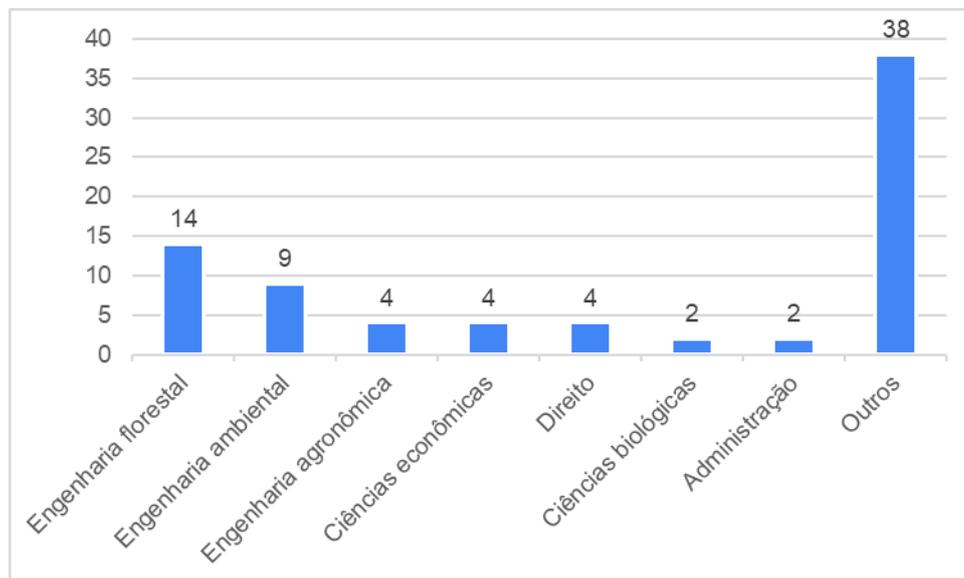


Figura 4.1 - Distribuição dos participantes de acordo com o curso de formação.

A predominância dos participantes veio de empresas privadas (75,3%), ilustrando o interesse pronunciado do setor empresarial na pesquisa. Representantes de entidades públicas estaduais e de instituições acadêmicas e de pesquisa, tanto públicas quanto privadas, constituíram 6,5% cada. Membros de órgãos federais, ONGs, agências de fomento e associações setoriais também marcaram presença.

Em termos de atuação profissional, os cargos mais frequentes foram analistas (45,4%), coordenadores (16,9%) e gerentes (9,1%). Outras funções, como pesquisadores, consultores, empresários, técnicos, gestores públicos, estudantes, diretores e professores, foram representadas de maneira equilibrada (Figura 4.2).

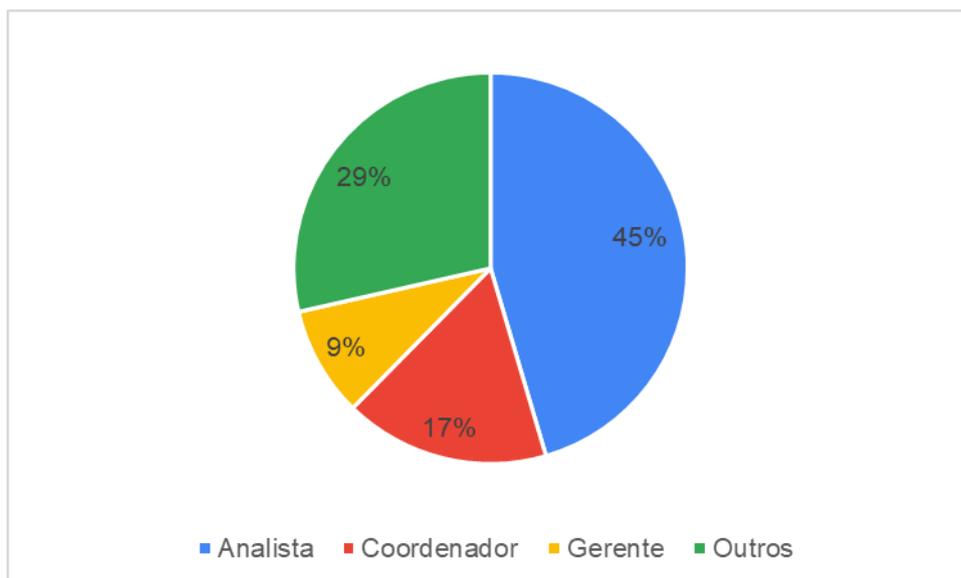


Figura 4.2 - Gráfico de distribuição dos participantes de acordo com o cargo de atuação.

Os dados revelaram que a maior parte (39,9%) dos respondentes tem entre 1 e 3 anos de experiência, enquanto 33,8% possuem menos de um ano, indicando tanto a maturidade quanto a novidade do mercado.

A diversidade de especializações e experiências, abrangendo áreas como engenharia florestal, ambiental, direito, agronomia e economia, é fundamental para uma análise abrangente do Mercado de Carbono Florestal Brasileiro. Essa abordagem multidisciplinar enriquece a análise, permitindo uma visão integrada que considera aspectos ambientais, legais, econômicos e sociais, estabelecendo uma base sólida para a análise estratégica subsequente dos dados coletados.

4.2 ANÁLISE DOS DADOS

4.2.1 FORÇAS

A análise das forças do mercado de carbono florestal brasileiro, com base nos questionários, revelou uma média geral de 8,09, com variações entre 6,87 e 9,14. Somente dois itens tiveram a moda diferente de 10, e metade dos desvios padrão superou 2, indicando que houve divergência significativa na avaliação dos itens (Tabela 4.1).

Tabela 4.1 - Estatísticas Descritivas das Forças no Mercado de Carbono Florestal

Descrição	Média	Moda	Mediana	Desvio padrão
Grande cobertura florestal no Brasil	9,14	10	10	1,17
Preservação da biodiversidade florestal, com a possibilidade de gerar créditos de carbono adicionais;	8,90	10	9	1,37
Grande disponibilidade de terras para projetos de restauração/recuperação	8,77	10	9	1,56
Conservação de espécies ameaçadas de extinção	8,40	10	9	1,93
Potencial de criação de corredores ecológicos para conectar áreas de preservação e conservação florestal, contribuindo para a manutenção da biodiversidade	8,38	10	9	2,12
Potencial de geração de empregos em projetos de conservação e restauração florestal, especialmente em áreas rurais	8,13	10	9	1,94
Conhecimentos tradicionais sobre manejo florestal de povos e comunidades tradicionais que podem contribuir para implementação de projetos de carbono florestal	7,77	10	8	2,27
Grande quantidade de áreas protegidas, como UCs, que podem ser objetos de projetos de carbono florestal	7,39	7	7	2,33
Desenvolvimento de projetos de turismo sustentável em áreas florestais	7,17	10	8	2,39
Existência de sistemas de certificação florestal, que atestam a qualidade e sustentabilidade dos projetos de carbono florestal;	6,87	7	7	2,23

Fonte: Elaborada pelo autor (2023)

A "Grande cobertura florestal do Brasil" emergiu como a principal força, com uma média de 9,14 e moda e mediana em 10, destacando a valorização coletiva das riquezas florestais do país.

A "preservação da biodiversidade florestal" foi também altamente valorizada, com uma média de 8,90 e uma moda de 10, apesar de um desvio padrão de 1,37 indicando uma variação moderada nas opiniões. Sreekar *et al.* (2022) demonstraram que a comercialização de créditos de carbono baseados na natureza a \$5 por tonelada de CO₂ poderia expandir áreas protegidas, gerar \$121 bilhões anuais em retorno sobre investimentos e sequestrar até 3 GtCO₂e. No entanto, o relatório do IPCC (2022), "*Mitigation of Climate Change*", alerta sobre os riscos de implementações inadequadas de conservação e reflorestamento.

A grande disponibilidade de terras para projetos de restauração e recuperação foi reconhecida como crucial, com uma média de 8,77, mostrando que a maioria dos participantes percebe isso como uma força significativa, evidenciada pela moda em 10 e mediana em 9, embora um desvio padrão de 1,56 revele variações nas respostas.

Entre as forças identificadas, o "Conhecimento tradicional sobre manejo florestal de povos e comunidades tradicionais" foi elucidado pelo trabalho de Garcia *et al.* (2021), que

evidenciam o papel vital dos povos indígenas em projetos de carbono florestal na Amazônia. Segundo eles, os créditos de carbono gerados por projetos REDD+ no Mercado Voluntário de Carbono (VCM) são propriedade dos povos indígenas, o que lhes confere direitos exclusivos sobre a gestão das florestas e a distribuição das receitas de carbono. Este reconhecimento não só demonstra que o conhecimento tradicional é um recurso valioso, mas também destaca a importância de incluir estas comunidades no desenvolvimento e implementação de projetos de carbono florestal, garantindo que os seus valores e práticas sejam respeitados e valorizados.

Os desvios padrões indicam um acordo geral sobre a relevância das forças identificadas, porém, revelam divergências em certos aspectos. Áreas com desvios padrões mais elevados, como áreas protegidas e sistemas de certificação florestal, sugerem a necessidade de discussões adicionais para alinhar visões e metodologias. Em contraste, temas como a vasta cobertura florestal e a biodiversidade demonstram um consenso mais amplo, indicando uma percepção compartilhada de sua importância.

Os participantes também destacaram vários elementos fundamentais que reforçam o potencial do Brasil no mercado de créditos de carbono, acentuando a experiência consolidada do país em gestão florestal. Sublinharam a ampla cobertura florestal e a rica biodiversidade, junto ao conhecimento técnico-científico robusto e a disponibilidade de profissionais especializados na área ambiental. Esses fatores constituem um cenário favorável para o desenvolvimento e efetivação de projetos de crédito de carbono. Práticas sustentáveis, como agrofloresta e sistemas integrados de cultivo, foram reconhecidas como oportunidades valiosas para o sequestro de carbono, abrangendo tanto a biomassa acima quanto abaixo do solo.

Ademais, a importância da regulamentação do mercado de carbono brasileiro foi enfatizada pelos participantes como crucial para estimular tanto iniciativas privadas quanto públicas, direcionadas à conservação e restauração florestal. O fortalecimento das políticas ESG por empresas foi reconhecido por seu impacto positivo, direcionando a cadeia de suprimentos para práticas mais sustentáveis e a busca por métodos de redução de emissões. Essa tendência não só amplia os benefícios ambientais, mas também fomenta o desenvolvimento socioeconômico das comunidades locais, gerando emprego e promovendo o turismo sustentável nas áreas florestais.

A sinergia entre as três principais forças - a extensa cobertura florestal, a preservação da biodiversidade e a disponibilidade de terras para restauração - cria um ambiente ótimo para

a conservação ambiental e a produção de créditos de carbono. Essa união oferece uma contribuição significativa para a sustentabilidade e ajuda na mitigação das mudanças climáticas.

4.2.2 OPORTUNIDADES

A Tabela 4.2 destaca uma avaliação otimista das oportunidades no mercado de carbono florestal brasileiro pelos especialistas, com uma média geral de 8,5. Essa média sugere uma percepção positiva, com as médias variando entre 7,94 e 8,95, indicativo de oportunidades consideradas de grande importância. Além disso, os valores do desvio padrão para os itens foram inferiores aos de outras seções da matriz SWOT, sugerindo um consenso mais forte entre os respondentes.

Tabela 4.2 - Estatísticas Descritivas das Oportunidades no Mercado de Carbono Florestal

Descrição	Média	Moda	Mediana	Desvio padrão
Crescente demanda internacional por créditos de carbono de projetos de conservação florestal	8,95	10	10	1,65
Valorização da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos	8,94	10	9	1,52
A implementação de políticas de fomento à pesquisa e desenvolvimento de tecnologias para a conservação florestal	8,73	10	9	1,49
A implementação de políticas públicas que visam incentivar a conservação florestal e a redução de emissões de gases de efeito estufa	8,71	10	9	1,73
Reconhecimento da importância das comunidades locais e povos tradicionais na conservação florestal	8,68	10	9	1,72
Aumento da demanda por produtos sustentáveis	8,40	10	9	1,63
Melhoria da gestão fundiária	8,32	10	9	1,94
Possibilidade de captação de recursos financeiros	8,31	10	9	1,91
Implementação de programas de capacitação e treinamento	8,06	8	8	1,76
Fortalecimento de parcerias público-privadas	7,99	10	8	1,82
Inovação tecnológica	7,94	10	8	2,04

Fonte: Elaborada pelo autor (2023)

A "crescente demanda internacional por créditos de carbono" obteve a maior média (8,95), demonstrando um consenso robusto sobre sua importância e potencial de expansão. Algumas preocupações foram levantadas pelos participantes, sugerindo a necessidade de uma abordagem mais cuidadosa, particularmente em relação à adicionalidade e permanência dos projetos REDD+, indicando a relevância de assegurar a eficácia dessas iniciativas no longo prazo.

A "valorização da biodiversidade" e o "reconhecimento das comunidades locais" foram enfatizados como cruciais, com médias de 8,94 e 8,68, respectivamente. Esses pontos reforçam a importância de políticas públicas e práticas que promovam a conservação ambiental e a justiça climática, integrando as comunidades locais nos esforços de conservação.

A "melhoria da gestão fundiária" e o "fortalecimento das parcerias público-privadas" foram reconhecidos como áreas que requerem atenção, com médias de 8,32 e 7,99, indicando a necessidade de avanços. A captação de recursos financeiros, com uma média de 8,31, foi destacada como vital para o desenvolvimento de projetos mais abrangentes, especialmente aqueles que envolvem populações tradicionais.

A "inovação tecnológica" apresentou a menor média e mostrou um grande desvio padrão (2,04), revelando variações significativas nas opiniões dos especialistas. Essa divergência enfatiza a necessidade de cautela em relação aos riscos associados a novas tecnologias.

Além dessas oportunidades, foram identificadas áreas não mencionadas no questionário inicial, como a "regulação do mercado de carbono" e a "parceria público-privada para o desenvolvimento de projetos," sugerindo a importância de governança clara e colaboração mais estreita entre os setores. A "exploração da bioeconomia" também emergiu como uma área promissora, indicando um potencial significativo para o setor.

Essas oportunidades sublinham o reconhecimento de abordagens colaborativas e inovadoras essenciais para maximizar o potencial do mercado de carbono florestal brasileiro.

4.2.3 FRAQUEZAS

A análise das fraquezas no mercado de carbono florestal brasileiro, conforme detalhado na Tabela 4.3, revela um reconhecimento significativo desses desafios pelos especialistas, com uma média geral de 7,3. Os desafios identificados abrangem desde o desmatamento ilegal e a exploração madeireira até as limitações na infraestrutura legal e operacional, evidenciando áreas críticas que demandam atenção imediata para a melhoria da eficácia e sustentabilidade do mercado.

Tabela 4.3 - Estatísticas Descritivas das Fraquezas no Mercado de Carbono Florestal brasileiro.

Descrição	Média	Moda	Mediana	Desvio padrão
Desmatamento ilegal e exploração madeireira ilegal	8,25	10	9	2,36
Fragilidade das políticas públicas e marcos regulatórios nacionais relacionados à conservação florestal e ao mercado de carbono	8,14	10	9	2,08
Desafios de implementação e escalabilidade de projetos florestais	8,00	10	8	1,94
Complexidade e burocracia nos processos de certificação e validação dos projetos de redução de emissões de carbono florestal	7,75	10	8	2,30
Falta de transparência e de sistemas confiáveis de monitoramento e verificação das reduções de emissões de carbono florestal	7,66	10	8	2,31
Falta de capacidade técnica e financeira das comunidades locais e povos tradicionais para participar e se beneficiar de projetos de carbono florestal	7,49	10	8	2,48
Desigualdade de acesso ao mercado de carbono florestal no Brasil	7,45	10	8	2,31
Riscos associados a fraudes e falsificação de créditos de carbono florestal brasileiro	7,36	10	8	2,52
Dificuldades na obtenção de créditos de carbono certificados e na negociação dos mesmos no mercado	7,12	10	8	2,55
Limitações tecnológicas e de conhecimento técnico-científico	6,48	9	7	2,58
Introdução de espécies exóticas invasoras em ecossistemas florestais	5,83	5	6	2,51

Fonte: Elaborada pelo autor (2023)

O "desmatamento ilegal e exploração madeireira ilegal" emergiram como as maiores fraquezas, com média de 8,25, mas um desvio padrão elevado (2,36) indica uma divergência de opiniões entre os especialistas. Esta variação sugere a complexidade da questão e a necessidade de estratégias multifacetadas para abordar efetivamente essas práticas ilegais e garantir a integridade dos projetos de conservação.

A "fragilidade das políticas públicas e marcos regulatórios", com uma média de 8,14, reflete a urgência em reforçar as estruturas legais e institucionais que suportam a conservação florestal e o mercado de carbono. Essa fraqueza destaca o imperativo de estabelecer um ambiente regulatório mais robusto e eficiente.

Os "desafios de implementação e escalabilidade de projetos florestais" também foram reconhecidos como uma barreira significativa, com uma média de 8,00 e o menor desvio padrão (1,94) entre as fraquezas, indicando uma concordância mais ampla sobre a importância deste desafio. A necessidade de vastas extensões de terra para tornar os projetos financeiramente viáveis ressalta os obstáculos à expansão e replicação de iniciativas de sucesso.

A "complexidade e burocracia nos processos de certificação", embora reconhecida como uma garantia de confiabilidade dos projetos, implica um período de desenvolvimento e implementação prolongado, tornando-se um entrave à agilidade e eficiência do mercado.

Interessantemente, a "introdução de espécies exóticas invasoras" foi percebida como a menor das fraquezas (média de 5,83), mas o alto desvio padrão (2,51) revela uma variedade de opiniões, sublinhando a complexidade da gestão ecológica em projetos de conservação e restauração.

Os especialistas também sugeriram a importância de desenvolver demanda nacional e internacional, melhorar a rastreabilidade dos projetos, e aprimorar metodologias específicas para os biomas brasileiros, indicando áreas para inovação e melhoria. A necessidade de abordar a irregularidade fundiária e insegurança jurídica, juntamente com o aumento da concorrência entre entidades validadoras, foram apontadas como essenciais para o fortalecimento do mercado.

Em resumo, os resultados e os comentários dos especialistas ilustram claramente as fraquezas no mercado de carbono florestal brasileiro, ressaltando a necessidade crítica de reforçar as políticas públicas e superar as barreiras operacionais para promover um mercado de carbono mais robusto, transparente e acessível.

4.2.4 AMEAÇAS

A análise da seção de ameaças revela a perspectiva dos especialistas sobre os desafios externos que ameaçam o mercado de carbono florestal brasileiro, conforme ilustrado na Tabela 4.4. Com uma média geral de 7,5 para as ameaças listadas, refletindo a relevância desses desafios, observa-se um consenso moderado sobre a importância dessas ameaças, apesar de haver divergências nos pontos de vista, indicadas pelos desvios padrão superiores a 2.

Tabela 4.4 - Estatísticas Descritivas das Ameaças no Mercado de Carbono Florestal

Descrição	Média	Moda	Mediana	Desvio padrão
Conflitos fundiários e falta de segurança jurídica	8,99	10	10	1,47
Vulnerabilidade a mudanças nas políticas internacionais de carbono e a possíveis mudanças nas regras e regulamentações do mercado de carbono	7,82	10	8	2,30
Instabilidade política e econômica no Brasil	7,77	10	8	2,37
Concorrência com outros setores econômicos, como agricultura, pecuária e mineração, que podem pressionar as áreas florestais	7,77	10	8	2,24
Pressões econômicas e de mercado que podem incentivar a exploração ilegal de recursos florestais	7,71	10	8	2,16
Falta de conscientização e engajamento da sociedade em relação à importância da conservação florestal e aos benefícios do mercado de carbono florestal	7,64	10	8	1,95
Aumento da pressão para a conversão de áreas florestais em terras agrícolas ou para outros usos	7,48	10	8	2,66
Falta de incentivos fiscais e benefícios tributários específicos para projetos de carbono florestal	7,42	10	8	2,35
Riscos associados a eventos climáticos extremos	7,25	8	8	2,32
Dependência de financiamento externo para a implementação de projetos de carbono florestal	7,18	7	7	2,28
Dificuldades na obtenção de financiamento e recursos para projetos de carbono florestal	7,13	7	7	2,16

Fonte: Elaborada pelo autor (2023)

Os "conflitos fundiários e a falta de segurança jurídica" emergem como a ameaça mais significativa, com a maior média (8,99) e o menor desvio padrão (1,47), indicando um alto grau de concordância entre os especialistas. Esta preocupação ressalta a urgência em resolver esses conflitos e fortalecer a segurança jurídica para assegurar a integridade e viabilidade dos projetos de carbono florestal.

A "vulnerabilidade a mudanças nas políticas internacionais de carbono" e as possíveis alterações nas regulamentações do mercado, com uma média de 7,82 e um desvio padrão de 2,30, destacam a preocupação com a instabilidade regulatória global e seu impacto nos projetos locais.

A "instabilidade política e econômica no Brasil", assim como a "concorrência com outros setores econômicos" como agricultura, pecuária e mineração, ambas com médias de 7,77, refletem as ameaças impostas pela dinâmica interna do país e a disputa por recursos naturais, potencialmente prejudicando as áreas florestais.

Importante notar é a consideração da "falta de credibilidade do REDD+ e créditos de carbono AFOLU" como uma ameaça não listada originalmente, sugerindo preocupações sobre

a percepção e efetividade desses mecanismos no âmbito mais amplo da conservação e comércio de carbono.

A presença de ameaças variadas com desvios padrão elevados reflete a complexidade e a multiplicidade de desafios que enfrentam o mercado de carbono florestal no Brasil, abrangendo desde questões legais e regulatórias até impactos socioeconômicos e ambientais.

Essas percepções dos especialistas sublinham a necessidade de uma abordagem multifacetada para mitigar essas ameaças, enfatizando a importância de políticas públicas robustas, a integração de práticas sustentáveis nos setores concorrentes e o fortalecimento do engajamento da sociedade na conservação florestal e nos benefícios do mercado de carbono. É vital abordar a instabilidade regulatória e assegurar um ambiente propício para o desenvolvimento sustentável e a implementação eficaz de projetos de carbono florestal.

4.3 ANÁLISE ESTRATÉGICA

Após uma análise detalhada dos questionários aplicados aos especialistas do setor, desenvolveu-se uma matriz SWOT atualizada. Este instrumento foi elaborado para enfatizar os três aspectos mais críticos identificados em cada uma das quatro categorias da análise SWOT: Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças. A seleção desses elementos baseou-se na importância atribuída pelos participantes, representada pelas três maiores médias em cada categoria, destacando os fatores mais significativos e influentes.

A nova matriz SWOT, apresentada a seguir, será examinada em profundidade. Cada elemento enfatizado na matriz será analisado quanto às suas implicações para o setor, bem como às estratégias e ações possíveis para aproveitar as forças e oportunidades, mitigar as fraquezas e enfrentar as ameaças (Quadro 4.1).

Quadro 4.1 - Nova matriz SWOT

AMBIENTE INTERNO		AMBIENTE EXTERNO	
Força		Oportunidade	
Grande cobertura florestal no Brasil		Crescente demanda internacional por créditos de carbono de projetos de conservação florestal	
Preservação da biodiversidade florestal		Valorização da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos	
Grande disponibilidade de terras para projetos de restauração/recuperação		A implementação de políticas de fomento à pesquisa e desenvolvimento de tecnologias para a conservação florestal	
Fraqueza		Ameaças	
Desmatamento ilegal e exploração madeireira ilegal		Conflitos fundiários e falta de segurança jurídica	
Fragilidade das políticas públicas e marcos regulatórios nacionais relacionados à conservação florestal e ao mercado de carbono		Vulnerabilidade a mudanças nas políticas internacionais de carbono e a possíveis mudanças nas regras e regulamentações do mercado de carbono	
Desafios de implementação e escalabilidade de projetos florestais		Instabilidade política e econômica no Brasil	

Esta matriz serve não apenas como um resumo visual, mas também como uma ferramenta estratégica crucial. Além disso, foram feitas análises estratégicas adicionais para aprofundar a compreensão e fornecer direções claras para ações futuras. Estas análises incluem:

Ações Ofensivas (combinação entre Forças e Oportunidades): A imensa área florestal do Brasil e a preservação de sua diversidade biológica, juntamente com a demanda internacional por créditos de carbono, posicionam o país como um líder potencial no mercado global de carbono. Promover políticas que incentivem a inovação e o desenvolvimento tecnológico para a conservação florestal pode otimizar essas vantagens.

Ações Defensivas (combinação entre Forças e Ameaças): As qualidades do Brasil, como a extensa disponibilidade de terras para projetos de restauração e a proteção da biodiversidade, podem ser empregadas para neutralizar ameaças, incluindo disputas fundiárias e a sensibilidade a mudanças nas políticas internacionais de carbono. Fortalecer a legislação e a segurança jurídica são passos essenciais

Debilidades (combinação entre Fraquezas e Oportunidades): As vulnerabilidades identificadas, como a fragilidade das diretrizes públicas e os desafios na implementação de projetos, podem ser superadas por meio da exploração de oportunidades atuais. Aprimorar a gestão de terras e elevar a capacidade das comunidades são medidas aceleradas pelas oportunidades emergentes no setor.

Vulnerabilidades (combinação entre Fraquezas e Ameaças): Dificuldades como o desmatamento e a extração madeireira não autorizada, em conjunto com ameaças como a

instabilidade política e econômica, requerem uma abordagem cautelosa. Reforçar a governança e as políticas de comando e controle, bem como estabelecer incentivos para práticas de manejo florestal sustentáveis são estratégias fundamentais.

Estas análises estratégicas são cruciais para cumprir o objetivo específico da pesquisa de propor estratégias e recomendações para fortalecer o mercado de carbono florestal no Brasil, ultrapassando desafios e aproveitando oportunidades (Figura 4.3).

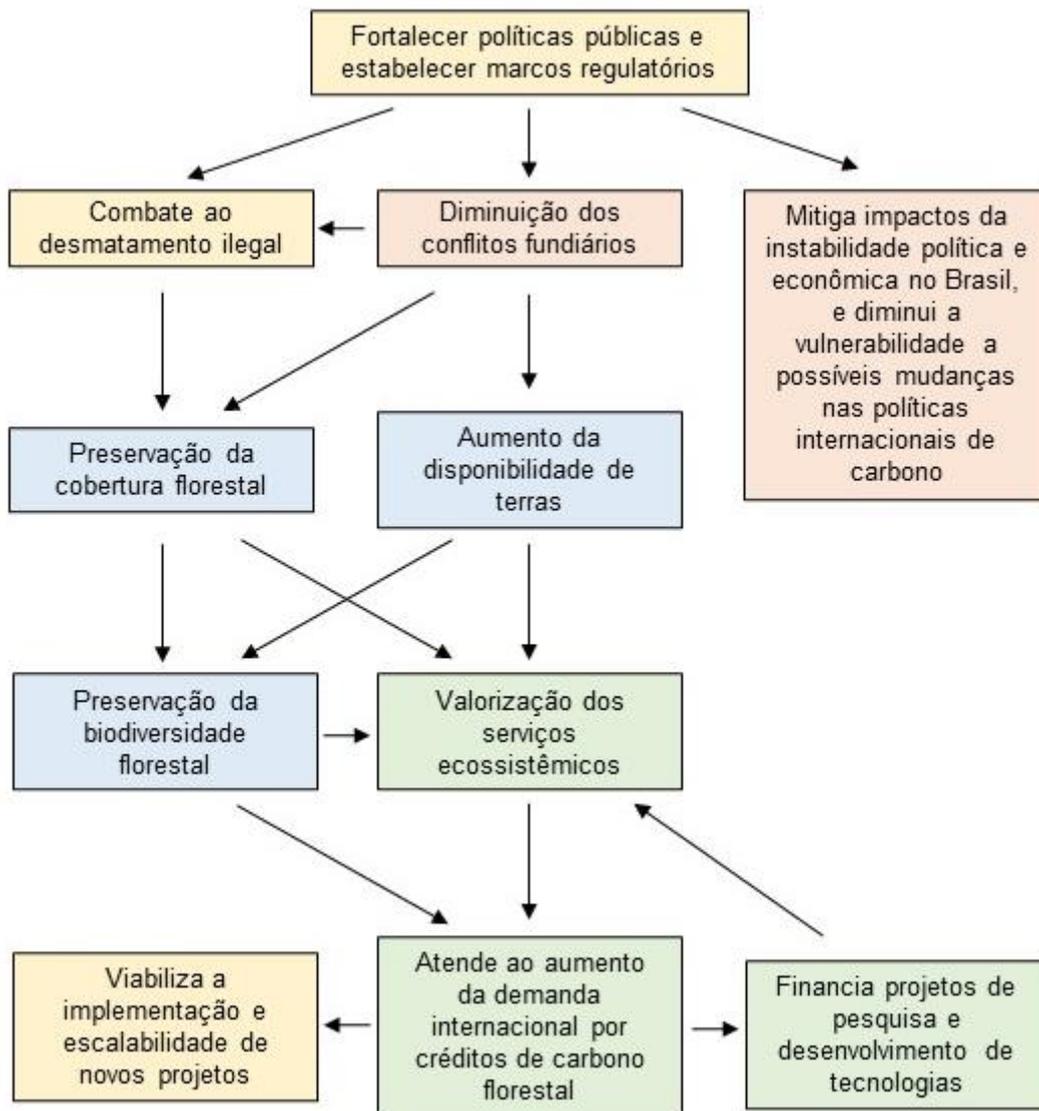


Figura 4.3 - Interrelações entre os principais componentes avaliados.

O fortalecimento de políticas públicas e marcos regulatórios é vital para combater o desmatamento no Brasil. O Grupo Banco Mundial (2023) destaca que subsídios e políticas de crédito rural, combinados à estrutura do Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural (ITR), promovem o desmatamento para agricultura. Ademais, o Plano Safra, principal programa de

crédito subsidiado, intensifica essa tendência em estados da Amazônia Legal. Por outro lado, a JP Morgan (2023) sublinha a insuficiência do mercado voluntário de carbono em substituir políticas públicas efetivas no enfrentamento das mudanças climáticas.

A exploração ilegal de madeira, agricultura e grilagem são apontadas pelo Grupo Banco Mundial (2023) como principais causas do desmatamento, exacerbadas pela fraca aplicação da lei e governança fundiária deficiente. O IPAM (2023) corrobora, mostrando que regimes de propriedade não designados aumentam o desmatamento. Tal cenário ressalta a necessidade de ações para reduzir conflitos fundiários, como o mapeamento de terras públicas não tituladas e a modernização do registro fundiário.

Preservar a cobertura florestal é essencial para manter a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos. Conforme o AR6 (2023), minimizar estresses adicionais, reduzir a fragmentação de habitats e proteger refúgios em pequena escala são ações cruciais. Vargas, Delazeri e Ferreira (2022) realçam que a implementação e a expansão de projetos florestais demandam grandes áreas de terra para serem financeiramente viáveis, reforçando a importância de uma abordagem integrada para a conservação florestal e o desenvolvimento sustentável.

O IPCC (2023a) adverte sobre os perigos do reflorestamento e da produção de culturas de biomassa em larga escala, que podem afetar negativamente a biodiversidade, a segurança alimentar e hídrica e impactar as comunidades locais e direitos indígenas. Se mal geridas, essas práticas elevam a dependência da remoção de carbono, aumentando a pressão sobre a terra e a biodiversidade. A escassez de créditos de carbono de alta qualidade, segundo a ICC BRASIL e WAYCARBON (2021), é atribuída à variação nas metodologias de contabilidade e verificação, limitando o capital necessário para projetos mais eficazes.

O incentivo à pesquisa e ao desenvolvimento em tecnologias de conservação florestal, motivado pela procura por créditos de carbono, é fundamental para a inovação e eficiência no setor. Dong *et al.* (2022) concluem que nações com avanços significativos em tecnologia verde são mais eficientes na emissão de carbono. Rej *et al.* (2023) sugerem que o governo promova essas inovações, especialmente durante fases de progresso econômico.

Projetos de financiamento de carbono que protegem florestas tropicais, como destacado por KOH, ZENG, *et al.* (2021), contribuem tanto para a conservação da natureza quanto para a mitigação das mudanças climáticas. Pache; Abrudan; Niță, (2021) reforçam a necessidade de um mercado de carbono funcional e estável frente às metas crescentes de redução de emissões. Finalmente, o Grupo Banco Mundial (2023) e (Pache; Abrudan; Niță, 2021) enfatizam a

importância de integrar tecnologias para quantificar, espacializar e monetizar o armazenamento e sequestro de carbono, oferecendo uma visão sistêmica para o avanço do mercado de carbono.

A análise SWOT do mercado de carbono florestal brasileiro destaca oportunidades valiosas, como a extensa cobertura florestal e o interesse internacional por créditos de carbono. No entanto, revela também desafios significativos, como o desmatamento ilegal e a instabilidade política. Essas percepções direcionam a necessidade de fortalecer políticas públicas e práticas sustentáveis, assegurando o crescimento e a eficácia do mercado a longo prazo.

5 CONCLUSÕES

Esta pesquisa, realizada com 77 especialistas de diversas áreas profissionais, proporcionou percepções valiosas sobre o Mercado de Carbono Florestal Brasileiro. A análise aprofundada das respostas dos questionários destacou as principais forças, oportunidades, fraquezas e ameaças no setor, refletindo sua complexidade e os desafios enfrentados.

A vasta cobertura florestal do Brasil e a preservação da biodiversidade emergiram como forças primordiais, evidenciando a riqueza natural do país e criando uma base robusta para a geração de créditos de carbono. A crescente demanda internacional por créditos de carbono surge como uma oportunidade significativa para o Brasil, impulsionada pelo reconhecimento global da importância da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos.

Entretanto, o desmatamento ilegal e a fragilidade das políticas públicas se apresentam como as principais fraquezas, desafiando a eficácia e a integridade dos projetos de conservação florestal. Além disso, ameaças externas como conflitos fundiários, instabilidade política e econômica e a vulnerabilidade a mudanças nas políticas internacionais de carbono constituem riscos significativos que podem impactar adversamente o mercado.

Os resultados sugerem uma necessidade urgente de fortalecer as políticas públicas e os marcos regulatórios para combater o desmatamento e assegurar a efetividade dos projetos de carbono. A colaboração entre os setores público e privado, a inovação tecnológica e a inclusão ativa de comunidades locais e povos indígenas são essenciais para a sustentabilidade e o crescimento do mercado.

Um exemplo recente foi a decisão do Supremo Tribunal Federal (STF, 2023) que rejeita a tese do marco temporal para a demarcação de terras indígenas traz um novo contexto para a

conservação florestal e o mercado de carbono no Brasil. Esta mudança jurídica, ao afirmar os direitos fundamentais dos povos indígenas sobre suas terras com base na ancestralidade e na tradição (Agência Brasil, 2023; Agência Câmara de Notícias, 2023), pode influenciar positivamente a preservação da biodiversidade e a expansão do mercado de carbono florestal. Destaca-se a importância de integrar as políticas de conservação florestal com o reconhecimento dos direitos dos povos indígenas, visando um desenvolvimento sustentável que valorize tanto a biodiversidade quanto as culturas tradicionais.

Esta pesquisa tem limitações que devem ser consideradas. A possibilidade de viés nas respostas dos participantes, influenciadas por suas experiências profissionais e áreas de atuação, é uma delas. A metodologia baseada em questionários pode não ter capturado completamente a complexidade e as nuances do mercado de carbono.

Para pesquisas futuras, é recomendável a utilização de métodos qualitativos mais aprofundados, como entrevistas detalhadas ou estudos de caso, para entender com maior precisão as dinâmicas específicas do mercado de carbono florestal brasileiro. Seria proveitoso expandir a pesquisa para incluir análises de projetos de carbono florestal em andamento, avaliando seus impactos ambientais, sociais e econômicos. Estudos comparativos com mercados de carbono estabelecidos em outros países podem oferecer percepções adicionais e práticas recomendadas para aprimorar o mercado brasileiro.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBASS, Kashif *et al.* A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures. **Environmental Science and Pollution Research**, [s. l.], v. 29, n. 28, p. 42539–42559, 2022.

ANDERSON-TEIXEIRA, Kristina J.; BELAIR, Ethan P. **Effective forest-based climate change mitigation requires our best science**. [S. l.]: John Wiley and Sons Inc, 2022.

BALOGUN, Abdul-Lateef *et al.* Assessing the Potentials of Digitalization as a Tool for Climate Change Adaptation and Sustainable Development in Urban Centres. **Sustainable Cities and Society**, [s. l.], v. 53, p. 101888, 2020.

BARROS, F. de V. *et al.* Cost-effective restoration for carbon sequestration across Brazil's biomes. **Science of the Total Environment**, [s. l.], v. 876, 2023.

CLARKE, Ben *et al.* Extreme weather impacts of climate change: an attribution perspective. **Environmental Research: Climate**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 012001, 2022.

DE JONG, Pieter *et al.* Estimating the impact of climate change on wind and solar energy in Brazil using a South American regional climate model. **Renewable Energy**, [s. l.], v. 141, p. 390–401, 2019.

DONG, Feng *et al.* How green technology innovation affects carbon emission efficiency: evidence from developed countries proposing carbon neutrality targets. **Environmental Science and Pollution Research**, [s. l.], v. 29, n. 24, p. 35780–35799, 2022.

FALKNER, Robert. The Paris agreement and the new logic of international climate politics. **International Affairs**, [s. l.], v. 92, n. 5, p. 1107–1125, 2016.

FAWZY, Samer *et al.* Strategies for mitigation of climate change: a review. **Environmental Chemistry Letters**, [s. l.], v. 18, n. 6, p. 2069–2094, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10311-020-01059-w>.

FCCC. **Report of the Conference of the Parties on its twenty-first session, held in Paris from 30 November to 13 December 2015**. [S. l.: s. n.], 2016.

GARCIA, Beatriz *et al.* REDD+ and forest protection on indigenous lands in the Amazon. **Review of European, Comparative and International Environmental Law**, [s. l.], v. 30, n. 2, p. 207–219, 2021.

GRIGORIEVA, Elena; LIVENETS, Alexandra; STELMAKH, Elena. Adaptation of Agriculture to Climate Change: A Scoping Review. **Climate**, [s. l.], v. 11, n. 10, p. 202, 2023.

GRUPO BANCO MUNDIAL. **Relatório sobre clima e desenvolvimento para o país**. Washington, DC: [s. n.], 2023. Disponível em: www.worldbank.org.

HOBBIE, Sarah E.; GRIMM, Nancy B. Nature-based approaches to managing climate change impacts in cities. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, [s. l.], v. 375, n. 1794, p. 20190124, 2020.

HÖLSCHER, Katharina; FRANTZESKAKI, Niki; LOORBACH, Derk. Steering transformations under climate change: capacities for transformative climate governance and the case of Rotterdam, the Netherlands. **Regional Environmental Change**, [s. l.], v. 19, n. 3, p. 791–805, 2019.

ICC BRASIL; WAYCARBON. **Oportunidades para o Brasil em mercados de carbono**. Brasil: [s. n.], 2021.

ICC BRASIL; WAYCARBON. **Oportunidades para o Brasil em mercados de carbono**. Brasil: [s. n.], 2022.

IPCC. **Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido; Nova Iorque, NY, EUA: [s. n.], 2022. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>. Acesso em: 9 nov. 2023.

IPCC. **Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty**. Cambridge, UK and New York, NY, USA: [s. n.], 2018.

IPCC. **IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]**. (Paola Arias *et al.* Org.). [S. l.: s. n.], 2023a. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>.

IPCC. **Summary for policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. A report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** Journal of Crystal Growth. [S. l.: s. n.], 2023b.

JP MORGAN. **Carbon Market Principles: our approach to strengthening the voluntary carbon market to scale decarbonization solutions**. [S. l.: s. n.], 2023.

KOH, Lian Pin *et al.* Carbon prospecting in tropical forests for climate change mitigation. **Nature Communications**, [s. l.], v. 12, n. 1, 2021.

LORENZO-SÁEZ, Edgar *et al.* Potential analysis of mediterranean forestry for offsetting ghg emissions at regional level: Evidence from valencia, spain. **Sustainability (Switzerland)**, [s. l.], v. 13, n. 8, 2021.

MARENGO, Jose A. *et al.* Assessing drought in the drylands of northeast Brazil under regional warming exceeding 4 °C. **Natural Hazards**, [s. l.], v. 103, n. 2, p. 2589–2611, 2020.

MCDOWELL, Nate G. *et al.* Pervasive shifts in forest dynamics in a changing world. **Science**, [s. l.], v. 368, n. 6494, 2020.

MESAROVIC, Miodrag M. Global warming and other climate change phenomena on the geological time scale. **Thermal Science**, [s. l.], v. 23, p. S1435–S1455, 2019.

MILES, Wendy B. The invisible commodity: Local experiences with forest carbon offsetting in Indonesia. **Environment and Planning E: Nature and Space**, [s. l.], v. 4, n. 2, p. 499–524, 2021.

NONINI, Luca; FIALA, Marco. Estimation of carbon storage of forest biomass for voluntary carbon markets: preliminary results. **Journal of Forestry Research**, [s. l.], v. 32, n. 1, p. 329–338, 2021.

OECD. **Aggregate Trends of Climate Finance Provided and Mobilised by Developed Countries in 2013-2020**: Climate Finance and the USD 100 Billion Goal. Paris: OECD, 2022. Disponível em: https://www.oecd-ilibrary.org/finance-and-investment/aggregate-trends-of-climate-finance-provided-and-mobilised-by-developed-countries-in-2013-2020_d28f963c-en.

OLIVER, Eric C. J. *et al.* Projected Marine Heatwaves in the 21st Century and the Potential for Ecological Impact. **Frontiers in Marine Science**, [s. l.], v. 6, 2019.

PACHE, Robert George; ABRUDAN, Ioan Vasile; NIȚĂ, Mihai Daniel. Economic valuation of carbon storage and sequestration in Retezat National Park, Romania. **Forests**, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 1–14, 2021.

PAN, Yude *et al.* A Large and Persistent Carbon Sink in the World's Forests. **Science**, [s. l.], v. 333, n. 6045, p. 988–993, 2011.

PERERA, Frederica. Pollution from Fossil-Fuel Combustion is the Leading Environmental Threat to Global Pediatric Health and Equity: Solutions Exist. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [s. l.], v. 15, n. 1, p. 16, 2017.

PHILLIPS, Oliver L. *et al.* Carbon uptake by mature Amazon forests has mitigated Amazon nations' carbon emissions. **Carbon Balance and Management**, [s. l.], v. 12, n. 1, 2017.

RAY, Deepak K. *et al.* Climate change has likely already affected global food production. **PLOS ONE**, [s. l.], v. 14, n. 5, p. e0217148, 2019.

SEDDON, Nathalie *et al.* Understanding the value and limits of nature-based solutions to climate change and other global challenges. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, [s. l.], v. 375, n. 1794, p. 20190120, 2020.

SOARES-FILHO, Britaldo *et al.* Brazil's Market for Trading Forest Certificates. **PLOS ONE**, [s. l.], v. 11, n. 4, p. e0152311, 2016.

SREEKAR, Rachakonda *et al.* Nature-based climate solutions for expanding the global protected area network. **Biological Conservation**, [s. l.], v. 269, 2022.

STRECK, Charlotte. Who owns REDD+? carbon markets, carbon rights and entitlements to REDD+ finance. **Forests**, [s. l.], v. 11, n. 9, 2020.

TRIANA, Maria Andrea; LAMBERTS, Roberto; SASSI, Paola. Should we consider climate change for Brazilian social housing? Assessment of energy efficiency adaptation measures. **Energy and Buildings**, [s. l.], v. 158, p. 1379–1392, 2018.

VARGAS, Daniel Barcelos; DELAZERI, Linda Márcia Mendes; FERREIRA, Vinícius Hector Pires Ferreira. **Mercado de carbono voluntário no Brasil: na realidade e na prática.** [S. l.: s. n.], 2022.

WASKO, Conrad *et al.* Evidence of shorter more extreme rainfalls and increased flood variability under climate change. **Journal of Hydrology**, [s. l.], v. 603, p. 126994, 2021.

WILLIAMS, A. Park *et al.* Observed Impacts of Anthropogenic Climate Change on Wildfire in California. **Earth's Future**, [s. l.], v. 7, n. 8, p. 892–910, 2019.

WORLD BANK. **State and Trends of Carbon Pricing 2023.** Washington, DC: [s. n.], 2023. Disponível em: www.worldbank.org. .

XIE, Qiwei *et al.* Carbon price prediction considering climate change: A text-based framework. **Economic Analysis and Policy**, [s. l.], v. 74, p. 382–401, 2022.

ZHANG, Zheng *et al.* **From low carbon to carbon neutrality: A bibliometric analysis of the status, evolution and development trend.** [S. l.]: Academic Press, 2022.