



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE UnB PLANALTINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEIO AMBIENTE E
DESENVOLVIMENTO RURAL -PPG MADER

LARISSA ROCHA FERREIRA

**Estudo da legislação brasileira acerca do mercado de
carbono: agricultura familiar e remineralizadores de solo**

Brasília-DF

2024

Larissa Rocha Ferreira

Estudo da legislação brasileira acerca do mercado de carbono: agricultura familiar e remineralizadores de solo

Dissertação de Mestrado apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural pelo Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural da Faculdade UnB de Planaltina – UnB/FUP.

Orientadora: Prof.^a Dra. Suzi Huff Theodoro

Coorientadora: Prof.^a Dra. Fernanda Medeiros

Brasília-DF

2024

Larissa Rocha Ferreira

Dissertação de mestrado apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural da Faculdade UnB Planaltina, Universidade de Brasília.

Banca Examinadora

Prof.^a Dra. Suzi Maria de Córdova Huff Theodoro Presidente (UnB)

Prof.^a Dra. Claudete Gindri Ramos (Universidade de La Costa/CO)

Prof. Dr. Tamiel Khan Baiocchi Jacobson (UnB)

Brasília-DF

2024

FF383e Ferreira, Larissa Rocha
Um estudo da legislação brasileira acerca do mercado de carbono no contexto da agricultura familiar e dos remineralizadores de solo / Larissa Rocha Ferreira; orientador Suzi Huff Theodoro; co-orientador Fernanda de Paula Medeiros. -- Brasília, 2024.
81 p.

Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural) -- Universidade de Brasília, 2024.

1. Mercado de Carbono. 2. Emergência climática. 3. mitigação dos GEE. 4. Legislação. 5. Remineralizadores de solo. I. Theodoro, Suzi Huff, orient. II. Medeiros, Fernanda de Paula, co-orient. III. Título.

Este trabalho é dedicado às famílias que desejam permanecer no campo com dignidade, autonomia e acesso qualificado à infraestrutura, saúde, educação, cultura.

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente à espiritualidade que me mantém firme, especialmente à Santa Sara Kali, a padroeira dos povos ciganos, que sempre me acompanha e cuida de mim. Devo muito da minha inteireza a essa entidade espiritual. Agradeço de coração à Mãe Natureza, Deusa de todo o Universo, por me manter conectada com a realidade e sentir prazer nisso.

Toda a gratidão do mundo aos meus pais, Leci e Túlio, por me apoiarem e acreditarem nas minhas iniciativas, às minhas irmãs Bruna e Carolina; aos meus filhos Acauã Sol e Noam Benke por preencherem os meus dias com alegria, comprometimento e afeto. Agradeço também ao César, pai dos meus filhos e meu amigo, que abriu todos os caminhos para que eu pudesse construir essa nova trajetória profissional. Sinto-me privilegiada por ter ao meu lado pessoas tão fortes e que estão sempre comigo; sem essas pessoas eu nada seria. Sou grata pela minha profissão que me permite explorar a função de advogada de diversas formas, em busca de um mundo melhor.

Sou extremamente grata ao Grupo de Pesquisa da Rochagem por me acolherem, pela parceria e pelas discussões que viabilizaram, em grande medida, a elaboração da dissertação. Agradeço, particularmente minha coorientadora, Fernanda Medeiros, que sempre foi uma figura feminina de inspiração, pelo movimento de me incentivar a adentrar à equipe de estudos e pesquisa sobre os remineralizadores na perspectiva agroecológica. A liderança do grupo é muito bem representada no Brasil e no mundo pela minha orientadora professora-pesquisadora-apaixonada pelo que faz, a Suzi Huff Theodoro, à qual devo gratidão. Gratidão pela força desse grupo de trabalho e pesquisa que é integrado, também, pela professora Caroline Gomide, pela qual guardo forte consideração, assim como ao Manoel Batista Viana. Também agradeço o apoio, o auxílio na pesquisa de dados e a revisão da Fabiane Rodrigues Ferrão.

Agradeço à Universidade de Brasília - UnB, especialmente à Faculdade UnB Planaltina, na figura de seus diretores, coordenadores e docentes, por manterem abertas as portas da Universidade para mim, cativando no meu imaginário e interesse em estudar mais a fundo a realidade camponesa e as possibilidades de pensarmos juntos um cenário mais justo para os povos que vivem no campo, considerando a diversidade social, a biodiversidade, a indispensável luta pela terra, a abundância de recursos naturais que estão em risco, a urgência em ampliar os horizontes para garantirmos ambiente equilibrado e saudável para as próximas gerações.

Agradeço à Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal – FAP/DF por me conceder a bolsa de estudos durante a primeira etapa de realização do projeto de dissertação até o momento da qualificação. E a Fundação Grantham pela bolsa no curto espaço da fase final.

E, por último, gostaria de registrar a minha admiração e respeito pelo Movimento Cultural Hip Hop que possui a missão de despertar a juventude, por meio da música, a perceber quem é você dentro do sistema e por que você está inserido/a em determinado contexto, além de revelar injustiças e desigualdades muitas vezes camufladas. Da mesma forma, registro as minhas considerações ao Movimento dos Trabalhadores Sem Terra - MST, por meio do qual conheci de perto a agroecologia e a coragem de se lutar por justiça, terra e pão.

RESUMO

Estudos do Painel Intragovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) evidenciam que o planeta poderá sofrer aquecimento de 3,2°C até o final do século, sendo necessário investimento científico e tecnológico para a adaptação e coexistência da sociedade em relação a emergência climática. As alterações uso da terra para fornecimento de bens e produtos derivados dos ecossistemas é um importante vetor para emissão de gases de efeito estufa (GEE), o que implica em mudanças no modo de desenvolvimento das nações, que precisam, urgentemente, considerar a captura e mitigação das emissões de dióxido de carbono (CO₂). Para além dos efeitos no clima do planeta, ações dessa natureza representam uma oportunidade econômica para alguns países, uma vez que poderão alavancar um novo mercado (regulado ou voluntário) onde serão negociados os créditos de carbono não emitido ou mitigado por meio de manejos diferenciados nos agroecossistemas. Nesse sentido, a presente pesquisa teve como objetivo analisar as propostas de legislação, em tramitação no Congresso Nacional, acerca desse mercado, a fim de compreender como o estabelecimento de um marco normativo contribuiria para o alcance das metas de redução de GEE, as quais o Brasil se propõe alcançar para atender os acordos internacionais previamente assinados. O foco da análise foi a proposta que tramita no Congresso Nacional e que visa estabelecer o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE). Foi efetuado uma pesquisa acerca do efeito desse mercado no que tange à inserção de empreendimentos da agricultura familiar e, em particular, o potencial daqueles que utilizam os remineralizadores de solo (REM) em suas práticas agrícola. Para tanto, foram analisadas declarações, convenções internacionais e dados de duas plataformas virtuais de certificação. Uma que atua no mercado voluntário de carbono brasileiro e outra que disponibiliza dados sobre contratos internacionais que visam o desenvolvimento de metodologias e/ou tecnologias para reduzir as emissões carbono, com ênfase em iniciativas que potencializem o intemperismo aprimorado de rochas, dado pelo uso dos REM, como insumo agrícola. A partir dos dados das plataformas são apresentados exemplos de contratos que estão inseridos no mercado voluntário de carbono nos biomas Cerrado, Amazônia e Pantanal, com foco em iniciativas que incluem a conservação e o aumento dos estoques de carbono florestal e o manejo sustentável das florestas. Sobre o mercado regulado, observou-se que o foco é o desenvolvimento de metodologias que viabilizem a quantificação do carbono capturado. Nessa seara foi possível averiguar que os dados apontam que os REM são uma rota promissora de captura e armazenamento de carbono no solo, sendo que o Brasil converte-se em um grande *player* nessa nova configuração de negócios, pois possui uma grande geodiversidade, com matérias aptos para este uso, além de um setor agrícola muito dinâmico. O grande desafio será a forma de inserir os diferentes perfis produtivos nas ações relacionadas à redução das emissões e, em particular, os empreendimentos de pequeno porte (agricultura familiar). A partir de tais parâmetros, a conclusão da pesquisa é de que o desenvolvimento do mercado de carbono no Brasil (voluntário e/ou regulado), combinado com a preservação dos agroecossistemas pelo uso de rotas tecnológicas como os remineralizadores de solo, tem o potencial de contribuir para a mitigação das mudanças climáticas e, ao mesmo tempo, promover incorporação e inclusão da agricultura familiar em um novo paradigma produtivo.

Palavras-chave: Emergência climática, mitigação dos GEE, agricultura familiar, pós de rocha, políticas públicas.

ABSTRACT

Studies from the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) show that the planet could experience a 3.2°C warming by the end of the century, requiring scientific and technological investment for society to adapt and coexist in the face of the climate emergency. Changes in land use for the supply of goods and products derived from ecosystems are a significant factor in greenhouse gas emissions, necessitating changes in the development mode of nations that urgently need to consider the capture and mitigation of carbon dioxide (CO₂) emissions. Beyond the effects on the planet's climate, actions of this nature represent an economic opportunity for some countries, as they could leverage a new market (regulated or voluntary) where carbon credits not emitted or mitigated through different management practices in agroecosystems will be traded. In this sense, the present research aimed to analyze legislative proposals currently under consideration in the National Congress regarding this market, in order to understand how the establishment of a regulatory framework would contribute to achieving greenhouse gas reduction targets that Brazil has committed to meeting under previously signed international agreements. The focus of the analysis was on the proposal currently being considered in the National Congress, which aims to establish the Brazilian Greenhouse Gas Emissions Trading System (SBCE). Research was conducted on the effect of this market on the inclusion of family farming enterprises, particularly those that use soil remineralizers (REM) in their agricultural practices. Declarations, international conventions, and data from two virtual certification platforms were analyzed for this purpose. One platform operates in the Brazilian voluntary carbon market, while the other provides data on international contracts aimed at developing methodologies and/or technologies to reduce carbon emissions, with an emphasis on initiatives that enhance rock weathering, facilitated by the use of REM as an agricultural input. Examples of contracts in the voluntary carbon market within the Cerrado, Amazon, and Pantanal biomes are presented, focusing on initiatives that include forest carbon conservation and enhancement and sustainable forest management. Regarding the regulated market, the focus is on developing methodologies for quantifying captured carbon. It was found that REM are a promising route for carbon capture and storage in the soil, with Brazil emerging as a major player in this new business configuration due to its vast geodiversity and suitable materials for this purpose, as well as a dynamic agricultural sector. The challenge lies in how to integrate different production profiles into emissions reduction actions, particularly small-scale enterprises (family farming). Based on these parameters, the research concludes that the development of the carbon market in Brazil (voluntary and/or regulated), combined with the preservation of agroecosystems through technological routes such as soil remineralizers, has the potential to contribute to climate change mitigation and promote the incorporation and inclusion of family farming in a new productive paradigm.

Keywords: Climate emergency, GHG mitigation, family farming, rock dust, public policies

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AFOLU - Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo
ACoGS - Conversão Evitada de Pastagens e Matagais
ARR - Florestação, Reflorestamento e Revegetação
BNDES Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CEPAL Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe
COP – Conferência das Partes da Organização das Nações Unidas
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
GEE - Emissões de Gases de Efeito Estufa
IETA – *International Emissions Trading Association*
IFM - Melhor Gestão Florestal
ILPF – Integração Lavoura-Pecuária-Floresta
IPAM - Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia
IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change
IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
MBRE – Mercado Brasileiro de Redução de Emissões
iNDC - Contribuição Nacionalmente Determinada pretendidas
MC - Mercado de Carbono
MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços
MRV – Mensuração, Registro e Verificação
ONU – Organização das Nações Unidas
PL – Projeto de Lei
PNMC - Política Nacional sobre Mudança do Clima
PRONAF - Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
REDD - Emissões Reduzidas por Desmatamento e Degradação
SAF - Sistemas Agroflorestais
SEEG - Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa
SIRENE - Sistema de Registro Nacional de Emissões
tCO₂e – Tonelada de dióxido de carbono equivalente

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Linha do Tempo dos Principais Tratados Internacionais	24
Figura 2: Transações possíveis no mercado voluntário de carbono.....	36
Figura 3: Esquema de funcionamento de um ETS	37
Figura 4: Evolução das emissões de 1990 – 2022 no Brasil, por setor	42
Figura 5: Mapa -Estoque médio de carbono orgânico no solo por bioma no Brasil.....	46
Figura 6: Área de abrangência (ha), área legalmente protegida (ha), área de abrangência de rede(ha) e propriedades do Projeto REDD+ Serra do Amolar – Mato Grosso do Sul e Mato Grosso.....	50
Figura 7:Área do Projeto do Corredor Ecológico Emas-Taquari – Goiás e Mato Grosso do Sul	51
Figura 8: Mapa – Área do Projeto REDD+ RESEX Rio Preto Jacundá - Rondônia	52
Figura 9: Divisão em classes dos temas a partir da análise lexicográfica dos projetos e contratos internacionais da empresa <i>Frontier Climate</i> realizados entre 2022 e 2023 gerado pelo software Iramuteq.	59
Figura 10: Gráfico de similitude da análise lexicográfica dos projetos e contratos internacionais da empresa <i>Frontier Climate</i> realizados entre 2022 e 2023 gerado pelo software Iramuteq ...	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: N° e área dos estabelecimentos agropecuários familiares e não-familiares por grande região brasileira	14
Tabela 2: Arcabouço legal para o meio ambiente no Brasil	28
Tabela 3: Resultados de emissões de gases de efeito estufa (milhões de toneladas de CO ₂ eq) em 2020, por setor	41
Tabela 4: Projetos no mercado voluntário de carbono no Brasil e ano de encerramento, por setor e bioma	47
Tabela 5: Área (ha) e estimativas de redução (tCO ₂ .e ⁻¹) de projetos no mercado voluntário de carbono no Brasil	48
Tabela 6: Exemplos de Projetos no Mercado Voluntário de Carbono no Brasil	49
Tabela 7: Lista de Projetos de Compromisso Antecipado de Mercado (CAM) gerado a partir da sistematização dos dados disponíveis na plataforma digital da empresa Frontier Climate com vigência de atuação de 2022 a 2023.....	54

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 1	7
METODOLOGIA	7
CAPÍTULO 2	10
AGRICULTURA, AGROECOLOGIA E POLÍTICAS SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS	10
2.1 Agriculturas	10
2.2 Agroecologia e Remineralizadores	17
2.3 Políticas sobre mudanças climáticas	20
CAPÍTULO 3	23
ANÁLISE DA LEGISLAÇÃO SOBRE O MERCADO DE CARBONO NO BRASIL	23
CAPÍTULO 4	34
RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1 Mercado Global de Carbono	34
4.2 Mensuração de emissões e os desafios para o setor agropecuário brasileiro	39
4.2 Estoque Médio de Carbono Orgânico nos Biomas brasileiros	44
4.3 Exemplos de Projetos do Mercado Voluntário de Carbono no Brasil	47
4.4 Exemplos de Projetos do Mercado Voluntário de Carbono nos biomas Pantanal, Cerrado e Amazônia	49
4.4 Exemplos de Projetos internacionais de Mercado voluntário de carbono	53
CAPÍTULO 5	62
5. O POTENCIAL DE ENVOLVIMENTO DA AGRICULTURA FAMILIAR NO MERCADO DE CARBONO	62
CONSIDERAÇÕES FINAIS	69
Referências Bibliográficas	72

INTRODUÇÃO

No contexto da emergência climática mundial, muitos países têm se dedicado a encontrar formas de viabilizar suas atividades comerciais a partir do uso da terra, sem deixar de considerar as fragilidades dos sistemas ambientais envolvidos na exploração econômica, de modo a permitir a continuidade das atividades, mas, incluindo mitigação dos efeitos dessas atividades e os graves impactos ao ambiente, sobretudo os efeitos climáticos extremos (ONU, 2020).

Pode-se dizer que as mudanças climáticas converteram-se no assunto do século XXI e a relevância do tema é sistematicamente lembrada nos frequentes eventos catastróficos para a sociedade, por exemplo, pandemias, crises econômicas, crises hídricas, conflitos geopolíticos, escassez de alimentos, entre outros (FAO, 2019). Contudo, a discussão acerca das mudanças do clima tem sido evidenciada por suas consequências, tais como, o aumento recorde de temperaturas anuais (Rosenzweig), os crescentes desastres naturais, a perda da biodiversidade pela ação antrópica que estão cada vez mais recorrentes e notórias (Theodoro, Leonardos, 2021) Essas discussões destacam que os Gases causadores do Efeito Estufa (GEE) no planeta possuem efeito cumulativo e vêm ocorrendo desde a fase pré-industrial (século XIX). As causas geogênicas (geológicos) são discutidas em contraponto as causas antropogênicas. Não há consenso sobre este tema (Alcântara et al., 2020).

De toda forma, para vencer o desafio de encontrar novos caminhos que soluções para a crise climática deve agregar uma série de fatores tais como mudança cultural, fontes de energia, hábitos de consumo e prioridades produtivas. Os estudos do Painel Intragovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) trazem evidências de que se não houver mecanismo e políticas públicas para mudar a trajetória de geração de GEE, o clima do planeta poderá sofrer aquecimento de 3,2°C no final do século (IPCC, 2023).

É importante destacar que os conflitos gerados a partir da constatação da existência do desequilíbrio no clima global têm sido abordados no âmbito das Conferências das Nações Unidas para Mudanças Climáticas (COP's), organizadas pela ONU e outros encontros econômicos (Fórum Econômico Mundial) entre outros. Diversas evidências permitiram identificar as causas do aumento excessivo da temperatura nos últimos anos. Entre outros pontos, tem se verificado o crescimento das emissões dos GEEs, especialmente provenientes da intensificação das atividades produtivas industriais, que vem aumentando desde o século XIX e que contribuem fortemente para as mudanças climáticas no mundo (ONU, 2020).

Um dos principais acordos resultantes das COP's foi o Protocolo de Quioto, estabelecido em 1997 e ratificado em 2005, com vigência até 2012 (primeiro período). As ações previstas neste Protocolo indicavam mecanismos possíveis para facilitar a redução dos GEEs, bem como normativas orientadoras para os países signatários. Esse acordo abriu precedentes jurídicos para a criação de novas legislações voltadas para a regulamentação das atividades comerciais causadoras do desequilíbrio climático (Anis; Carducci; Ruviano, 2022).

Nesse sentido, o debate entre os países sobre o tema abriu espaço para a criação de alternativas de desenvolvimento de cunho mais sustentável. Esse novo arranjo buscou manter o funcionamento competitivo das atividades econômicas e dos mercados, considerando ações de austeridade ambiental, sobretudo no que tange ao controle da temperatura. No entanto, a persistência do consumo exacerbado dos recursos naturais, o desenvolvimento desigual entre as nações e a manutenção de atividades poluidoras têm se convertido nos principais impedimentos para a reversão do problema, uma vez que o tempo para as ações de mitigação tem se revelado curto frente à elevação da temperatura (Rosenzweig et. al, 2020).

Diferentes aspectos e realidades influenciam a adesão aos mecanismos sugeridos para a redução do problema, entre os quais se destacam as demandas consideradas fundamentais para a sobrevivência humana, tais como a alimentação, moradia, saúde, dignidade etc. (ONU, 2012).

Os estudos e dados do IPCC (2023) vinculam tais mudanças ao longo dos últimos anos e vinculam às mudanças ao desenvolvimento industrial, particularmente dos países mais ricos do mundo, o que causa, indistintamente, a redução do bem-estar climático do planeta. Ainda que não haja consenso sobre as responsabilidades das nações, existe forte indicação de que a riqueza dos países industrializados derivou da expropriação predatória dos recursos naturais, sobretudo os recursos retirados dos países menos desenvolvidos (Galeano, 1971; Theodoro, Leonardos, 2021). Importante destacar que também fazem parte dos países industrializados aquelas nações que se encontram em um processo econômico em transição para o capitalismo, como a China, por exemplo (Hung, Tsai, 2021).

O Protocolo de Quioto previu três mecanismos para redução das emissões dos GEEs, sendo que apenas o Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL) permitiu a participação dos países em desenvolvimento, sobretudo como vendedores de créditos de carbono (Ministério do Meio Ambiente (MMA, 1997). Em seu art. 12º, o Protocolo de Quioto tratou do MDL, como forma de compensar o impacto ambiental que o processo econômico-produtivo, conduzido pelos países desenvolvidos, causa nos biomas e no restante do planeta. Nesse contexto, passou-se a propor a formalização de um Mercado de Carbono (MC), por meio do qual se pode realizar transações dos créditos certificados de redução de emissões dos gases danosos à atmosfera, tais

como o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O), que são os principais GEEs. No Brasil, a criação desse mercado está prevista na Lei 12.187/09, Art. 11 § Único, a qual instituiu a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC (Brasil, 2009).

Segundo o texto legal, as empresas que ultrapassarem a cota de emissão de GEE - segundo padrão estabelecido no Protocolo de Quioto - em decorrência das suas atividades comerciais, podem comprar os créditos dos empreendimentos que, por outro lado, não atingiram o teto permitido das emissões ou possuem mecanismos de captura de carbono e, portanto, possuem excedentes que permitem a comercialização do quantitativo que deixaram de emitir ou capturaram (Brasil, 2009).

Apesar dessa previsão legal, no Brasil ainda não há um mercado regulamentado para essa finalidade. Apesar disso, algumas empresas já negociam créditos no âmbito do Mercado de Carbono Voluntário (MCV), o qual exige uma formalidade por parte do governo do país signatário, como é o caso do Brasil (Banco Mundial, 2023). Esta opção vem se tornando uma ferramenta promissora para amenizar o aumento da temperatura no planeta, conforme pactuado nos últimos encontros mundiais, sobre o tema das mudanças climáticas. Em que pese as inúmeras ressalvas e críticas de diferentes especialistas mundo afora, sobre a eficiência dessa iniciativa para contribuir com a redução dos efeitos da elevação da temperatura, este mercado tem crescido rapidamente (Besen et al., 2018).

Considerando as inúmeras questões envolvidas neste novo mercado de negócios envolvendo a crise climática, torna-se necessário investigar o cenário das organizações que viabilizam as transações no MC, identificando e analisando quem são os personagens principais, as empresas e setores envolvidos, o que elas vendem, quais são as metodologias, qual o seu segmento comercial, porte, natureza jurídica e faturamento.

Mesmo sendo este um segmento promissor para o Brasil, segundo Santilli (2023), os exemplos de créditos negociados no MC tem se revelado negativo no âmbito socioambiental, pois muitas entidades compradoras e vendedoras dos créditos agem de forma duvidosa junto às comunidades tradicionais e indígenas, que vivem em territórios onde a preservação ambiental é identificada como um patrimônio dessas populações, pois, não raro, têm sido vítimas de práticas de assédio, com ofertas de recursos vultosos, que dificilmente chegarão aos reais protetores de muitas áreas ainda preservadas.

Nesse aspecto, é relevante conhecer o perfil dos atores atuantes nesse mercado, para compreender em que nível as atividades por eles desenvolvidas no meio rural tem real potencial para contribuir com a redução dos efeitos das mudanças climáticas no planeta.

No momento atual, pode-se afirmar que o Brasil e outros países que atuam no segmento de compra e venda de carbono ainda precisa evoluir de forma significativa, uma vez que apesar das recorrentes vinculações de negócios - ditos sustentáveis e aderente às novas exigências climáticas, o processo de mitigação ou redução dos efeitos dos GEEs, da temperatura global não está sendo revertido, pelo contrário, tem sido acelerado (IPCC, 2019).

Provavelmente, porque, apesar dessa iniciativa ter um potencial significativo, a regulamentação internacional apresenta várias lacunas, entre as quais se pode destacar a situação mercadológica dos créditos de carbono, já que as transações ocorrem no mundo fático e movimentam significativas quantias em recursos nas bolsas de valores, desde 2011, beneficiando, especialmente as empresas intermediárias, denominadas corretoras, que realizam o intercâmbio (Gonçalves, Vecchia, 2022).

No caso do Brasil, outro aspecto que precisa ser considerado refere-se aos pressupostos estabelecidos pela legislação ambiental, especialmente após a criação da Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA) - Lei 6.938/1981, onde se tem priorizado o entendimento de penalizar o poluidor, em lugar de compensar o protetor (Theodoro, Barros, 2011).

Portanto, existe um histórico de preservação ambiental pautado na penalização ou compensação financeira como forma de frear ações nocivas ao meio ambiente, seja por multa, perda da propriedade (função socioambiental) ou outros mecanismos de comando e controle. Dentre os mecanismos, previstos na legislação, destacam-se os princípios do poluidor-pagador, usuário-pagador e o princípio da responsabilidade ambiental objetiva (Theodoro, Barros, 2011). Em grande parte, os efeitos dessas regras são lentos e, em muitos casos, não têm surtido os resultados esperados.

Em que pese as inúmeras e contraditórias condicionantes, informações e normativas relacionadas ao mercado de carbono, o principal problema investigado na presente dissertação refere-se à capacidade que este mecanismo possui para facilitar ou mesmo mitigar os efeitos dos GEEs e de mitigar a crise climática no planeta, já que os posicionamentos sobre a sua eficácia variam entre positiva e negativa. De um lado, a percepção de que o mercado é promissor e tem potencial apesar de apresentar desafios quanto à quantificação (Anis, Carducci, Ruviano, 2022); de outro, a ideia de ser ele mais uma modalidade de exploração econômica que marginaliza e pressiona as populações da floresta e os povos camponeses, sem que haja mudança climática efetiva (Santilli, 2023, Moreno; Packer, 2021).

Considerando tais aspectos, o objetivo dessa dissertação é analisar a legislação acerca do mercado de carbono no âmbito brasileiro, a fim de compreender o seu desenvolvimento normativo e as possibilidades de sua implementação no Brasil, sobretudo no que tange ao

acesso dos empreendimentos agrícolas, em particular aqueles que se utilizam de remineralizadores de solo.

Como objetivos específicos buscou-se abordar os seguintes aspectos: (i) a construção da legislação que visa regular o mercado de carbono no Brasil; (ii) os contratos de compra e venda de créditos de carbono em projetos desenvolvidos em diferentes biomas brasileiros e no exterior; e (iii) as opções que se abrem para a inserção da agricultura familiar no referido mercado, considerando o uso de remineralizadores de solo como prática agrícola capaz de capturar carbono por meio do intemperismo aprimorado de rochas

Em que pese a diversidade e as especificidades do meio rural brasileiro, no contexto da presente pesquisa, a agroecologia servirá como orientador do caminho necessário para que se possa sugerir mecanismos e inovações relacionadas ao mercado de carbono, no âmbito dos pequenos negócios ou da agricultura familiar. Neste sentido, ao final da pesquisa buscou-se discutir os mecanismos e parâmetros mercadológicos que possam inserir a diversidade das realidades camponesas¹, viabilizando o acesso dos empreendimentos de pequeno porte (mas que desenvolvem práticas compatíveis com a preservação dos ecossistemas e do equilíbrio climático) no sistema de créditos de carbono. Em especial, pretendeu-se fazer uma reflexão acerca do uso de técnicas e insumos menos impactantes ao equilíbrio climático do planeta, especificamente da tecnologia da rochagem.

A pesquisa é de caráter exploratório acerca do tema relativo ao mercado de carbono, para fins de compreender o seu desenvolvimento ao longo do tempo e os motivos pelos quais ele foi criado, possibilitando conhecer mais profundamente o arcabouço jurídico (nacional e internacional) que o rege. Portanto, a pesquisa também teve a função de evidenciar quem são as entidades envolvidas na discussão acerca das mudanças climáticas; analisar os tratados internacionais que culminaram na Conferência das Partes e, posteriormente, os acordos que deram origem ao sistema mercadológico dos créditos de carbono, como o Protocolo de Quioto e o Acordo de Paris.

Particularmente no Brasil, buscou-se compreender a posição e as propostas construídas para atender as demandas e o cenário. Conhecer as principais leis nacionais em defesa do meio ambiente e criadoras de sistemas ambientais importantes, tais como a 6.938/1981 (Política Nacional de Meio Ambiente) e a 12.187/2009 (Política Nacional de Mudanças Climáticas),

¹ Há dificuldades nas bases conceituais acerca do termo camponês (ou campesinato), com isso foi adotado na CCV (Comissão Camponesa da Verdade) no sentido de todos que vivem, dependem ou tiram o seu sustento do trabalho no campo, incluindo posseiros, sem-terra, quilombolas, caiçaras, assalariados, agricultores familiares, ribeirinhos, extrativistas, populações tradicionais, entre outros grupos sociais do campo (SAUER, 2013). Para informações complementares acesse: <http://cnv.memoriasreveladas.gov.br/>.

buscando adentrar o tema sobre a legislação do Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE), compreendida pelos Projetos de Lei 290/2020, 528/2021, 4.088/2021, 155/2023 e PL 2.148/2015 Decreto 11.550/2023 (Brasil, 2023).

Nesse sentido, procurou-se compreender em que medida as transações comerciais dos créditos de carbono por camponeses que utilizam manejo agroecológico do solo, podem representar mudanças positivas para controlar a temperatura e o clima. Isto porque o setor da agropecuária tornou-se um dos setores econômico/produtivos com maior busca a aderência ao mercado de créditos de carbono, mesmo sendo, segundo o Observatório do Clima (2023), o setor que mais contribui com as emissões de GEEs.

Apesar da contradição, e em função da importância econômica desse segmento, o Brasil vem buscando implementar uma legislação que possa favorecer os setores produtivos, mas, também, as iniciativas que se revertam em boas práticas e que sejam capazes de mudar o uso dos recursos naturais. A pesquisa buscou ainda analisar o cenário internacional em relação as novas tecnologias para captura de carbono, que vêm auxiliando na mitigação das mudanças climáticas, como a tecnologia da rochagem.

A dissertação está dividida em capítulos. O Capítulo 1 aborda a metodologia de pesquisa. No capítulo 2 é feita uma retrospectiva da agricultura brasileira e, em particular da agricultura familiar e de práticas agroecológicas (rochagem entre outras) considerando o tema das políticas sobre mudanças climáticas. O capítulo 3 faz uma análise das propostas de legislações que tramitam no Congresso nacional e que visam instituir o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE). O Capítulo 4 apresenta e discute alguns exemplos de projetos e tecnologias (nacionais e internacionais) que buscam já participar do mercado de carbono voluntário ou regulado. No capítulo 5, discute-se em que medida a agricultura familiar poderá se beneficiar e contribuir com a redução das emissões de carbono negociadas neste novo mercado e o papel dos remineralizadores de solo para fortalecer as iniciativas brasileiras. Por fim são apresentadas as considerações finais.

CAPÍTULO 1

METODOLOGIA

O processo de identificação das bases de dados de interesse foi desenhado a partir da ocorrência das palavras-chave (descritores) como GEE, Mudanças Climáticas, Legislação Ambiental (em Português e Inglês) em diversos repositórios de dados na internet (SEEG, IBGE, Observatório do Clima, repositórios – Scopus) relacionados ao tema desta dissertação. Em relação aos dados secundários, foi realizada pesquisa documental em órgãos oficiais, como Censo Agropecuário de 2017 (IBGE), Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Observatório de Conhecimento e Inovação em Bioeconomia da Fundação Getúlio Vargas (FGV), Federação Brasileira de Bancos (FEBRABRAN) e o Sistema de Registro Nacional de Emissões (SIRENE)², visando analisar as opções para a inserção da Agricultura Familiar ou pequenos empreendimentos no âmbito do mercado de carbono.

Utilizou-se a Plataforma VERRA (<https://verra.org/programs/verified-carbon-standard/>) a fim de apresentar exemplos de projetos brasileiros no mercado voluntário de carbono inseridos nos biomas Cerrado, Amazônia e Pantanal com um filtro para “Agricultura, Silvicultura e uso da terra” (AFOLU), Florestação, Reflorestamento e Revegetação (ARR), Emissões Reduzidas por Desmatamento e Degradação (REDD e REDD+), Conversão Evitada de pastagens e matagais (ACoGS) e Melhor Gestão Florestal (IFM) que inclui a conservação e o aumento dos estoques de carbono florestal e o manejo sustentável das florestas.. Os dados foram analisados entre 2022 e 2023

A VERRA é uma plataforma de certificação que atua principalmente no mercado voluntário de carbono. O sistema disponibiliza padrões e dados para a realização de projetos que geram créditos de carbono. O *Verra Registry*³ é o repositório central de todas as

² Trata-se de um sistema computacional cujo objetivo principal é disponibilizar os resultados do Inventário Nacional de Emissões Antrópicas por Fontes e Remoções por Sumidouros de Gases de Efeito Estufa não Controlados pelo Protocolo de Montreal. Nele também são disponibilizadas as informações relacionadas a outra iniciativa de contabilização de emissões, as Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/cgcl/paginas/sistema-de-registro-nacional-de-emissoes-sirene>

³ Para iniciar um projeto de créditos de carbono, é preciso preparar um estudo multidisciplinar de viabilidade daquela iniciativa, com atuação de vários profissionais, para dizer se determinado projeto é capaz ou não de mitigar a emissão de carbono na atmosfera ou captar carbono. Esse relatório é incluído na plataforma VERRA como um “*Job Description*” e representa um primeiro passo no credenciamento. Nesse ponto o projeto já pode ser financiado por quem se propõe a comprar os créditos dessa iniciativa.

informações e documentações relacionadas aos projetos e unidades que estão registrados (Verra, 2024, tradução pessoal).

Existem várias plataformas que atuam como certificadoras como, a Gold Standard (GS), Social Carbon, Global Carbon Council (GCC), contudo, a utilização da plataforma VERRA se justifica devido ao perfil da Gold Standard que é aplicável, maioritariamente, a projetos de eficiência energética. A plataforma escolhida inclui projetos agropecuários, florestais e de uso da terra, de transporte e manuseio e de descarte de resíduos.

Os projetos no mercado voluntário de carbono no Brasil têm como principais desenvolvedores/proponentes as organizações sem fins lucrativos ou empresas do setor privado. As principais empresas desenvolvedoras/proponentes de projetos que foram apresentados nessa pesquisa são *Sustainable Carbon*, *Carbonext* e *Biofilica Investimentos Ambientais*. As duas últimas têm como especialidade o desenvolvimento de projetos do tipo REDD+ (ambas em 2021). Ressalta-se, ainda, a participação de empresas estrangeiras como desenvolvedoras de projetos no Brasil, a italiana *Carbon Credits Consulting* e as americanas *CarbonCo*, *Carbon Securities* e *Ecosystem Services*, que também atuam como proponentes de projetos florestais.

No que diz respeito à regulamentação do mercado de crédito de carbono, esta dissertação usou como referência documentos e textos produzidos pela Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados (Leite 2023), da área de meio ambiente e direito ambiental e pelo Observatório do Clima (OC)⁴, onde são apontados benefícios para a economia brasileira com a regulamentação do mercado.

Para além disso, foram sistematizados e analisados contratos internacionais de Compra Mínima Garantida (*offtake*) de financiamento de pesquisas destinadas à captura de carbono. Para analisar a dinâmica das relações comerciais dos créditos de carbono, foram sistematizados e analisados 30 contratos e projetos realizados entre 2022 e 2023. A fonte dos contratos foi a plataforma virtual da *Frontier Climate*⁵, onde são disponibilizados os projetos e contratos financiados pela Empresa.

Os dados obtidos a partir dos contratos foram tratados no software e analisados qualitativamente. Para realização da análise foram considerados parâmetros como local de implantação do projeto, tipo de tecnologia aplicada e redução estimada/quantidade de CO₂

⁴ Para mais informações sobre os dados do Observatório do Clima, consulte: https://oc.eco.br/wp-content/uploads/2023/10/Nota-Tecnica_-O-Brasil-conseguira-cumprir-sua-nova-velha-NDC-em-2025_v.finalcapa.pdf

⁵ Plataforma virtual da *Frontier Climate* <https://github.com/frontierclimate>.

capturado. A partir do uso do *software* Iramuteq⁶ foram geradas figuras que retrataram a análise lexicográfica dos contratos e projetos da *Frontier Climate*, por meio da análise de conteúdo dos documentos, que evidenciam indicadores para observar padrões, similaridades e diferenças entre eles.

O *software* Iramuteq caracteriza-se pelo rigor estatístico, análise de grande volume de dados, objetividade, diferentes possibilidades de análises, a interface simples e a gratuidade. Seu ferramental permite ao pesquisador analisar estatísticas sobre *corpus* textuais, com o intuito de comparar e relacionar variáveis específicas presentes no texto, ampliando sua visão para possíveis níveis de categorização e tomada de decisão (Camargo; Justo, 2013).

⁶ Para mais informações sobre o *software*, acesse: Iramuteq (http://www.iramuteq.org/front-page/presentation_view).

CAPÍTULO 2

AGRICULTURA, AGROECOLOGIA E POLÍTICAS SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS

2.1 Agriculturas

Entre os séculos XVIII e XIX, a Revolução Industrial se estabeleceu no mundo e, mais tarde, no século XX, o Brasil sentiu seus impactos, principalmente quando a população rural foi compelida a migrar para as cidades (Szmrecsányi, 1990).

Neste processo uma série de grupos sociais foram definidos. De um lado, os que possuíam uma relação de afeto e subsistência com o território ocupado, de outro, segmentos empresariais que utilizavam a terra tão somente para exploração econômica (Ribeiro, 1995).

Ainda que as injustiças relacionadas aos mecanismos de posse das terras tenham resultado (e sido recorrentes) de um processo histórico desde a chegada dos colonizadores, ele foi agravado ao longo desse período, particularmente após a instituição da Lei de Terras (Lei no 601, de 18 de Setembro de 1850)⁷ por meio da qual o país oficialmente optou por ter a zona rural dividida em latifúndios, e não em pequenas propriedades (Senado Federal, 2020). Entre alguns pontos, essa legislação estabeleceu mecanismos que tornaram a terra uma mercadoria. Esta forma de uso e posse da terra foi aprovada por parlamentares, em grande parte descendentes da elite rural, que possuía fortes interesses na perpetuação do latifúndio (Westin, 2020).

A Lei de Terras foi estratégica ante a iminente abolição da escravidão no Brasil (1888), já que, em grande medida, a elite rural substituir a mão-de-obra da população negra e indígena que vinha sendo mantida escravizada (Westin, 2020). Tratou-se, segundo Theodoro (2021), de uma forma de adaptação do sistema capitalista às novas regras para se manter vivo. A abolição simulou a suposta libertação, quando, na verdade, a situação de trabalho escravo permaneceu (Theodoro, 2021).

Para além das modificações de acesso à terra e do trabalho mal remunerado, o final do século XIX também produziu um novo perfil socioeconômico no campo. Somando-se o imenso grupo de escravos libertos e abandonados à própria sorte, indígenas encurralados em áreas

⁷ Lei no 601, de 18 de Setembro de 1850: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/10601-1850.htm#:~:text=L0601%2D1850&text=LEI%20No%20601%2C%20DE,sem%20preenchimento%20das%20condi%C3%A7%C3%B5es%20legais.

remotas, a mão de obra rural passou a contar com os imigrantes europeus e asiáticos, que já não possuíam condições de participarem da industrialização/urbanização da Europa (Westin, 2020).

O termo camponês, muitas vezes utilizado para definir a agricultura familiar, surgiu na Europa a partir da transformação do sistema feudal da serventia” (Abramovay, 1998). Embora o modo do camponês brasileiro usar e ocupar a terra se aproxima do modo do camponês europeu, no Brasil essa expressão corresponde a uma categoria política e não científica, porque está associada às “reivindicações da esquerda latino-americana em torno dos camponeses” (Sabourin, 2009). Segundo Seyferth (2011), a economia camponesa não pode ser vista apenas como resquício de um passado pré-capitalista. Para a autora, a multiplicidade dos dados empíricos mostra que ela se insere no sistema mundial de modo específico e a partir de suas próprias demandas. E, ainda lembra que campesinato, tem como base econômica o trabalho dos membros da família, mas, que não se restringe apenas a proprietários, mas também aos que obtêm a posse, como os sem-terra acampados, em reivindicação por reforma agrária, os assalariados da agroindústria (Seyferth, 2011).

Esse entendimento também é compartilhado por Wanderley (2014), que defende que o campesinato é acima de tudo uma classificação política e acadêmica, que possui reconhecimento conceitual de produtores familiares. Segundo ela:

[...] o campesinato corresponde a uma forma social de produção, cujos fundamentos se encontram no caráter familiar, tanto dos objetivos da atividade produtiva – voltados para as necessidades da família – quanto do modo de organização do trabalho, que supõe a cooperação entre os seus membros. A ele corresponde, portanto, uma forma de viver e de trabalhar no campo que, mais do que uma simples forma de produzir, corresponde a um modo de vida e a uma cultura”.

Nesse aspecto, o campesinato pode ser entendido como um movimento político soberano na América Latina que luta pela melhoria das condições de vida das populações que vivem no campo e, principalmente, pelo acesso à terra. É um grupo social que colabora economicamente com a realização de um serviço essencial para a organização do país, em contraste com a produção agrícola de larga escala concentrada nas mãos da elite (Prado Júnior, 2011). Corroborando com essa perspectiva, Schneider, Nierdele (2008) esclarece que deve haver uma distinção entre as categorias de agricultores familiares e de camponeses:

[...] para efeito de sua compreensão teórica e conceitual é preciso distinguir camponeses de agricultores familiares e mostrar que suas características, seu modo de existência e sua forma de reprodução obedecem a características socioculturais e a uma racionalidade econômica que não são análogas. Embora mantenham semelhanças entre si, como a propriedade de um pequeno porte de terra, o uso predominante do trabalho da família na execução das tarefas produtivas, o acesso à terra mediante a herança, a manutenção dos vínculos sociais assentadas em relações de parentesco, entre outras, **o traço fundamental que distingue os agricultores familiares dos camponeses assenta-se no caráter dos vínculos mercantis e das relações sociais que estabelecem**

à medida que se intensifica e se torna mais complexa a sua inserção na divisão social do trabalho, ou seja, é o maior envolvimento social, econômico e mercantil que torna o agricultor familiar, ao mesmo tempo, mais integrado e mais dependente em relação à sociedade que lhe engloba (Schneider, Nierdele, 2009, p. 994). **Destaque da autora.**

Este aspecto é corroborado por Veiga (2002) que menciona que o processo de consolidação da industrialização e implementação do modelo produtivo associado à Revolução Verde, que ocorreu entre as décadas de 1950 e 1960, seguido do processo migratório rural – urbano, que surgiu principalmente nas décadas de 1960 e 1980, onde milhares de pessoas saíram do campo e migraram para os grandes centros urbanos, em busca de melhores condições de vida.

A partir de 1950 (período pós-guerra), a Revolução Verde modificou completamente o meio rural. Os latifúndios sistematicamente converteram-se em empresas agrícolas, o que foi facilitado por seu poder de compra para investir em novas tecnologias, ao passo que o direito à propriedade da terra pelos camponeses se tornou mais difícil, tendo em vista a sua supervalorização (Fernandes, 2001). A rotina das famílias trabalhadoras do campo e a natureza (fauna, flora, solo, águas) foram afetadas pela introdução de diferentes técnicas, produtos químicos e produção intensificada (Silva, 2013).

Autores como Chayanov (1981) e Kautsky (1986) estudaram os reflexos do capitalismo na agricultura e observaram que as famílias produtoras agrícolas, no contexto europeu (Inglaterra e Prússia), as quais necessitavam de renda extra fora das propriedades rurais nas quais estavam inseridas (normalmente pequenas), buscavam emprego nas grandes propriedades rurais industrializadas. Essa era a lógica capitalista, a dependência.

No Brasil a compreensão sobre a realidade das famílias que ocupavam pequenas propriedades foi observada pelos autores Silva et al (1983) quando analisaram a renda e a estrutura de poder no Brasil. O assalariamento é o grande divisor de águas na economia rural, não só na classificação dos camponeses, como, também, na nomenclatura. Os boias-frias (assalariados rurais que moram nas periferias e trabalham no campo), colonos, caboclos, meeiros, foreiros, sitiantes (pequenos produtores com diferentes formas de acesso à terra), os sem-terra (que reivindicam reforma agrária), os quilombolas, os indígenas fazem parte da categoria relativa à agricultura familiar (Seyferth, 2011).

No entanto, mesmo desempenhando papel imprescindível para o funcionamento das cidades, e mesmo dominando técnicas ancestrais para manejo adequado do solo, no enfrentamento das intempéries, a agricultura familiar tem anseios mais ambiciosos do que somente o acesso à terra. A dificuldade de estar no campo em situações de indignidade leva as

famílias agricultoras a buscarem renda extra ou complementar fora de seus estabelecimentos. Tal condição de pluriatividade, ou agricultura de tempo parcial, revela o quanto esse grupo é impactado pela industrialização, tornando-se uma, dentre outras maneiras de obter renda (Wanderley, 2014; Schneider, 2008).

Um estudo realizado na Espanha sobre a escassez de jovens interessados pela agricultura e as incertezas no processo de sucessão geracional constatou que os principais motivos da evasão da juventude para as cidades são a falta de investimento governamental e o precário acesso à terra e, não menos importante, a falta de infraestrutura no campo. A debilidade dos serviços públicos para cuidados com crianças e idosos na área rural levam as mulheres (principalmente) às cidades em busca de empregos e melhor qualidade de vida (Silva et al 2023).

No Brasil, a Lei 11.326, de 24 de julho de 2006, estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais. Basicamente, a norma regulamenta as características da agricultura familiar para fins de formulação de políticas públicas voltadas para o fortalecimento do segmento na produção e, conseqüentemente, na existência da categoria. O Art. 3º desta Lei, considera “agricultor familiar e empreendedor familiar rural” aquele que pratica atividades no meio rural, atendendo, simultaneamente, aos seguintes requisitos:

- I - Não detenha, a qualquer título, área maior do que 4 (quatro) módulos fiscais;
- II - Utilize predominantemente mão-de-obra da própria família nas atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento;
- III - tenha renda familiar predominantemente originada de atividades econômicas vinculadas ao próprio estabelecimento ou empreendimento;
- III - tenha percentual mínimo da renda familiar originada de atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento, na forma definida pelo Poder Executivo; (Redação dada pela Lei nº 12.512, de 2011);
- IV - Dirija seu estabelecimento ou empreendimento com sua família.

O § 2º da Lei ainda define quem são seus beneficiários:

- I - Silvicultores que atendam simultaneamente a todos os requisitos de que trata o caput deste artigo, cultivem florestas nativas ou exóticas e que promovam o manejo sustentável daqueles ambientes;
- II - aqüicultores que atendam simultaneamente a todos os requisitos de que trata o caput deste artigo e explorem reservatórios hídricos com superfície total de até 2ha (dois hectares) ou ocupem até 500m³ (quinhentos metros cúbicos) de água, quando a exploração se efetivar em tanques-rede;
- III - extrativistas que atendam simultaneamente aos requisitos previstos nos incisos II, III e IV do caput deste artigo e exerçam essa atividade artesanalmente no meio rural, excluídos os garimpeiros e fiscoadores;
- IV - Pescadores que atendam simultaneamente aos requisitos previstos nos incisos I, II, III e IV do caput deste artigo e exerçam a atividade pesqueira artesanalmente.
- V - Povos indígenas que atendam simultaneamente aos requisitos previstos nos incisos II, III e IV do caput do art. 3º; (Incluído pela Lei nº 12.512, de 2011)

VI - Integrantes de comunidades remanescentes de quilombos rurais e demais povos e comunidades tradicionais que atendam simultaneamente aos incisos II, III e IV do caput do art. 3º. (Incluído pela Lei nº 12.512, de 2011).

Com base nessa legislação, são mostrados os dados do Censo Agropecuário do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2017. A Tabela 1 apresenta a distribuição espacial dos estabelecimentos agropecuários e aquícolas, segundo os dados pelos critérios da Lei 11.326 de 2006. Os dados revelaram que o Brasil tem em torno de 5,07 milhões de estabelecimentos agropecuários, ocupando 351 milhões de ha e cerca de 3.897.408 (três milhões, oitocentos e noventa e sete mil, quatrocentos e oito) estabelecimentos agropecuários atenderam aos critérios para serem classificados como Agricultura Familiar (B), o que representa 77% do total de estabelecimentos rurais brasileiros e ocupa 80,9 milhões de ha de área, representando 23% do total de estabelecimentos rurais do país. Ela contribui com 23% de toda produção agropecuária do país (Tabela 1).

Uma pequena parcela desses estabelecimentos é classificada como de produtores sem área (1,4%). Esse grupo inclui produtores em terras arrendadas, ocupadas ou em parceria, além de extrativistas, produtores de mel, criadores de animais em beira de estrada, produtores na vazante de rios, roças itinerantes e em beira de estrada; que se concentram em sua maioria nas Regiões Nordeste e Norte do país (IBGE, 2017).

Tabela 1: Nº e área dos estabelecimentos agropecuários familiares e não-familiares por grande região brasileira

Região	Número de estabelecimentos (Unidades)			Área dos estabelecimentos (Ha)		
	Total (A)	Familiar (B)	% (B/A)	Total (A)	Familiar (B)	% (B/A)
Norte	580.613	480.575	83%	65.213.349	19.767.199	30%
Nordeste	2.322.719	1.838.846	79%	70.893.865	25.925.743	37%
Sudeste	969.415	688.945	71%	60.302.969	13.735.871	23%
Sul	853.314	665.767	78%	42.875.310	11.492.520	27%
Centro-Oeste	347.263	223.275	64%	112.004.322	9.969.750	9%
Brasil	5.073.324	3.897.408	77%	351.289.815	80.891.083	23%

Fonte: Censo Agropecuário, 2017.

Em que pese os destaques para as dificuldades que o agricultor enfrenta no campo, os dados negam a relação de ineficiência e pobreza com a categoria, pois não se pode afirmar que o agricultor familiar é sempre pequeno e pobre (Schneider, 2003).

Mas, também, é importante lembrar da força que possuem os movimentos sociais e populares pela promoção dos direitos dos trabalhadores rurais, como a Marcha das Margaridas⁸ (Moreira e Theodoro, 2023) e o Movimento dos Trabalhadores Sem-Terra (MST). O primeiro, converteu-se no maior movimento de mulheres da América Latina e visa o reconhecimento dos direitos das mulheres trabalhadoras rurais para igualdade salarial, benefício previdenciário, direitos igualitários e combate ao assédio sexual e a violência (Moreira, 2019); o segundo representa o maior e mais proeminente movimento social da América Latina, e seus esforços contínuos para combater os padrões históricos de desigualdade no Brasil rural (Carter, 2010).

O que os dois movimentos têm em comum é a luta pelos direitos de trabalhadores e trabalhadoras rurais, sobretudo pelo direito ao território e à qualidade de vida. Além disso, defendem os cuidados com a terra e os recursos naturais, já que tais aspectos convertem-se em uma forte razão de ser e estar no mundo das famílias camponesas. A 1ª edição da Marcha das Margaridas, em 2000, reuniu, aproximadamente, 20 mil mulheres (Moreira, Theodoro, 2019). Já em 2023, o número passou de 100.000 mulheres⁹ em marcha em Brasília com o lema “pela reconstrução do Brasil e pelo Bem Viver”. A agroecologia tornou-se um lema a partir do momento em que o conceito formal e empírico se encontra no cotidiano das mulheres rurais, que já a praticavam em seus quintais e demais áreas produtivas. O foco não é exclusivo na produção, mas, também, na sustentabilidade ecológica e socioeconômica do sistema de produção (Moreira, Theodoro, 2019).

A discussão acerca da oferta de alimentos à população mundial tem sido pauta na agenda global. A agricultura familiar constitui-se como um setor vital nessa tarefa, dados os seus altos níveis de produção amplamente diversificados (Larson et al., 2016; Berchin et al., 2019). De acordo com a FAO (2018), o setor engloba cerca de 500 milhões de propriedades no mundo, gerando subsistência a quase dois bilhões de pessoas. Segundo os dados MAPA e IBGE (2017; 2018), esse tipo de agricultura tem importante participação no fornecimento dos alimentos no mercado interno brasileiro, sendo o setor com mais de 70% da mão de obra agrícola do país.

Considerando esse papel estratégico da agricultura familiar, muitos autores, entre os quais Altieri, (1987); Ferrão e Theodoro (2023), sugerem que para além da produção de alimentos, esse setor tem um papel extremamente relevante na regulação do clima do planeta,

⁸ A Marcha das Margaridas é uma importante mobilização estratégica de mulheres do campo, da floresta e das águas, que se tornou parte da agenda do Movimento Sindical de Trabalhadores e Trabalhadoras Rurais -MSTTR (Moreira, Theodoro, 2019).

⁹ Dados do Serviços e Informações do Brasil. Disponível em <https://www.gov.br/pt-br/noticias/marcha-das-margaridas-retorna-a-brasilia-com-expectativa-de-mais-de-100-mil-mulheres-de-todo-o-brasil>. Acessado em 11.09.2023.

já que, de modo geral, utilizam-se de técnicas de manejo mais diversificadas, tais como consórcios produtivos, sistemas agroflorestais, entre outros (Soares et al, 2022).

No que se refere às mudanças do clima, as ações antrópicas sobre os ecossistemas vêm aumentando a degradação ambiental devido a frequência de determinados eventos climáticos extremos como as intensas precipitações e secas. Nesse sentido, as projeções futuras são pessimistas caso a degradação ambiental seja mantida. A perda da biodiversidade e o aumento do uso de combustíveis fósseis pelo ser humano são apontados como um dos principais fatores responsáveis pela produção de GEEs (IPCC, 2018;2022), o que impactaria não somente a produção de alimentos, mas a sociedade como um todo.

Diante disso, a humanidade precisa desenvolver hábitos de vida mais sustentáveis para mitigar as mudanças climáticas e adotar uma agricultura com base em princípios mais sustentáveis (Gliessman, 1990; Guzman, 2001; Leff, 2002). Nesse contexto, a agroecológica é uma opção que promove a conservação dos solos, a biodiversidade e sejam mais resilientes. Os sistemas agrícolas provenientes da agricultura familiar de base agroecológica possuem uma maior diversidade de plantas (hortaliças, frutíferas, criação de animais), por isso são considerados importantes tanto no sequestro de carbono da atmosfera quanto nas práticas de cultivo adaptadas às mudanças climáticas.

Para tanto, a adoção de um modelo menos intensivo no uso dos recursos pode favorecer uma mudança que passa por níveis de transição para uma agricultura pautada na sustentabilidade. Há uma recomendação da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) para que haja um aceleração no processo de transição para a agricultura de base agroecológica, a fim de aliviar os efeitos das mudanças climáticas, pois do contrário, os direitos básicos dos cidadãos (acesso à água, acesso ao alimento, saúde etc.) enfrentarão um colapso (FAO, 2018). Diante disso, a agricultura familiar de base agroecológica frente às mudanças climáticas pode ser um elemento chave na segurança alimentar na construção de sistemas agrícolas resilientes trazendo ganhos socioeconômicos, ambientais e culturais (Quinteiro; Baldini, 2018).

Aderente aos princípios da agroecologia e da rochagem a associação dessas possibilidades converte-se em uma oportunidade para o país, que possui uma imensa geodiversidade (variedade de rochas) e uma multiplicidade de práticas aderentes a agroecologia. Para Theodoro (2021) a rochagem é uma alternativa tecnológica, que tem como prática o acréscimo de determinados tipos de rochas moídas (ou farinhas de rocha) ao solo, como forma de manejar a sua fertilidade. O uso desses materiais possibilita a sua remineralização e rejuvenescimento que, por seu turno, implica no aumento dos níveis de

fertilidade. Ela pode ser entendida como um “intemperismo reverso”. No lugar do desgaste, da perda e da lixiviação, favorece-se o aporte dos nutrientes perdidos por processos naturais ou pelo mau uso dos solos (Leonardos, et al, 1976, 2000).

2.2 Agroecologia e Remineralizadores

A dimensão territorial do Brasil é de 8.510.345,5 km² (IBGE, 2022). Cerca de quatorze por cento (14%), ou 1.182.493,80 km², de sua extensão está ocupada por Terras Indígenas (FUNAI, 2022), o que equivale à extensão dos territórios da França, Alemanha e Reino Unido juntos (Theodoro et al., 2022). De modo geral, esses territórios são afetados de alguma forma pela presença de empresas que atuam nos setores da agropecuária, mineração, exploração madeireira e hidrelétricas.

Os inúmeros conflitos, em especial de caráter econômico e socioambiental, impactam diretamente a cultura dos povos originários, e de comunidades e povos tradicionais que buscam resistir à invasão e uso de seus territórios (Quinteiro, Baldini, 2018). Porém, conforme relata Krenak (2020), uma nova visão, ou cosmovisão dos povos e nacionalidades indígenas, convertem-se em ferramentas para restabelecer o diálogo permanente e construtivo de saberes e conhecimentos ancestrais. Nesse sentido, a sabedoria indígena e quilombola deve servir como orientação para reconstrução de uma organização democrática funcional, alinhando as necessidades humanas (considerando o que é realmente necessário), com as possibilidades naturais que a natureza pode oferecer.

Nesse ponto, a agroecologia coaduna com tais objetivos, porque é um caminho que favorece a construção e enraizamento de diálogos de saberes entre o conhecimento científico e empírico. É assim, uma afirmação do protagonismo dos agricultores/camponeses/quilombola/ indígenas como elemento central na construção de um novo desenvolvimento rural. Sevilla Guzman (2001) afirma que a agroecologia representa uma busca de soluções para as formas de degradação causadas pelo manejo industrial dos recursos naturais, as quais desvelam a dualidade da ciência (como epistemologia e como estrutura de poder).

É, dessa forma, uma prática que busca trabalhar com as pessoas, introduzindo o conhecimento local camponês e/ou indígena, somando-se a novas possibilidades tecnológicas regenerativas. A agroecologia representa um entendimento pluriépistemológico, que articula conteúdos históricos das lutas de libertação e os saberes locais sobre o manejo dos recursos naturais, com os conteúdos da ciência (Guzman, 2001).

Segundo Altieri (1987), Gliessman (1990), Guzman (2001) e Leff (2002), a agroecologia é um conhecimento de característica multidisciplinar que apresenta diversos princípios que nos permitem analisar, estudar, dirigir e avaliar agroecossistemas. Para Leff (2002), “as práticas agroecológicas nos remetem à recuperação dos saberes tradicionais, a um passo no qual o humano era dono do seu saber, a um tempo que seu saber marcava um lugar no mundo [...] à época dos saberes próprios”. Ela se constrói apoiada na valorização dos recursos locais e nas práticas e métodos tradicionais de manejo produtivo dos ecossistemas e sua evolução como ciência se dá quando são criadas condições favoráveis para o diálogo e a troca experiências e saberes” (Quinteiro; Baldini, 2018).

Na relação com as plantas, a civilização humana foi desenvolvendo técnicas de cultivo que aproveitam as condições do solo, tornando-o sempre fértil. O pousio é uma técnica de descanso do solo durante um período (entre 1 e 5 anos), coberto com a palhada ou com plantio de adubação verde, o uso do fogo como renovação do solo, o consórcio e a rotatividade de culturas (cultivo de mais de uma planta) são técnicas utilizadas pelos indígenas no Brasil (Quinteiro; Baldini, 2018), quilombolas (Santos, 2015) e utilizadas atualmente na agricultura brasileira. Apesar da predominância da abordagem empresarial no setor agrícola, também conhecida como agronegócio, o movimento agroecológico tem se mobilizado para promover a implementação de políticas públicas que incentivem a adoção de práticas e estratégias voltadas especialmente para os agricultores familiares, os quais são os que mais se beneficiam das vantagens proporcionadas pela agroecologia (Silva, 2015).

Os remineralizadores de solo fazem parte de um conjunto de fatores, que somados ao perfil produtivo dos agricultores e à imensa geodiversidade do País, tem permitido que essa opção esteja se tornando uma alternativa tecnológica interessante, especialmente, porque grande parte das terras agriculturáveis do Brasil são compostas por solos altamente intemperizados, que por sua natureza tem oferta de nutrientes mais reduzida (Theodoro, 2021).

Esses produtos têm sido rapidamente difundidos e incorporados em meio aos agricultores. Importa resgatar que para muitos autores, especialmente Leonardos et al. (1987, 2000), Theodoro, 2000) e Carvalho (2012), a rochagem é um mecanismo que fortalece e favorece a remineralização dos solos. Os compostos químicos, derivados dos minerais formadores das rochas, são capazes de fornecer macro e micronutrientes, que facilitam a alteração dos indicadores de fertilidade dos solos (Leonardos *et. al.*, 1987; Hinsinger, 2001). Portanto, pode ser considerada como um mecanismo de rejuvenescimento dos solos (Theodoro; Leonardos, 2006). Pode, também, ser entendida como uma espécie de banco de nutrientes, que possui solubilidade mais lenta do que os adubos químicos sintéticos convencionais, mas que

oferece os nutrientes na medida da necessidade das plantas, durante períodos mais longos (van Straaten, 2006; Theodoro et al., 2022).

Um dos grandes desafios do uso dos remineralizadores no Brasil está relacionado à ampliação da oferta de macronutrientes primários, em especial potássio (K) e fósforo (P). Ainda que exista uma expressiva quantidade e variedade de rochas que se apresentam como possíveis fontes desses nutrientes, a dinâmica de liberação dos compostos de K e P ainda precisa ser melhor entendida, para favorecer ou retardar essas reações (Manning, 2018; Santos, et al., 2021).

Outro aspecto importante refere-se ao efeito residual promovido por alguns tipos de rochas, em especial, quando misturadas com materiais orgânicos. Tavares et al. (2018) mostraram que o uso de rocha potássica (fonolito) associado com composto orgânico foi capaz de reduzir as perdas dos cátions de K pelo processo de lixiviação, além de permitir sua liberação de forma mais lenta. Hinsinger e Gilkes (1997) estudaram a dissolução de rocha fosfática, na presença e ausência de plantas cultivadas, em um substrato que simula solo ácido como fixador de fósforo (sem fonte de P e Ca) e concluíram que na ausência de plantas, o baixo pH do substrato resultou na dissolução de cerca de 8 e 30% da rocha fosfática, a depender da dosagem aplicada ao substrato. Mas destacam que na presença de plantas (avezem e colza), a dissolução foi maior na zona das raízes. O aumento do pH resultou na liberação do fósforo retido nas bordas (ou entre camadas) da estrutura cristalina das argilas 1:1 (Theodoro et al., 2015). Essa dinâmica é especialmente importante para os solos tropicais, onde o fósforo pode estar retido (imóvel) na estrutura de argilas caoliníticas, conforme mostrado por Santos et al. (2021).

Diretamente relacionado às fontes de fósforo, outro ponto importante diz respeito à necessária presença de silício (Si) no solo, para o pleno desenvolvimento de algumas plantas (em especial trigo, arroz e cana-de-açúcar). Importante mencionar que fontes desse nutriente estão disponíveis na quase totalidade dos minerais formadores das rochas silicáticas. Embora o modelo convencional considere o Si como um elemento não essencial para as plantas, Kelland et al. (2020) advertem que grande parte das culturas, em especial os cereais e gramíneas, acumulam esse nutriente na parte aérea, trazendo benefícios para o rendimento e a resistência ao estresse abiótico (seca, salinidade e calor) e biótico (pragas). Os autores lembram o silício pode deslocar os sítios de troca ocupados pelo fósforo presente no solo, mas indisponível para acesso das plantas.

Para além de P, K, Si, o Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S), vários micronutrientes são essenciais para o pleno desenvolvimento das plantas e suas relações de trocas entre as raízes e o solo. Adicionalmente, além de ampliar a oferta nutricional dos solos,

o uso de rochas, especialmente as silicáticas, tem sido apontado como um mecanismo com grande potencial para sequestrar de CO₂ atmosférico (Manning et al., 2013), seja porque potencializa o crescimento das plantas (Soares et al., 2022), seja porque pode favorecer a formação de novos agregados no solo (Churchmann et al., 2020). Para Beerling et al. (2018; 2020), o CO₂, capturado da atmosfera, participa diretamente das reações de intemperismo das rochas silicáticas, por meio do que vem sendo denominado Intemperismo Aprimorado de Rocha (*Enhanced Rock Weathering* - ERW).

Esse processo de captura inorgânica de CO₂ depende, conforme Kelland et al. (2020), das taxas de aplicação de insumos minerais, dos tipos de silicatos presentes nas rochas, dos regimes de irrigação e da duração dos cultivos. Para os autores, ainda que as operações de logística (mineração, moagem, distribuição e aplicação) possam, inicialmente, contribuir com uma maior emissão de CO₂, conforme alertado por Lefebvre et al (2019), a aplicação desses materiais (especialmente silicatos de cálcio) tem uma capacidade de reduzir de 10 – 30% das emissões, em função das reações relacionadas à neoformação de carbonato pedogênico, os quais podem permanecer no solo, serem carregados ou absorvidos na biomassa vegetal. A captura, no último caso, seria temporária e ocorreria nos sítios de trocas catiônicas.

O uso de plantio direto, comum no Brasil, aliado à aplicação de rochas moídas, contribuiria fortemente com esse processo de sequestro e armazenamento do CO₂, uma vez que a palhada, que contém parte dos cátions absorvidos na parte aérea das plantas (especialmente o cálcio), retorna ao solo contribuindo com um novo ciclo de captura de carbono atmosférico. Esses processos fortalecem ações voltadas para alterar o rumo e as taxas que causam as mudanças climáticas (Manning, et al., 2018; Lefebvre et al., 2019).

2.3 Políticas sobre mudanças climáticas

Importante compreender que as bases para a implementação de um arcabouço jurídico referente às mudanças climáticas foram estabelecidas no Brasil por meio de legislações que trataram do tema ambiental. Entre várias leis que versam sobre este tema, destaca-se aqui a Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), instituída em 1981 (Lei nº 9.638) (Brasil, 1981) e a Política Nacional de Mudanças Climáticas (Lei nº 122.187/2009) (Brasil, 2009).

Esses, entre outros instrumentos, transformaram o Brasil em um país protagonista nas discussões internacionais. Porém, segundo Juras (2007), o país tem sido visto como um ator controverso, nas negociações sobre mudança do clima. Por um lado, adverte a autora, o Brasil, devido sua localização (região tropical), dimensão continental e abundância de bens naturais,

configura-se como território vulnerável às mudanças no clima, em especial devido aos, cada vez mais frequentes, eventos extremos e suas consequências. De outro, porque pode ser ora um exemplo de práticas e iniciativas sustentáveis (matriz energética renovável, por exemplo) ou por representar como um dos países que mais contribuem para emissão de GEE, devido ao uso irracional do solo (desmatamentos e às queimadas).

Devido às opções políticas e prioridades, as taxas de desmatamento vinham aumentando nos últimos cinco anos. No entanto, iniciativas conduzidas no bioma amazônico no último ano (2023) vêm revertendo uma série de grandes desmatamentos/queimadas, o que demonstra que para além das políticas, é necessário ter um comprometimento e engajamento estratégico com os temas ambientais, particularmente com o tema das mudanças climáticas.

Tanto no âmbito do poder legislativo quanto do poder executivo, estas discussões sobre as questões climáticas têm evoluído bastante (Leite, 2023). Desde 1993, têm sido apresentadas propostas de legislação sobre o tema da compensação pelo consumo de carbono por parte de determinadas empresas/instituições. Durante a pesquisa dessa dissertação foi possível averiguar que ao longo dos últimos 23 anos, vários projetos foram apresentados por parlamentares e que visavam a adoção de medidas objetivando a redução das emissões dos gases responsáveis pelo efeito estufa.

Parte desses projetos resultou no texto que estabeleceu a Política Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC). No final dos anos de 2010 houve um esforço tanto do Legislativo quanto do Executivo, para a criação dessa Política. A PNMC facilitou e fortaleceu o papel do Brasil nas discussões internacionais, especialmente na COP 15, realizada em Copenhague, na Dinamarca, onde ficou instituído que os países desenvolvidos iam liderar os esforços globais e assumiram compromissos para limitar as suas emissões e assistir nas ações de mitigação e adaptação de países mais vulneráveis (ONU, 2022)¹⁰.

Importante considerar que as discussões e embates em torno das questões ambientais têm se configurado como um palco de disputas de interesses, quase sempre divergentes, já que subliminarmente este tema comporta a defesa de interesses econômicos, políticos e da soberania do país, onde se confrontam questões muitas vezes antagônicas (Theodoro, 2011). Esse cenário estava presente no Brasil, no período anterior a COP 15, ainda que existisse um consenso de que o estabelecimento de uma nova legislação facilitaria as aspirações e protagonismo do país nas discussões internacionais (Theodoro, op cit).

¹⁰ Informações complementares: <https://www.context.news/nature/opinion/its-time-for-biodiversitys-paris-moment>

Como mencionado anteriormente, algumas propostas legislativas contribuíram para a elaboração do Projeto de Lei onde foram estabelecidos os princípios, objetivos e diretrizes da futura Lei. De forma inovadora, em certo ponto ousada, foi introduzido as bases para a adoção de ações de mitigação das emissões de gases de efeito estufa, com vistas a reduzir entre 36,1% e 38,9% suas emissões projetadas até 2020. Esse compromisso nacional voluntário foi sugerido, ainda que o Brasil não fizesse parte dos países que deveriam reduzir suas emissões (Anexo I, do relatório do IPCC), conforme estabelecido no Protocolo de Quioto (Theodoro, 2011).

Paralelamente foi instituído o Plano Nacional sobre Mudança do Clima que deveria contar com o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima (Lei nº 12.114/ 2009), com os Planos de ação para a prevenção e controle do desmatamento nos biomas e com mecanismos financeiros e econômicos referentes à mitigação dos efeitos das mudanças do clima.

Depois de algumas alterações relativas ao compromisso nacional de redução de emissões ao longo dos últimos 15 anos, no ano de 2023, o Brasil anunciou,¹¹ de forma bastante ambiciosa, que pretende reduzir as emissões de gases causadores do efeito estufa de 37% para 48% até 2025 e para 2030, a previsão passou de 50% para 53%. O Brasil também anunciou o compromisso de zerar o desmatamento. Esta pretensão foi especialmente importante, porque o país deverá sediar a COP 30, em 2025.

¹¹ Para mais informações: https://oc.eco.br/wp-content/uploads/2023/10/Nota-Tecnica_-O-Brasil-conseguira-cumprir-sua-nova-velha-NDC-em-2025_v.finalcapa.pdf

CAPÍTULO 3

ANÁLISE DA LEGISLAÇÃO SOBRE O MERCADO DE CARBONO NO BRASIL

3.1 Protocolos e acordos internacionais

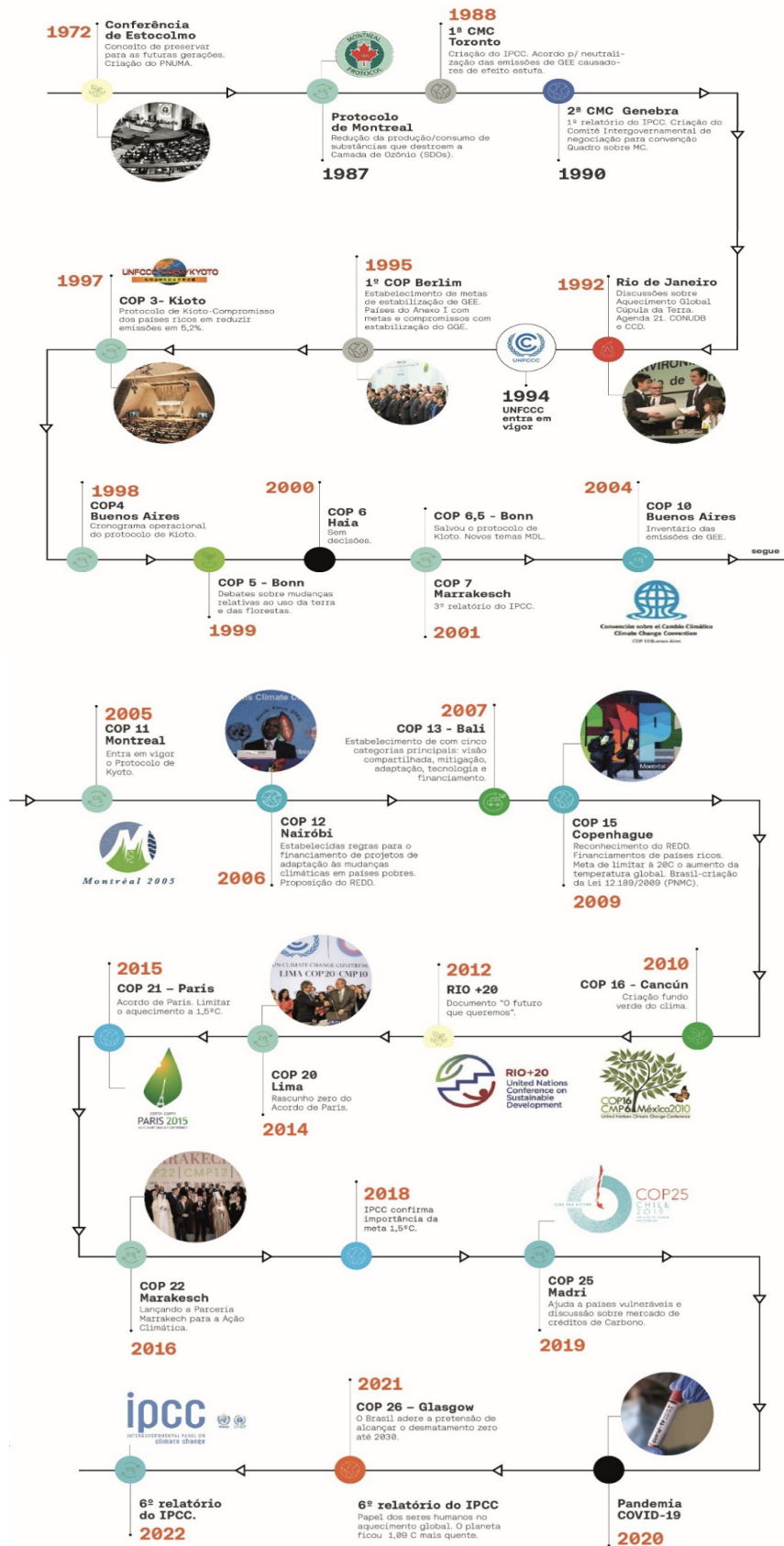
Diante das mudanças no clima do planeta, que se manifesta no aumento das temperaturas e dos eventos extremos (chuvas e ou secas), os países têm se reunido para discutir mecanismos e alternativas para reencontrar padrões de equilíbrio, que permitam a permanência da vida (como a conhecemos) nos diversos ecossistemas terrestres (IPCC, 2022).

Inúmeras reuniões, que vêm acontecendo desde 1972, são convocadas pela Organização das Nações Unidas (ONU) e buscam fortalecer o comprometimento dos governos nacionais com as questões climáticas, já que os diferentes países devem assumir responsabilidades relacionadas às formas de condução de suas atividades econômicas, em grande parte, responsáveis pela emissão dos Gases que causam o Efeito Estufa (GEEs) (IPCC, 2020). Essas reuniões são denominadas Conferência das Partes (COPs). Oliveira (2023) elaborou uma síntese sobre as 27 COPs e as decisões dos países membros ao longo do tempo. Esse levantamento evidenciou que as COP 3, realizada no Japão, em 1997 e a COP 21, em Paris, em 2015, foram particularmente importantes, porque nessas Conferências foram criados e assinados o Protocolo de Quioto e o acordo de Paris, onde se estabeleceu acordos, metas, ações e compromissos para reduzir os efeitos climáticos (Figura 01).

O objetivo principal do Protocolo e do Acordo de Paris foi regular a Convenção Climática e estabelecer metas de redução de emissões dos seis principais Gases causadores do Efeito Estufa (GEE), tais como: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hexafluoreto de enxofre (SF_6), Hidrofluorcarbonos (HFCs) e perfluorcarbonos (PFCs).

Ainda que todos estes gases sejam nocivos e afetem de forma distintas, eles se originam de diferentes (ou combinadas) fontes (industriais, uso da terra). Segundo o inventário efetuado pela *Carbon Brief* (2021), existe uma relação direta e linear entre a quantidade total de CO_2 libertada pela atividade humana e o nível de aquecimento da superfície da Terra. Ainda que o impacto da emissão de uma tonelada de CO_2 seja limitado, seu somatório e cumulatividade causam e agravam, ao longo dos anos, o processo de aquecimento do planeta.

Figura 1: Linha do Tempo dos Principais Tratados Internacionais



Fonte: Oliveira (2023) a partir de dados de <https://unfccc.int/timeline/>

Apesar dos compromissos firmados em 2005, muitos pontos ainda não possuem acordos, o que retarda a execução de ações para mitigação dos GEEs. Dentre os países que não ratificaram sua assinatura, estão os Estados Unidos, que tem sido, historicamente, o maior emissor de GEE (*Climate Watch*). Mais recentemente, e devido falta de acordo entre as partes, está sendo fortalecida e regulada a possibilidade de gerar e comercializar créditos de carbono. Porém, até o momento poucos foram os países que regulam este mercado (López et al., 2017). Presentemente, existem duas modalidades de comercializar créditos de carbono: a forma voluntária e a regulada. Alguns países já regulamentaram o mercado de carbono: Estados Unidos, Canadá, países da União Europeia, Japão e China¹².

Tendo em vista o entendimento de que as condições climáticas ideais são essenciais para a sobrevivência da vida na Terra (ONU, 2022), este novo mercado está baseado nessa premissa. Sua implementação, entre os países signatários, consiste no efetivo cumprimento das normas garantidoras do equilíbrio ambiental, necessário ao desenvolvimento das atividades responsáveis por manter a economia mundial sustentável (IPCC, 2022).

Nesse sentido, o mercado de carbono se converte em uma ferramenta importante para equilibrar o desenvolvimento econômico e a preservação ambiental, uma vez que se vislumbra a possibilidade de que países e empresas compensem suas emissões de GEE comercializando seus créditos derivados da redução ou do sequestro de suas emissões (SEEG, 2020). O Brasil, com sua rica base de recursos naturais, ascende a um grupo de países privilegiados neste novo mercado e pode se beneficiar duplamente desse mercado (do ponto de vista econômico e ambiental) porque possui uma matriz energética de perfil fortemente renovável e porque detém uma extensa área com cobertura florestal, que é o caminho mais natural de capturar carbono da atmosfera.

Mas segundo o Observatório do Clima (2023) devido as às mudanças de uso da terra (MUT), as emissões brutas brasileiras medidas pelo SEEG (Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Observatório do Clima) aumentaram 8% em 2019, 0,6% em 2020 e 12% em 2021 – o maior aumento percentual da série histórica desde 2003. As emissões líquidas aumentaram 11%, 0,3% e 17,6% nesse mesmo período. Grande parte desse aumento deveu-se ao desmatamento na Amazônia, durante os anos do governo Bolsonaro, quando foram verificados aumentos de 53% em relação a 2018 e de 60% em comparação com os quatro anos anteriores (SEEG, 2023). Importante destacar, como lembra a pesquisa do OC, que o desmatamento na Amazônia responde por 36% das emissões brutas do país, ou 50% das

¹²Informações complementares: <https://www.ufsm.br/2023/03/27/estudo-mercado-de-carbono-no-brasil>

emissões líquidas. Segundo os dados apresentados nesse relatório do SEEG, o descontrole potencializado nesse período torna mais difícil o alcance das metas da Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) para o ano de 2025 e 2030. Para tanto, será fundamental limitar o desmatamento na Amazônia a uma taxa de cerca de 6.000 km² em 2025 (SEEG, 2023). É um desafio gigantesco, considerando a demanda por novas áreas, ou mesmo a comercialização de madeira.

Não se pode, no entanto, descuidar de outros biomas, igualmente importantes para o alcance das metas de redução da NDC brasileiras. Apesar da forte reversão do desmatamento da Amazônia, no ano de 2023, o que se verificou nesse período foi um avanço das taxas de desmatamento no bioma Cerrado. Segundo dados do MapBiomas¹³, o desmatamento no Cerrado foi o mais expressivo (43% maior em relação a 2021), sendo que esse processo ocorreu de forma mais expressiva nas áreas remanescentes de vegetação nativa no MATOPIBA, região que reúne partes dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, onde se instalou, nos últimos anos, o crescimento acelerado das atividades do agronegócio.

Esses dados mostram os desafios que o Brasil tem pela frente. Em vista disso, foi acelerado a tramitação de Projetos de Lei (PL) que busquem regular o mercado de carbono no Brasil. O Projeto de Lei 412/2022, que tramitou e foi aprovado no Senado Federal e, posteriormente remetido à Câmara de Deputados, foi apensado ao PL 2.148/2015, junto com mais 10 projetos de lei que tratavam deste tema.

No final do ano de 2023, os deputados aprovaram o Projeto, e parte dos apensados, que visa instituir o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE). Apoiado pelo governo, esse projeto estabelece que empresas que emitem mais de 10.000 toneladas de carbono por ano estariam sujeitas ao sistema, com regras mais rígidas para aquelas que emitem acima de 25.000 toneladas. No entanto, os setores específicos abrangidos ainda não estão claramente definidos no projeto.

Ainda que a legislação ainda não esteja vigorando, essa iniciativa do Brasil tem a pretensão de disciplinar a comercialização dos créditos de carbono (mercado regulado). O PL 2.148/2015 elenca uma série de ações que podem gerar créditos de carbono. Entre elas estão a recomposição, manutenção e conservação de: (i) áreas de preservação permanente (APPs), de reserva legal ou de uso restrito e de unidades de conservação; (ii) de unidades de conservação integral ou de uso sustentável com plano de manejo; e (iii) de projetos de assentamentos da reforma agrária. Povos indígenas e comunidades tradicionais ficam autorizados a entrar no

¹³ <https://brasil.mapbiomas.org/2024/05/28/matopiba-passa-a-amazonia-e-assume-a-lideranca-do-desmatamento-no-brasil/>

mercado por meio de associações. Isso vale para os assentados da reforma agrária (Agência Senado).

A ementa dessa proposta legislativa também visa alterar parte das Leis nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009 (Política Nacional de Mudanças Climáticas), 12.651, de 25 de maio de 2012 (lei da proteção da vegetação nativa) Brasil (2012) e 6.385, de 7 de dezembro de 1976 (Mercado de Valores Mobiliários) (Brasil, 1976).

Ainda que esta proposta legislativa encontre-se em estágio bem avançado de tramitação, foi possível perceber ao longo da investigação dessa pesquisa, que muitas disputas estão acontecendo entre a autoria e os objetivos dos projetos de lei que estão em discussão. O PL 412/2022, aprovado no Senado Federal resultou de uma ampla negociação entre os diversos atores que serão impactados ou beneficiados pela nova legislação. O texto buscou equilibrar esses diversos interesses, ainda que se esperasse ajustes na Câmara dos Deputados. No entanto, a introdução de aspectos mais polêmicos pelo relator (Dep. Aliel Machado PV/PR), como por exemplo a possibilidade de reservar um percentual sobre os ganhos para as empresas desenvolvedoras de projetos privados de crédito de carbono mostraram que o Projeto encontrará barreiras para prosperar no Congresso Nacional.

Para Santilli (em artigo publicado no Valor Econômico em 23/03/2024), outro ponto polêmico refere-se a impropriedade da exclusão desse mercado para povos indígenas, quilombolas, extrativistas e agricultores, que é fundamental para conter o desmatamento e manter a floresta em pé, ainda que seja o poder público que deva garantir a redução contínua do desmatamento.

3.2 As bases normativas do mercado de carbono no Brasil

Ainda que a legislação ambiental seja extensa, para efeitos da discussão do mercado regulado de créditos de carbono, partiu-se do marco temporal, dado pela Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 (CF/88) (Brasil, 1988). Ela é o documento que formaliza o Estado Democrático de Direito no país e, também, traz em seu Capítulo VI (Meio Ambiente) no Art. 225 institui que todos têm o direito ao meio ambiente equilibrado como um direito fundamental do povo brasileiro, bem como de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (Brasil, 1988).

Desde a promulgação da Constituição Federal, uma série de normas e leis foram estabelecidas, o que, em certa medida, dá sustentação ao que se convencionou chamar de

mercado de carbono. Nesse percurso, um evento importante para o País, no nível nacional e internacional, refere-se à Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), realizada no Rio de Janeiro, em 1992 (RIO-92), também conhecida como a Cúpula da Terra, que resultou no tratado internacional entre os países, a Convenção-Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas (CQNUAC).

Igualmente simbólica foi a realização da Rio+20, realizada em 2012, e que reuniu representantes de quase 200 países, onde o principal objetivo foi renovar o compromisso político mundial com o desenvolvimento sustentável, bem como avaliar o progresso e as lacunas na implementação dos acordos internacionais em relação ao meio ambiente. Essa Conferência foi marcada pela maior participação dos movimentos sociais.

Ao longo do processo e em anos posteriores um arcabouço jurídico relevante que serviu de base para o mercado de carbono foi instituído no Brasil (Theodoro, Barros, 2011), conforme Tabela 2:

Tabela 2: Arcabouço legal para o meio ambiente no Brasil

Lei	Objetivo
Lei nº 9.433/1997	Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Recursos Hídricos.
Lei nº 9.605/1998	Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente - Lei de Crimes Ambientais .
Lei nº 9.795/1999	Cria a Política de Educação Ambiental
Lei nº 9.985/2000	Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC).
Lei nº 11.445/2007	Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico .
Lei nº 12.187/2009	Instituiu a Política Nacional de Mudanças do Clima (PNMC).
Lei nº 12.114/2009	Estabeleceu o Fundo Nacional de Mudanças Climáticas
Lei nº 12.305/2010	institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)
Lei nº 12.334/2010	Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens .
Lei Complementar nº 140/2011	Estabelece os critérios para o licenciamento e a fiscalização de empreendimentos e atividades de impacto ambiental .
Lei nº 12.651/2012	Instituiu o Novo Código Florestal (modificou a lei nº 4.771/65).
Lei 14.119/2021	Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (PNPSA).

Fonte: elaborado pela autora, a partir de Theodoro e Barros, 2011

Nesse percurso normativo, o mercado de carbono teve algumas regulamentações estabelecidas e, posteriormente revogadas, como é o caso do Decreto nº 11.075/2022 que visava instituir o Sistema Nacional de Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SINARE) cuja finalidade seria a criação de uma central única de registro de emissões, remoções, reduções e compensações de gases de efeito estufa e de atos de comércio, de transferências, de transações e aposentadoria de créditos certificados de redução de emissões.

Esse Decreto foi revogado em junho de 2023, quando o Governo Federal instituiu o Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima (CIM), por meio do Decreto 11.550/2023, onde, em seu Art. 16, revoga o Decreto. 11.075. O Art. 1º desse novo decreto estabelece a criação do Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima - CIM, de caráter permanente, tem a finalidade de acompanhar a implementação das ações e das políticas públicas no âmbito do Poder Executivo federal relativas à Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC. E no § 2º define que o CIM será um instrumento institucional do Poder Executivo federal para articular ações de governo decorrentes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima - CQNUMC, promulgada pelo Decreto nº 2.652, de 1º de julho de 1998 (que promulgou a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, assinada em Nova York, em 9 de maio de 1992), incluídos o objetivo da neutralidade climática e os instrumentos subsidiários dos quais o País venha a ser parte (Brasil, 2023).

Cabe destacar que hierarquicamente, um Decreto não possui a mesma consistência jurídica que uma Lei, uma vez que prescinde da participação do poder legislativo para sua construção até que passe a surtir efeitos no mundo fático.

3.3 Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE)

Tendo em vista a hierarquia dos instrumentos legais mencionados e devido ao avançado da tramitação de uma legislação específica sobre o tema, optou-se por detalhar o texto do Projeto de Lei 2.148/2015, que em sua ementa institui o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE) e altera as Leis nºs 12.187, de 29 de dezembro de 2009, 12.651, de 25 de maio de 2012 e 6.385, de 7 de dezembro de 1976. O Projeto está composto por cinco capítulos, divididos em seções e subseções que tratam de temas relacionados aos mecanismos de instituição da Política. O Projeto contém 56 artigos, além de diversos incisos.

Está previsto no Art. 3º, a instituição do SBCE, ambiente regulado submetido ao regime de limitação das emissões de gases de efeito estufa e de comercialização de ativos

representativos de emissão, redução de emissão ou remoção de gases de efeito estufa no País.

O § único desse artigo estabelece que:

O SBCE terá por finalidade dar cumprimento à PNMC e aos compromissos assumidos sob a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, mediante definição de compromissos ambientais e disciplina financeira de negociação de ativos (Brasil, 2022).

O cumprimento de metas previstas na Política Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC), conforme os compromissos assumidos pelo Brasil, traz uma série de desafios. Ainda o país tenha avançado nas discussões a respeito da precificação de emissões, por meio da instituição de instrumentos políticos e econômicos, é importante destacar, que uma norma legal tem como objetivo regular a quantidade de GEE negociável, por meio da inclusão da precificação de emissões e sua regulação de preços e quantidades, ou por meio de impostos ou do mercado regulado de carbono, no âmbito da Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC). O projeto tem como foco os seguintes setores: energia (geração elétrica e combustíveis); os sete subsetores do Plano Setorial de Mitigação e Adaptação na Indústria de Transformação (siderurgia, cimento, alumínio, química, cal, vidro e papel e celulose); e a agropecuária.

O estabelecimento das atividades emissoras de GEE associadas a fontes reguladas está previsto no Inc. II, do Art. 5º. Ainda neste Art. o Inc. VII estabelece o incentivo econômico à redução ou remoção das emissões de GEE e a garantia da rastreabilidade eletrônica da emissão, detenção, transferência e cancelamento das Cotas Brasileiras de Emissões e dos Certificados de Redução ou Remoção Verificada de Emissões (Inc. VIII).

Os artigos 6º e 7º estabelecem a governança do SBCE e suas competências. O Art. 8º define que o órgão gestor do SBCE é a sua instância executora e que entre suas competências está a definição das atividades, instalações, fontes e gases a serem regulados sob o SBCE a cada período de compromisso; incluindo os critérios para credenciamento e descredenciamento das metodologias de certificação de Redução ou Remoção Verificada de Emissões (Inc.I).

Posteriormente no Capítulo III (Agentes Regulados e suas obrigações), Artigos 30 – 41 fica definido (art. 37º) que no âmbito do SBCE, serão aplicáveis as seguintes penalidades, cumulativa ou isoladamente:

- I- advertência;
- II- multa;
- III - publicação, às expensas do infrator, de extrato da decisão condenatória por 2 (dois) dias seguidos, de 1 (uma) a 3 (três) semanas consecutivas, em meio de comunicação indicado na decisão, nos casos de reincidência de infrações graves;
- IV - embargo de atividade, fonte ou instalação;
- V- suspensão parcial ou total de atividade, de instalação e de fonte; e
- VI - restritiva de direitos, podendo consistir em:

- a) suspensão de registro, licença ou autorização;
- b) cancelamento de registro, licença ou autorização;
- c) perda ou restrição de incentivos e benefícios fiscais;
- d) perda ou suspensão da participação em linhas de financiamento em estabelecimentos oficiais de crédito; e
- e) proibição de contratar com a Administração Pública, pelo período de até 3 (três) anos.

Já o Capítulo IV trata da Oferta voluntária de Créditos de Carbono. Os Artigos. 42, 43 e 44 definem que:

Os créditos de carbono poderão ser ofertados voluntariamente por qualquer pessoa física ou jurídica, a partir de projetos ou programas que impliquem redução ou remoção de gases de efeito estufa (Art. 42);

A titularidade dos créditos de carbono será constituída pela inscrição do nome do titular no registro mantido pela respectiva entidade emissora (Art. 43) e

Os créditos de carbono somente serão considerados Certificados de Redução ou Remoção Verificada de Emissões, integrantes do SBCE, caso sejam:

I- originados a partir de metodologias credenciadas pelo órgão gestor do SBCE;

II - mensurados e relatado pelos responsáveis pelo desenvolvimento ou implementação do projeto ou programa e verificados por entidade independente, nos termos do regulamento; e

III - inscritos no Registro Central do SBCE (Art. 44)

Parágrafo único. Os créditos de carbono gerados no País que venham a ser utilizados para transferência internacional de resultados de mitigação deverão ser registrados como Certificado de Redução ou Remoção Verificada de Emissões, nos termos desta Lei e da regulação do órgão gestor do SBCE, condicionada à autorização prévia da autoridade nacional designada para fins do art. 6º do Acordo de Paris, nos termos do art. 51 desta Lei.

Igualmente importante são os Art. 45 e 46 do PL, já que inserem nos termos da Lei que a eventual utilização dos ativos integrantes do SBCE para fins de compensação voluntária de emissões de gases de efeito estufa de pessoas físicas e jurídicas ensejará seu cancelamento no Registro Central do SBCE (Art. 45) e que a recomposição de Áreas de Preservação Permanente, de Reserva Legal ou de uso restrito, na forma do art. 41, inciso I, alínea " a ", da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, é elegível para a constituição de créditos de carbono, nos termos da regulamentação (Art. 46).

A Seção II, deste Capítulo trata dos Certificados de Redução ou Remoção Verificada de Emissões e Créditos de Carbono em áreas tradicionalmente ocupadas por povos indígenas e por povos e comunidades tradicionais. O Art. 47 especifica aspectos relacionados à consulta livre, prévia e informada (atendendo aos termos da Convenção nº 169 da OIT; à repartição justa e equitativa e gestão participativa dos benefícios monetários resultantes das transações de crédito de carbono e do apoio a projetos/programas voltados para atividades produtivas sustentáveis, proteção social e valorização da cultura das comunidades e povos envolvidos.

O Art. 48 especifica as áreas aptas ao desenvolvimento de projetos/programas de geração de Certificado de Redução ou Remoção Verificada de Emissões de créditos de carbono:

Terras indígenas, territórios e outras áreas tradicionalmente ocupadas por povos e comunidades tradicionais; unidades de conservação (conforme previsto na Lei nº 9.985/2000); projetos de assentamento (referidos na Lei nº 8.629/1993) e as florestas públicas não destinadas.

Por fim, no capítulo V trata das disposições finais e transitórias, onde esclarece que o SBCE será implementado em cinco fases, com diferentes tempos desde a regulamentação da Lei até a implementação plena do Sistema. Também trata, no art. 51, sobre as condições e autorizações de transferência internacional dos resultados de mitigação.

Em especial o §3º do Inc. II que estabelece que a transferência internacional de resultados de mitigação sujeita-se à autorização formal e expressa dos órgãos ou autoridades competentes designados pelo governo federal brasileiro perante a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima.

Esta proposta é bastante extensa, complexa e envolve diversos interesses, ações e setores econômicos e/ou populações tradicionais. Mas de modo geral, pode-se esperar que ocorram vários benefícios de se instituir um mercado de carbono regulado. Entre estes, destaca-se a criação de uma base única de registro como forma de proporcionar maior segurança aos empreendedores e compradores. O Estado ocupando o seu espaço de gestão de um sistema único permite que políticas sejam implementadas a favor de personagens sem tanto poder (capital) de disputa a integrarem o cenário econômico.

De toda forma, conforme previsto na proposta, a regulamentação da Lei, caso ela seja promulgada, ainda precisará de várias negociações, acordos e regras. Particularmente, chama-se a atenção dos processos de aferição dos resultados, por meio de metodologias que sejam replicáveis, confiáveis e mensuráveis. Presentemente, tem-se percebido uma espécie de “corrida ao desenvolvimento de metodologias” que sejam capazes de medir o carbono capturado ou não emitido.

Com relação ao desenvolvimento de metodologias de quantificação de carbono capturado, o Brasil tornou-se um país promissor, já que tem sido o precursor do uso de remineralizadores de solo, conforme previsto nos princípios da tecnologia da rochagem (Leonardos et al, 2000; Theodoro et al, 2022). Uma das plataformas analisadas nessa pesquisa (*Frontier Climate*) revelam como o uso de rochas moídas converteu-se em uma possibilidade interessante para capturar carbono.

Nesse sentido, pesquisas em desenvolvimento no Brasil (Theodoro et al. 2022, Soares et al., 2022, Oliveira et al., 2023) e no exterior (Manning, Renforth, 2013; Beerling et. al. 2018, 2024, Guo et al., 2022) mostram o grande potencial dessa iniciativa para facilitar práticas de

captura de carbono. Porém até o presente momento, as metodologias ainda estão sendo calibradas para que as verificações possam ser seguras.

Outro ponto que pode favorecer o Brasil, em função do seu perfil produtivo, tanto no setor mineral quanto da agricultura familiar, é a capacidade que ações para este público possam ser inserido no Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE), com o diferencial de agregar práticas mais sustentáveis no uso dos recursos naturais, bem como de finalmente beneficiar os povos e comunidades que protegem os recursos naturais e produzem alimentos.

O mercado de Carbono foi criado como medida de compensação ambiental que permitia a troca de ativos financeiros sempre considerando o limite de emissões produzidas pelas atividades comerciais das empresas de um país. A troca é realizada entre nações e já ocorria de forma voluntária. No entanto, quanto mais ela se implementa no cenário legislativo, mais cresce a possibilidade de políticas públicas visando a capacitação e a inclusão de novas empresas.

Mesmo assim, o Decreto não tem força de fazer com que as empresas participem, primeiro porque não se trata de lei, depois porque os procedimentos para regularizar dependem de atos posteriores ao Decreto, tornando-o, assim, mero instrumento legal de conceituação de termos e rascunho de um movimento muito maior e mais poderoso que está por vir.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando a interrelação dos temas apresentados e suas conexões, esse capítulo apresenta e discute os resultados da pesquisa acerca do Mercado Global de Carbono, mensuração de emissões junto aos desafios para o setor agropecuário brasileiro, estoque Médio de Carbono Orgânico nos biomas brasileiros, os exemplos de projetos voltados para o Mercado Voluntário de Carbono no Brasil e, por fim, uma análise de alguns contratos internacionais no mercado de carbono.

4.1 Mercado Global de Carbono

O mercado de carbono ganhou importância a partir da assinatura do Protocolo de Quioto, em 1997 e de sua efetiva implementação em 2005. O Protocolo definiu que países desenvolvidos (Anexo I) ¹⁴ deveriam apresentar metas de redução de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) e que países em desenvolvimento poderiam contribuir com taxas de reduções voluntárias como forma de alcançar as metas de forma mais efetiva (Prolo et al., 2021).

De forma específica, estabeleceu-se um arranjo no qual os países que não possuíam metas compulsórias de redução de emissões poderiam desenvolver projetos com Reduções Certificadas de Emissões (RCEs), as quais poderiam ser negociadas com os países que tivessem metas de reduções estabelecidas pelo Protocolo de Quioto (Prolo et al., 2021).

Posteriormente, em 2015, o Acordo de Paris, aprovado por 195 países, estabeleceu a necessidade urgente de reduzir emissões de gases de efeito estufa (GEE) no contexto do desenvolvimento sustentável. Apesar de o Brasil não compor a lista dos países do Anexo I (conforme documento aprovado à época), foi necessário ratificar a decisão do Acordo, onde país comprometeu-se a reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 37% abaixo dos níveis de 2005, em 2025, com uma contribuição indicativa subsequente de reduzir as emissões de

¹⁴ Países desenvolvidos listados no Anexo B do Protocolo (correspondente ao Anexo I da Convenção):
- Países europeus ocidentais (Alemanha, Áustria, Bélgica, Croácia, Dinamarca, Eslovênia, Espanha, Finlândia, França, Grécia, Irlanda, Islândia, Itália, Liechtenstein, Luxemburgo, Mônaco, Noruega, Países Baixos, Portugal, Reino Unido, Suécia e Suíça);
- Países industrializados do leste europeu (Bulgária, Eslováquia, Hungria, Polônia, República Checa e Romênia);
- Países industrializados da ex-União Soviética (Rússia, Ucrânia, Estônia, Letônia e Lituânia);
- Estados Unidos, Canadá, Austrália, Nova Zelândia e Japão.

gases de efeito estufa em 43% abaixo dos níveis de 2005, em 2030. Segundo nota técnica do Observatório do Clima¹⁵, essas metas foram revistas recentemente (setembro de 2023) o Brasil emitiu a Resolução nº 5, determinando que a correção da Contribuições Nacionalmente Determinadas¹⁶ (*Nationally Determined Contributions – NDCs*) do Brasil retome o nível de ambição apresentado em 2015 (48% das emissões em relação ao ano-base 2005 e em 2030 uma redução de 53%).

Tendo em vista esse panorama, o Mercado Global de Carbono passou a ser incrementado por novos negócios em todo o planeta. Observou-se que diversas jurisdições avançaram internamente nas ações climáticas no ano de 2022. Ao final deste mesmo ano, oitenta e nove países que representam 86% das emissões globais, adotaram compromisso Net-zero com horizonte temporal entre 2035 e 2060. Vale ressaltar que o Net-zero refere-se ao balanço nulo entre as emissões e remoções de gases de efeito estufa da atmosfera (ONU, 2022).

Do ponto de vista conceitual, há três ambientes de comercialização de crédito de carbono, que são: a) o Mercado de Carbono Regulado no nível internacional segundo a Convenção Quadro das Nações Unidas para Mudanças Climáticas; b) os Mercados Regulados de carbono regionais, nacionais e subnacionais denominados Sistema de Comércio de Emissões; e c) o mercado voluntário de carbono (Banco Mundial, 2023).

O Mercado de Carbono Regulado pode ser definido como um Sistema de Comércio de Emissões (cuja sigla denomina-se do inglês, *Emission Trading System - ETS*) que estabelece um limite máximo de emissão de GEE. Os agentes que emitem abaixo deste limite podem negociar seus direitos de emissão (em inglês, *allowances*). Assim, o Mercado Regulado depende de um marco regulatório, no qual, em geral, se negociam esses direitos (IPCC, 2022; Banco Mundial, 2023).

No que se refere ao Mercado Voluntário pode se afirmar que é um mecanismo de compensação (em inglês - *offset*) que visa a comercialização das reduções de emissão do GEE certificadas (CER/VER, em inglês *Certified* ou *Verified Emission Reduction*). Também são conhecidas como crédito de carbono que atendem às metas voluntárias, corporativas ou

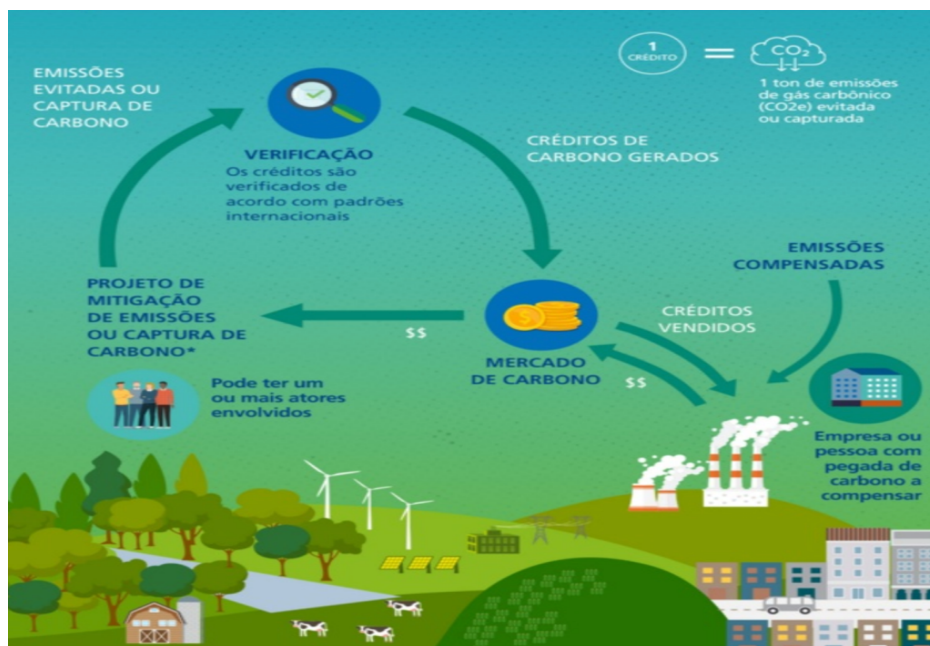
¹⁵ Nota Técnica: O Brasil conseguirá cumprir sua "nova velha" NDC em 2025? (https://oc.eco.br/wp-content/uploads/2023/10/Nota-Tecnica_O-Brasil-conseguira-cumprir-sua-nova-velha-NDC-em-2025_v.finalcapa.pdf)

¹⁶ É um plano de ação climática para reduzir as emissões e se adaptar aos impactos climáticos. Cada Parte do Acordo de Paris é obrigada a estabelecer uma NDC e atualizá-la a cada cinco anos (ONU, 2022). Na prática, a diferença dos cenários de aumento da temperatura tem consequências severas para os ecossistemas globais e o bem-estar humano. Quanto maior o aumento da temperatura, maiores os riscos de eventos climáticos severos, como calor extremo, seca, inundações fluviais e costeiras e quebra de safras. No cenário de aumento entre 2,4°C e 2,6°C, estima-se um aumento de 100% na frequência de eventos de calor extremo em relação a 2021 e estes seriam cerca de 120% mais intensos; haveria também um aumento de 40% nas secas que seriam cerca de 100% mais intensas (IETA, 2021).

individuais a partir de processos certificados por uma terceira parte. Esse processo deve respeitar os padrões reconhecidos (ICC Brasil; Waycarbon, 2022¹⁷).

De acordo com os dados do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES, 2022), os valores negociados no Mercado Voluntário mais que duplicaram entre 2019 e 2021. A Figura 2 ilustra como funciona esse mercado (BNDES, 2022). Ao se implementar um mercado de carbono regulado, pode-se esperar um crescimento do mercado voluntário de carbono, facilitando, assim, a credibilidade internacional, o que pode posicionar o Brasil como um dos países líderes na economia de baixo carbono (CEBDS, 2022).

Figura 2: Transações possíveis no mercado voluntário de carbono



Fonte: BNDES, 2022.

Há dois mecanismos econômicos de precificação de carbono regulados em nível regional, nacional e subnacional: (i) o tributo sobre o carbono e (ii) o Sistema de Comércio de Emissões - ETS (Banco Mundial, 2023). No caso de um tributo sobre o mercado carbono estabelece-se diretamente um preço, definindo uma taxa sobre as emissões de GEE ou, mais comumente, sobre o conteúdo de carbono dos combustíveis fósseis. Esse mecanismo é diferente

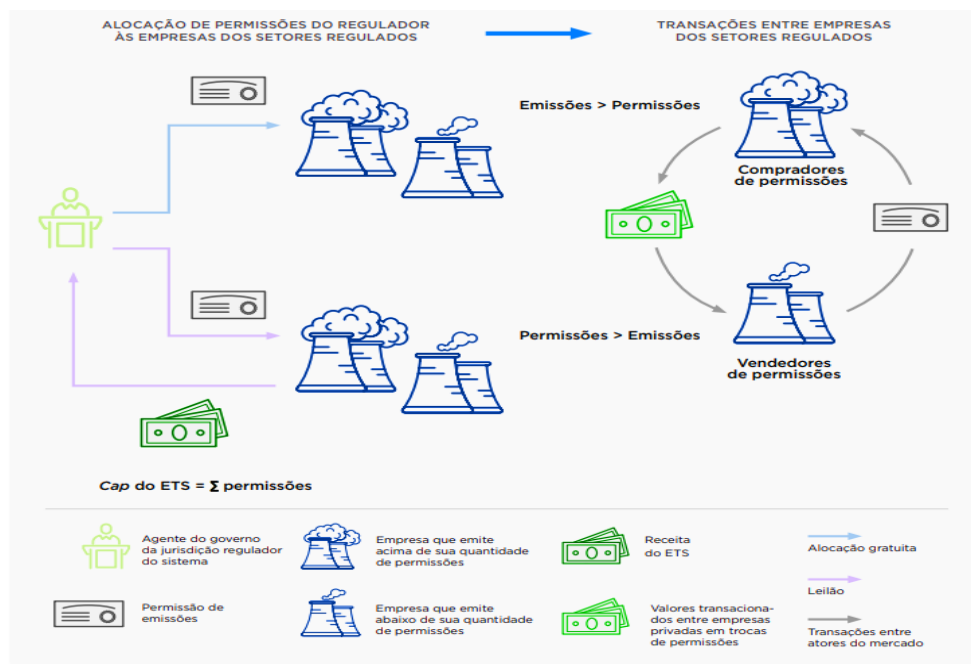
¹⁷ Sob acordos entre Estados, é possível que créditos do mercado voluntário possam ser usados para atender parcialmente às metas de um mercado regulado, sendo utilizado como mecanismo de flexibilidade. Ambos mercados utilizam como unidade de medida para negociações a tonelada de dióxido de carbono equivalente (ICC; WAYCARBON, 2022).

de um ETS porque o resultado da redução de emissões de um tributo sobre o carbono não é pré-definido, mas o preço do carbono o é (Banco Mundial, 2023).

O ETS são sistemas em que seu regulador aloca ou leiloa permissões de emissões, que são direitos para emitir uma determinada quantidade de GEE, ou seja, consideram um limite máximo de emissões do sistema que é igual ao total de permissões do setor de uma jurisdição das empresas de setores regulados (ICC Brasil; Waycarbon, 2022).

Logo, as empresas que emitem abaixo das suas permissões podem transacionar as permissões que excedem com uma empresa que emita acima. A escassez de permissões em circulação no mercado estimula investimentos em descarbonização, de forma que a redução de emissões provenientes desses investimentos deverá proporcionar uma maior quantidade de permissões disponíveis para ser transacionada (ICC Brasil; Waycarbon, 2022). A Figura 3 ilustra o funcionamento de um Sistema de Comércio de Emissões -ETS.

Figura 3: Esquema de funcionamento de um ETS



Fonte: ICC Brasil; Waycarbon, 2023.

Segundo a *International Emissions Trading Association* (IETA, 2019), a precificação de GEE por meio da transação de créditos de carbono nos mercados regulados e voluntários faz parte de um dos esforços fundamentais que estão inseridos no Mercado de Carbono. Além disso, há possibilidade de que transações resultantes de mitigação sigam de países favorecidos por abundância de recursos naturais e infraestruturas sustentáveis e empresas que invistam em

tecnologias de descarbonização, para países que emitam acima de suas permissões ou que não sejam favorecidos pela abundância de recursos naturais.

Nesse sentido, o Brasil como um dos países com o grande potencial de mitigação tem uma grande oportunidade de beneficiar alguns de seus setores-chave neste novo mercado de baixas emissões de carbono. Tais mecanismos podem desempenhar um papel geopolítico estratégico na mitigação da mudança climática (ICC Brasil; Waycarbon, 2022).

No Brasil existe um vazio dado pela falta de um arcabouço jurídico que apoie este mercado. Outra questão relevante é a falta de acesso a contratos de compra e venda de créditos de carbono em projetos desenvolvidos nos diferentes biomas brasileiros.

Nas últimas décadas, tem crescido a preocupação com variáveis inerentes às mudanças climáticas, tais como: aumento da temperatura, efeito estufa e dinâmica do carbono. Tais variáveis estão diretamente relacionados com o ciclo do carbono, sobretudo do dióxido de carbono (CO₂). Neste contexto, as florestas são protagonistas que podem mitigar a concentração atmosférica de CO₂, uma vez que, por meio da fotossíntese, absorvem esse gás da atmosfera e o estocam na forma de biomassa (Silveira et al., 2008, Pan et al., 2011). De outro lado, países da Europa e Estados Unidos adiantam-se nas iniciativas de pesquisas associadas à captura de carbono.

A exemplo de iniciativas de compra de carbono, a empresa de serviços *Frontier Carbon Solutions*, estabelecida nos Estados Unidos, vem utilizando-se de um mecanismo de mercado antecipado para acelerar o desenvolvimento de tecnologias de remoção de dióxido de carbono (CDR).

Foi fundada pela Stripe, Alphabet, Shopify, Meta, McKinsey e dezenas de milhares de empresas que utilizam o *Stripe Climate*, que visa apoiar pesquisa e expandir tecnologias promissoras de remoção permanente de carbono. As primeiras aquisições ocorreram em junho de 2022 e seguem até o presente momento. A empresa apoia tecnologias em diferentes estágios de desenvolvimento e compra a remoção de carbono por meio de duas faixas separadas - pré-compras - que variam de acordo com os critérios de elegibilidade, processo de diligência e montantes de financiamento.

A *Frontier Carbon Solution* estabelece um Compromisso Prévio de Mercado (CPM) que visa acelerar o desenvolvimento de tecnologias de remoção de carbono, garantindo a sua procura futura. O objetivo é estimular a demanda para pesquisadores, empresários e investidores de que há um mercado crescente para essas tecnologias. Assim, a Empresa cria uma oferta líquida de remoção de carbono, em vez de competir com o que existe atualmente e

atua em nome de compradores e fornecedores. Também seleciona os fornecedores e facilita as aquisições de remoção de carbono.

Para fornecedores em estágio inicial, os acordos provavelmente assumirão a forma de pré-compras de baixo volume. Para fornecedores maiores, prontos para escalar, a Frontier facilita acordos de compra para adquirir futuras toneladas de remoção de carbono a um preço acordado, se e quando forem entregues.

Esse tipo de iniciativa serve de referência para o Brasil, que possui um número significativo de contratos voltados para o mercado voluntário, sendo a floresta preservada a principal fonte de créditos. Neste panorama, a presente pesquisa procurou analisar a dinâmica das relações comerciais que envolvem créditos de carbono em contratos internacionais. Para tanto, torna-se necessário criar um ambiente de diálogo onde todos os atores da sociedade brasileira possam participar. Afinal, os instrumentos de mercado não são um fim, mas sim um meio para aumentar a ambição de redução dos efeitos no clima do planeta. Mas ainda existem muitos outros desafios vinculados à busca de um desenvolvimento de cunho mais sustentável que não se limitam ao controle das emissões de gases de efeito estufa (GEE), como por exemplo o fim da miséria, da desigualdade entre outros pontos, conforme elencados nos ODS, estabelecidos pelas ONU.

4.2 Mensuração de emissões e os desafios para o setor agropecuário brasileiro

Em 2019, a emissão antropogênica mundial foi de 54 GtCO₂ e (GWP-AR5), da qual cerca de 70% foi proveniente dos combustíveis fósseis. Já a participação dos sistemas alimentares nas emissões globais foi de 31%, com a emissão de 16,5 GtCO₂ e, lembrando que estes são sistemas transversais a diversos setores. A tendência é de aumento das emissões devido à expectativa de demanda futura de alimentos (Costa et al., 2022; FAO, 2021; Tubiello et al., 2022;). Os dados do último relatório do IPCC (2022) estimam que os setores da agropecuária e de mudança de uso do solo são responsáveis por aproximadamente 22% das emissões globais de GEE.

A agricultura e a pecuária são as principais atividades econômicas de muitos países em desenvolvimento cuja classe de renda está entre baixa e moderada, além de empregar inúmeros trabalhadores em todo o mundo (PNUMA, 2011; CEPAL, 2017). Segundo os dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), o caso brasileiro é um bom exemplo no que se refere ao setor agropecuário global e local, além disso, o país está entre os principais

produtores e exportadores de uma diversidade de produtos como: soja, café, milho, açúcar, algodão, suco de laranja e o complexo das carnes (suína, bovina e de frango) (USDA, 2023).

Dados da FAO (FAO, 2021) indicam que o escopo das emissões provenientes dos Sistemas Alimentares abrange as atividades desenvolvidas em suas cadeias, logo, as etapas associadas às mudanças de uso da terra resultam em emissões geradas através da conversão de uso da terra para uso agropecuários, etapas de produção (dentro da porteira¹⁸), em que processos e produtos são empregados, incluindo o transporte, processamento, insumos, fabricação, consumo e resíduos gerados pelo último elo, que é o consumidor final. Os sistemas alimentares representam cerca de 21% e 37% das emissões mundiais totais de gases de efeito estufa, sendo que entre 1990 e 2019, as suas emissões aumentaram cerca de 16% (FAO, 2021; IPCC, 2019).

No ano de 2019, o Brasil ocupava a terceira posição no ranking mundial dos países que mais emitem por sistemas alimentares, atrás da China, Índia e na frente dos EUA e da Indonésia. Enquanto nos EUA, China e Índia, a maior parte das emissões são provenientes das atividades agropecuárias e das cadeias produtivas (antes, dentro e depois da porteira), no Brasil a maior parte das emissões é devida às mudanças de uso da terra e florestas e à agropecuária (FAO, 2021). À medida que a discussão sobre as mudanças climáticas e a emissão de GEE crescem ao redor do mundo, novas possibilidades se apresentam para o país. Nesse cenário, entre as atividades econômicas-produtivas mais visadas estão aquelas ligadas aos setores agropecuário e de madeira.

Em termos de Balança Comercial o setor agropecuário brasileiro é responsável por 20% dos empregos e 43% de todas as exportações do país. Os segmentos de insumos representam 6%, agropecuária, 29%, agroindústria, 23% e distribuição, 42%, respondendo por 27,4% do produto interno bruto (PIB) nacional com R\$ 2,4 trilhões (CEPEA, 2022; IPEA, 2022). Esse desempenho coloca o Brasil em uma posição estratégica como um dos principais fornecedores de alimentos para o mundo (IPEA, 2022; Brasil, 2022a; 2022b). Por sua dimensão continental, pelo porte dos empreendimentos e por ter uma matriz energética considerada menos poluente, o Brasil tem se convertido em um *player* potencial (Brasil, 2020c¹⁹). No entanto, os desafios são igualmente significativos.

Para além da agropecuária, as Estimativas Anuais relativas ao ano de 2020 apresentaram resultados das emissões dos gases de efeito estufa para os setores de Energia, (2), Processos

¹⁸ Conforme Araújo (2007) “dentro da porteira” se refere ao que é realizado dentro da propriedade rural, isso envolve desde as etapas iniciais para o processo de produção até o final deste ciclo, onde terá o produto in natura pronto para comercializá-lo ou realizar uma primeira transformação.

¹⁹ Brasil, Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética Plano Nacional de Energia 2050 / Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2020.

Industriais e Uso de Produtos (IPPU, na sigla em inglês), (3) Agropecuária, (4) Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF, na sigla em inglês) e (5) Resíduos. A Tabela 3 apresenta os resultados de emissões por setor em 2020, os setores LULUCF (4), Agropecuária (3) e Energia (1) tiveram participação de 38,0%, 28,5% e 23,2% nas emissões totais, respectivamente. Já as emissões totais de 2020 foram 13,7% maiores quando comparadas às emissões de 2016.

Em 2021, o Brasil emitiu 2,4 bilhões de toneladas brutas de gases de efeito estufa, um aumento de 12,2% em relação a 2020, quando o país havia emitido 2,1 bilhões de toneladas. Efetivamente, é o maior aumento de emissões em quase duas décadas, superado apenas por 2003, ano em que as emissões cresceram 20% e atingiram seu pico histórico. Esse impacto do desmatamento nas emissões do Brasil fica evidente quando se analisa as emissões mais recentes do país. Em 2021, cerca de 49% das emissões nacionais estiveram atreladas à mudança de uso da terra (MUT), correspondendo a aproximadamente 1,15 GtCO₂ e dos 2,4 GtCO₂ e emitidos, sobretudo na Amazônia (SEEG, 2023).

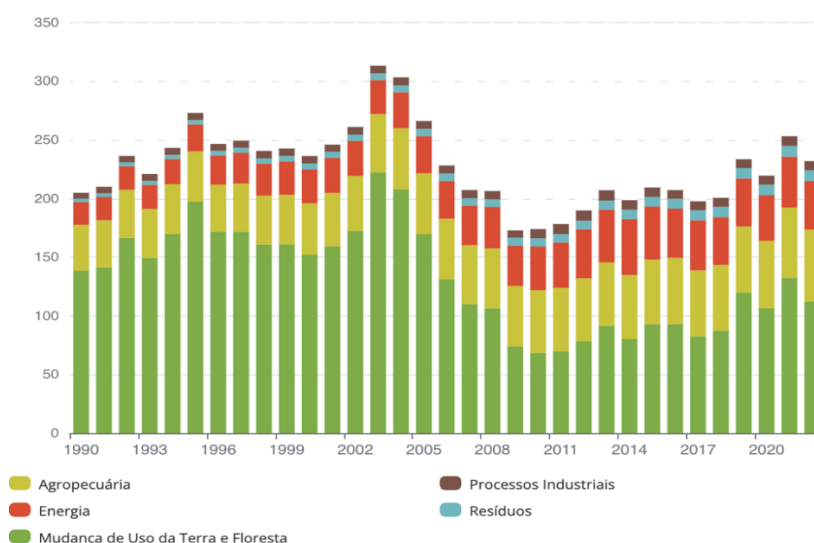
Tabela 3: Resultados de emissões de gases de efeito estufa (milhões de toneladas de CO₂eq) em 2020, por setor

Setores	Emissões totais	Contrib. setorial (%)	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	PFCs	HFCs	SF ₆
(1) Energia	389,48	23,2%	366,91	12,57	10,01	-	-	-
(2) IPPU	101,94	6,1%	92,45	0,80	0,36	0,24	7,76	0,33
(3) Agropecuária	477,67	28,5%	26,00	298,6	153,06	-	-	-
(4) LULUCF	637,04	38,0%	596,29	27,87	12,89	-	-	-
(5) Resíduos	69,63	4,2%	0,23	66,63	2,76	-	-	-
Total	1.675,76*	100%	----	-----	-----	-----	-----	-----

Fonte: MCTI, 2023.

Dados do Sistema de Estimativas de Emissões de Gases do Efeito Estufa do Observatório do Clima (SEEG, 2022) mostram que no Brasil a maior parcela das emissões é derivada das mudanças de uso da terra e florestas (47% e 27%, respectivamente). Comparando-se as emissões per capita brasileiras com as do resto do mundo, nota-se que o país segue emitindo mais do que a média mundial. Em 2020, último ano para o qual há dados globais disponíveis, as emissões per capita médias globais foram de 6,1 toneladas (Figura 04).

Figura 4: Evolução das emissões de 1990 – 2022 no Brasil, por setor



Fonte Observatório do Clima - Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG).

Segundo esses dados, no Brasil as emissões brutas per capita em 2022 foram de 11,4 toneladas, e as líquidas, de 8,3 toneladas, onde são mais próximas da média global, contudo ainda maiores que a média mundial. A devastação dos biomas novamente é a responsável por elevar esse patamar. Não fosse pelas mudanças de uso da terra, as emissões per capita brasileiras seriam de 5,9 toneladas, dentro da média mundial (SEEG, 2023).

Contudo, o país registrou queda de 8% nas emissões de gases estufa em 2022, de acordo com os dados do relatório do Observatório do Clima de 2023. Apesar da redução, os números são a terceira maior marca observada desde 2005 ficando atrás somente dos anos de 2019 e 2021. A redução na taxa de desmatamento da Amazônia em 2023 e o grande volume de chuvas, que geraram uma diminuição recorde no acionamento de termelétricas fósseis, foram os dois principais fatores que contribuíram para esse resultado (SEEG, 2023).

Em levantamento feito pelo Mapbiomas em 2023 (Mapbiomas, 2023a), mostrou que o avanço da agropecuária ocorreu em quase todos os biomas brasileiros entre 1985 e 2022. A exceção encontra-se na Mata Atlântica, o bioma mais desmatado do Brasil, no qual dois terços do território ocupado por essas atividades permaneceram estáveis nas últimas duas décadas. Na Amazônia, a área ocupada pela agropecuária saltou de 3% para 16%; no Pantanal, de 5% para 15%; no Pampa, de 29% para 44%; na Caatinga, de 33% para 40%. No Cerrado, as atividades agropecuárias ocupam metade do bioma (50%); em 1985, era um pouco mais de um terço (34%). Em todo o Brasil, a área ocupada por atividades agropecuárias passou de cerca de um quinto (22%) para um terço (33%) do Brasil. As pastagens avançaram sobre 61,4 milhões de ha entre 1985 e 2022; a agricultura, sobre 41,9 milhões de hectares.

Ao avançar sobre áreas de florestas, a agricultura põe em risco sua própria reprodução, já que é extremamente dependente do clima, podendo ser impactada pelo aquecimento do planeta e/ou pela ocorrência de eventos extremos, como tempestades, secas, veranicos e geadas (Scott *et al.*, 2018).

No caso do Brasil, frear o desmatamento, promover o reflorestamento, melhorar as práticas de uso da terra e buscar novas tecnologias, que promovam a redução das emissões de gases de efeito estufa convertem-se em mecanismos fundamentais para a mitigação das mudanças climáticas (Zalles *et al.*, 2021).

O setor agropecuário brasileiro tem como atividade predominante a pecuária extensiva, e uma das características potenciais para remoção de carbono atmosférico é por meio do manejo adequado das pastagens (Integração Lavoura Pecuária e Floresta - ILPF), reforçando a importância de considerar o sistema como um todo e não restringindo a análise somente às emissões. Além da pecuária, outro sistema produtivo relevante para a presente análise é o da agricultura. Neste grupo é possível inserir a agricultura familiar praticada em áreas urbanas e periurbanas, em especial, de base agroecológica integrada aos Sistemas Agroflorestais (SAFs). Essa prática está de acordo com o Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS²⁰ (Ferrão; Theodoro, 2023).

Ao considerar os ODS definidos pela Organização das Nações Unidas (ONU), a Agricultura Familiar é um fator essencial para fortalecer a capacidade de adaptação do Brasil aos riscos associados às mudanças climáticas, principalmente por meio da adoção de práticas agrícolas de base agroecológicas. No entanto, para avançar, é preciso buscar a mensuração adequada das emissões de GEE da atividade e o cálculo do balanço de carbono do sistema.

Segundo Oliveira (2023), o grande desafio do Brasil é buscar o fortalecimento de ações sustentáveis, sem perder de vistas a rentabilidade econômica, assim como, a adoção de tecnologias que garantam o melhor desempenho produtivo e adequabilidade técnica. Segundo a autora, esse conjunto de procedimentos poderá ser favorável ao desempenho ambiental mais adequado, contribuindo para que os recursos naturais (solo e água) sejam utilizados e manejados adequadamente de forma a garantir a sustentabilidade do sistema de produção. Nessa perspectiva o uso dos remineralizadores converte-se em uma oportunidade para o Brasil.

²⁰ ODS 2 - Erradicar a fome, com a promoção da segurança alimentar e nutricional da população vulnerável, como também a agricultura sustentável; viabilizando a inclusão das pessoas nas cidades através da produção sustentável e comercialização dos produtos, contribuindo para os objetivos da ODS 11 – Cidades Sustentáveis.

4.2 Estoque Médio de Carbono Orgânico nos Biomas brasileiros

Os solos são recursos naturais multifuncionais que oferecem diversos serviços ambientais que podem ser classificados em três categorias, a saber: suporte, provisão e regulação (Parron; Rachwal; Maia, 2015). Por outro lado, são geossistemas que se desenvolvem a partir de entradas de novos materiais, perdas de materiais originais e intemperismos físicos e químicos (Grotzinger; Jordan, 2023).

O carbono no solo pode ser encontrado principalmente como componente mineral, em estruturas de carbonatos (CaCO_3 , MgCO_3 etc.) ou em estruturas orgânicas, componente de resíduos de animais e plantas em diversas fases de transformação ou como carvão (carbono pirogênico) proveniente de eventos naturais de incêndios ou aplicado ao solo como biochar ou biocarvão (Teixeira et al., 2017).

O conhecimento dos estoques de carbono no solo é imprescindível para a caracterização e monitoramento de uma área relativamente à qualidade do solo (Oliveira et al, 2015). As variações de estoque de carbono no solo estão associadas à topografia e às práticas manejo da terra as quais têm grande implicação na manutenção da qualidade do solo e na estabilidade do clima, estando, portanto, diretamente relacionadas à prestação de serviços ambientais (Oliveira, 2021).

Os estoques de carbono no solo (ECS) são um dos indicadores-chave na prestação de serviços ambientais promovidos por boas práticas agrícolas (Oliveira; Braga; Roig, 2015). Vale destacar que nas regiões tropicais e, em particular no Brasil, as mudanças no uso do solo configuram a principal ameaça às questões climáticas, com a conversão de áreas de vegetação nativa em pastagens e áreas de agricultura intensiva e permanente (Oliveira, 2021a).

Outro ponto de destaque é que, os estudos publicados sobre os Carbono Orgânico no Solo (COS^{21}) em diferentes biomas brasileiros são de extrema importância para a compreensão das mudanças nos níveis de carbono de acordo com o manejo aplicado. O solo ocupa uma posição importante no que se refere ao sistema climático global, havendo mais carbono armazenado (Lal, 2013).

Em função disso, o solo pode ser tanto um fator de risco quanto solução às mudanças climáticas. As mudanças no uso da terra e as práticas inadequadas de manejo do solo adotadas para viabilizar os sistemas produtivos o tornaram fonte líquida de gases do efeito estufa. Práticas conservacionistas podem reverter esse cenário, removendo gás carbônico atmosférico

²¹ Na literatura encontra-se diferentes siglas e expressões que se referem ao cálculo de estoque de Carbono, como por exemplo, EC, ECS, Est C, COS ou Cs (para o idioma português). Nesta dissertação, a sigla adotada foi COS.

para armazená-lo na forma de COS. Tais práticas aumentam a qualidade do solo pela ação positiva do COS em suas propriedades (IPCC, 2023), recuperando áreas degradadas e enriquecendo solos com estoques de COS abaixo do seu potencial.

Conhecer a localização desses estoques nos biomas brasileiros e sua dinâmica temporal é crucial na averiguação de estimativas realistas de emissões e remoções de gases de efeito estufa pelo país. Essas estimativas conduzem as políticas públicas e programas criados para atingir a meta de redução de emissões definida pelo Brasil no Acordo de Paris (SEEG, 2022).

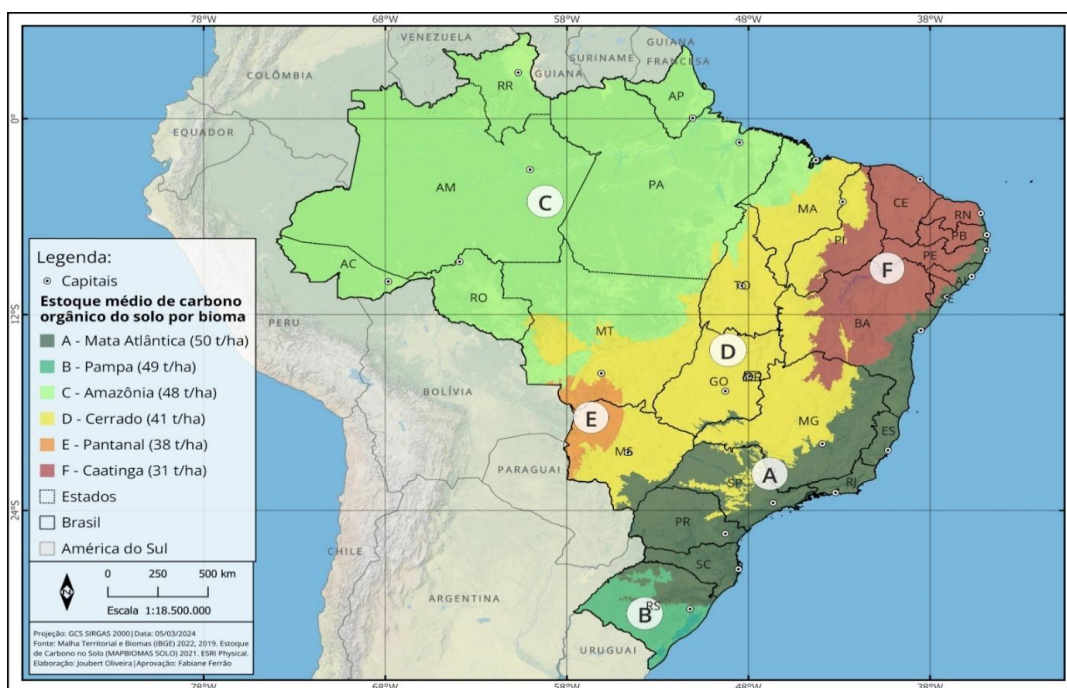
A economia brasileira possui maior dependência do uso do solo. Ainda assim, o Brasil possui informações nem sempre detalhadas do solo²² e de suas propriedades no espaço e no tempo. Todos os esforços de mapear os estoques de COS até então ignoraram a dinâmica temporal provocada pelas mudanças na terra e no clima. Os estoques estimados foram reportados como valores absolutos ou mapas atemporais (Poggio et al., 2021).

Para essa finalidade, em 2023 foi publicado um mapeamento inédito que enfatiza a necessidade de preservar a cobertura nativa dos seis biomas brasileiros: Amazônia, Mata Atlântica, Caatinga, Cerrado, Pampa e Pantanal (Mapbiomas, 2023). O MapBiomas Solo produziu mapas anuais do estoque de COS entre os períodos de 1985 e 2021 para todo o território brasileiro que reforça a necessidade de preservar a cobertura nativa dos biomas brasileiros, em especial na Mata Atlântica e no Pampa (Mapbiomas, 2023).

Ao analisar o estoque médio de COS por ha em cada bioma em 2021, observou-se que a Mata Atlântica (50 t/ha) e Pampa (49 t/ha) se destacam com os maiores valores, enquanto na Amazônia este valor é de 48 t/ha, Cerrado com 41 t/ha Pantanal com 38 t/ha e os menores estoques são encontrados na Caatinga (média de 31 t/ha). Para compor os dados de estoque médio de carbono orgânico no solo (COS) entre 1985 e 2021 o MapBiomas (2023) utilizou uma resolução espacial de 30 metros mostrando os estoques de COS nos primeiros 30 cm de profundidade, em toneladas por hectare (t/ha), conforme mostra o mapa na Figura 5.

²² No Brasil, dois órgãos têm se dedicado de maneira mais consistente à compilação, organização e distribuição de dados do solo. São eles a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), fruto da sua ativa participação em grandes projetos de levantamento de dados e mapeamento do solo, especialmente o antigo Projeto RadamBrasil.

Figura 5: Mapa -Estoque médio de carbono orgânico no solo por bioma no Brasil



Fonte: Mapbiomas, 2023. Elaborado por: Joubert Oliveira²³; Ferrão, Fabiane²⁴ e GPRochagem UnB.

À medida que a agricultura avança sobre os biomas, em especial o Cerrado, vale destacar a necessidade da utilização de ferramentas de sensoriamento remoto e Sistemas de Informações Geográficas (SIG), a fim de estimar melhor os impactos das mudanças do uso do solo e seus efeitos no sequestro de carbono (Batlle-Bayer; Batjes; Bindraban, 2010).

Para Roquette (2018), a contribuição do Cerrado na emissão de gases causadores do efeito estufa não é realizada apenas pela mudança do uso do solo, mas, também, é causada pelo fogo, que atinge o ambiente nas épocas de estiagem em um processo natural. No entanto, o carbono perdido é novamente acumulado no período vegetativo, tendo pouca contribuição para a emissão de gases do efeito estufa devido às atividades antrópicas exercidas sobre o bioma.

Logo, a utilização de remineralizadores de solo (rochagem) na recuperação de áreas degradadas e na agricultura de base agroecológica ou em transição, converte-se em uma prática e/ou tecnologia importante para incrementar o processo de fertilização e carbonatação no solo, bem como para reduzir a contaminação por conteúdos de CO₂ e Óxidos de Nitrogênio nos corpos hídricos, solos e atmosfera. Pelo contrário, a técnica da rochagem ainda permite a captura de grandes quantidades GEE, em especial o CO₂.

²³ Joubert de Oliveira - Cientista Ambiental pela Universidade de Brasília – UnB e Técnico em Geoprocessamento pelo Instituto Federal de Lavras-MG.

²⁴ Fabiane Ferrão - Mestra em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural – MADER (UnB).

4.3 Exemplos de Projetos do Mercado Voluntário de Carbono no Brasil

Para compor a análise dos resultados sobre o mercado voluntário de carbono no Brasil constatou-se que a Plataforma de VCS²⁵ possui total de 2.169 projetos padrão de carbono verificado, (inglês, *Verified Carbon Standard - VCS*) registrado em 2024.

É preciso salientar que, a partir dos projetos registrados na plataforma, utilizou-se um filtro para projetos em Agricultura, Silvicultura e Outros Usos do Solo (AFOLU, do inglês *Agriculture, Forestry, and Other Land Use*) no Brasil e que estão vigentes dentro das categorias Florestação, Reflorestamento e Revegetação (ARR), Emissões Reduzidas por Desmatamento e Degradação (REDD e REDD+), Conversão Evitada de Pastagens e Matagais (ACoGS) e Melhor Gestão Florestal (IFM). Esse recorte resultou em 21 projetos AFOLU que se enquadram nestas categorias e estão inseridos nos biomas Cerrado, Pantanal e Amazônia (Tab. 4).

Tabela 4: Projetos no mercado voluntário de carbono no Brasil e ano de encerramento, por setor e bioma

Projetos	Setor AFOLU	Bioma	Ano de encerramento
Projeto Agrupado Corredores para a Vida ARR	ARR	Pantanal	2047
Projeto REDD+ Serra do Amolar	REDD	Pantanal	2046
Projeto Unitor Redd+	REDD	Amazônia	2048
Projeto Conversão Evitada Cerrado	ACoGS	Cerrado	2027
Projeto REDD Agrupado do Ipê Amarelo	REDD	Amazônia	2050
Projeto Agroflorestal Fazenda Nascente do Luar	ARR	Pantanal	2045
Projeto ARR Carbono Verde	ARR	Amazônia	2045
Projeto Floresta Verde REDD+	REDD	Amazônia	2045
Projeto REDD Agro córtex	REDD	Amazônia	2044
Fazenda São Paulo Arborização	ARR	Pantanal	2032
Projeto REDD Fortaleza Ituxi	REDD	Amazônia	2043
Amazona Rio REDD+ IFM	IFM; REDD	Amazônia	2049
Projeto Corredor de Biodiversidade Emas-Taquari	ARR	Cerrado – Pantanal	2040
Projeto Carbono Florestal Suruí	REDD	Amazônia	2039
Projetos Russas	REDD	Amazônia	2041
Projeto REDD Ecomapua Amazônia	REDD	Amazônia	2032
Projeto Redd+ Jari/Amapá	REDD	Amazônia	2041
RESEX* Rio Preto-Jacundá Projeto REDD+	REDD	Amazônia	2042
Projeto Purus	REDD	Amazônia	2041
Projeto Cikel REDD APD	REDD	Amazônia	2027
Projeto Envira Amazônia	REDD	Amazônia	2042

Fonte: Verra, 2024. Elaborado pela autora.

*RESEX - Reservas Extrativistas.

²⁵ Cabe ressaltar que o mercado voluntário utiliza o instrumento criado no Protocolo de Quioto, através do MDL e as metodologias propostas para mitigação das mudanças climáticas, sendo que as principais proponentes de metodologias e certificadoras são *Verified Carbon Standard* (VCS) da Verra, Gold Standard, Social Carbon, Global Carbon Council (GCC). Para essa pesquisa optou por utilizar os dados da VERRA.

Seguindo a tendência do que é apresentado na Tabela 5, ao analisar o escopo setorial AFOLU (21 projetos registrados), constatou-se que as reduções de emissões anuais estimadas no âmbito desses projetos são de 5,3 milhões de tCO₂e_q numa área total de 1,07 milhões de hectares.

Tabela 5: Área (ha) e estimativas de redução (tCO₂e⁻¹) de projetos no mercado voluntário de carbono no Brasil

Projetos	Área (ha)	Reduções Anuais Estimadas (tCO ₂ e) ¹
Projeto Agrupado Corredores para a Vida ARR	15.517	119.148
Projeto REDD+ Serra do Amolar	135.060	90.592
PROJETO UNITOR REDD+	94.270	522.923
Conversão Evitada Cerrado	17.509	100.000
Projeto REDD Agrupado do Ipê Amarelo	86.097	273.302
Projeto Agroflorestal Fazenda Nascente do Luar	342	22.797
Projeto ARR Carbono Verde	39.150	516.780
Projeto Floresta Verde REDD+	53.528	340.000
Projeto REDD Agrocórtex	186.369,66	483.594
Fazenda São Paulo Arborização	287	19.380
Projeto REDD Fortaleza Ituxi	1.836,5	137.675
Amazon Rio REDD+ IFM	20.387	61.238
Projeto Carbono no Corredor de Biodiversidade Emas-Taquari, GO - MS	520	6.870
Projeto Carbono Florestal Suruí	31.994	247.460
Projetos Russas	41.976	120.147
Projeto REDD Ecomapua Amazônia	86.270	723.38
PROJETO REDD+ JARI/AMAPÁ	65.982	115.009
RESEX Rio Preto-Jacundá Projeto REDD+	94.289	414.290
Projeto Purus	34.702	89.868
Projeto Cikel REDD APD	27.434	370.000
Projeto Envira Amazônia	39.301	1.259.646
Total	1.072.821	5.310.719

Fonte: Verra, 2024. Elaborado pela autora.

¹Os créditos transacionados são íntegros e que de fato equivale a redução de emissão de uma tonelada de dióxido de carbono equivalente (tCO₂e).

*RESEX - Reservas Extrativistas.

Embora esse mercado não precise de regulamentação, ao longo da pesquisa observou-se que a grande maioria dos projetos que integra o mercado voluntário de carbono usa padrões reconhecidos para orientar o desenvolvimento do projeto e para garantir que as reduções de emissões sejam reais e “adicionais”. Nesse contexto, a maioria dos projetos precisa cumprir critérios e passar por diversas etapas, como por exemplo, o proponente do projeto deve escolher o padrão, a metodologia aceita pelo padrão para o cálculo da redução de emissões, descrever o projeto através da elaboração do Documento Concepção de Projeto (DCP), entre outras etapas (Verra, 2024).

4.4 Exemplos de Projetos do Mercado Voluntário de Carbono nos biomas Pantanal, Cerrado e Amazônia

Ainda que tenha se configurado como o objeto central de estudo desta dissertação a legislação brasileira acerca do mercado de carbono no cenário da agricultura familiar e o uso de remineralizadores de solo, foram definidos três projetos inseridos nos biomas Pantanal, Cerrado e Amazônia e categorizados em ARR, REDD e REDD+ para integrar uma análise mais detalhada, sendo eles: Projeto REDD+ Serra do Amolar, Projeto Corredor de Biodiversidade Emas-Taquari e RESEX Rio Preto-Jacundá Projeto REDD+.

A Tabela 6 exibe o escopo setorial dos três projetos registrados e analisados para compor os exemplos de Projetos no Mercado Voluntário de Carbono no setor AFOLU em 2024. As reduções de emissões anuais estimadas são de 511 mil de tCO₂e numa área total de quase 230 mil hectares.

Tabela 6: Exemplos de Projetos no Mercado Voluntário de Carbono no Brasil

Projetos	AFOLU	Bioma	Reduções Anuais Estimadas (tCO ₂ e)	Área em hectare
Projeto REDD+ Serra do Amolar	REDD	Pantanal	90.592	135.060
Projeto Corredor de Biodiversidade Emas-Taquari	ARR	Cerrado	6.870	520
RESEX Rio Preto-Jacundá Projeto REDD+	REDD	Amazônia	414.290	94.289
TOTAL	--	--	511.752	229.869

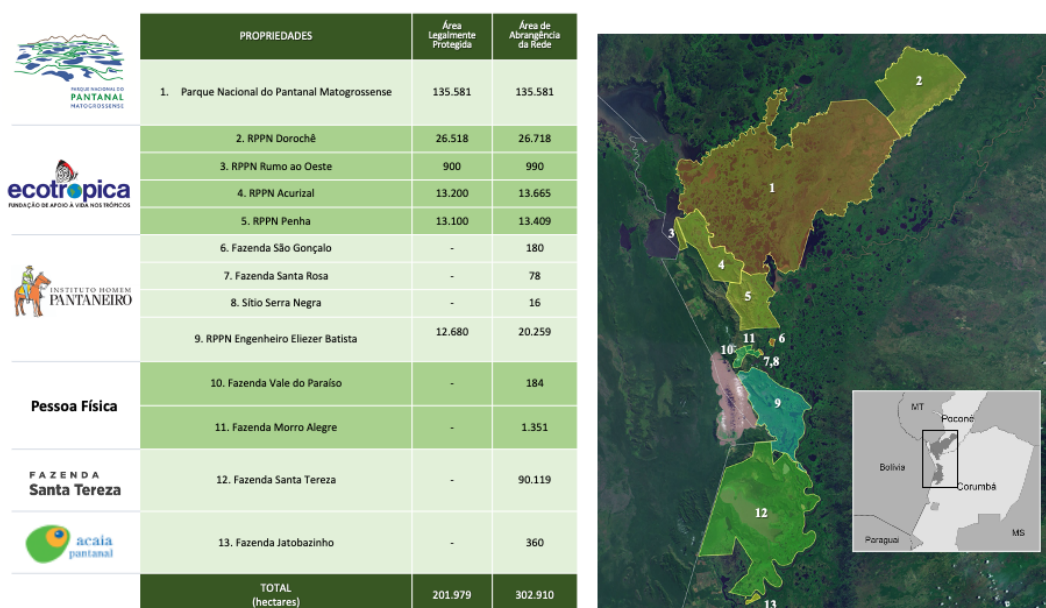
Fonte: Verra, 2024. Elaborado pela autora.

¹Os créditos transacionados são íntegros e que de fato equivalem a redução de emissão de uma tonelada de dióxido de carbono equivalente (tCO₂e).

*RESEX - Reservas Extrativistas.

O Projeto REDD+ Serra do Amolar tem como proponente o Instituto Homem Pantaneiro (IHP) para a proteção da Rede Amolar (Rede de Proteção e Conservação da Serra do Amolar). O projeto está categorizado como REDD+ e faz parte do setor Agricultura, Silvicultura e Outros Usos da Terra (AFOLU). Especificamente, o projeto também faz parte da categoria de projeto Desmatamento e Degradação Não Planejados Evitados (AUDD) e está inserido no bioma Pantanal. Cabe ressaltar que esse projeto preserva e conserva uma parte representativa do ecossistema pantaneiro, que tem cerca de 140,9 mil hectares, e que está localizado na região estratégica do Mato Grosso do Sul e Mato Grosso. A (Figura 6) mostra a área de abrangência do Projeto.

Figura 6: Área de abrangência (ha), área legalmente protegida (ha), área de abrangência de rede (ha) e propriedades do Projeto REDD+ Serra do Amolar – Mato Grosso do Sul e Mato Grosso



Fonte: Acervo do Instituto Homem Pantaneiro (IHP).

Segundo as informações do Instituto Homem Pantaneiro (IHP)²⁶, esta região apresenta altos níveis de risco de desmatamento causado pela especulação fundiária associada à pecuária e à agricultura. O projeto tem benefícios quantificáveis para o Clima, a Comunidade e a Biodiversidade (CCB) porque proporciona emprego, formação e acesso às famílias que vivem dentro e à volta da área do projeto para se capacitarem numa região onde há déficit de emprego e oportunidades (IHP, 2024).

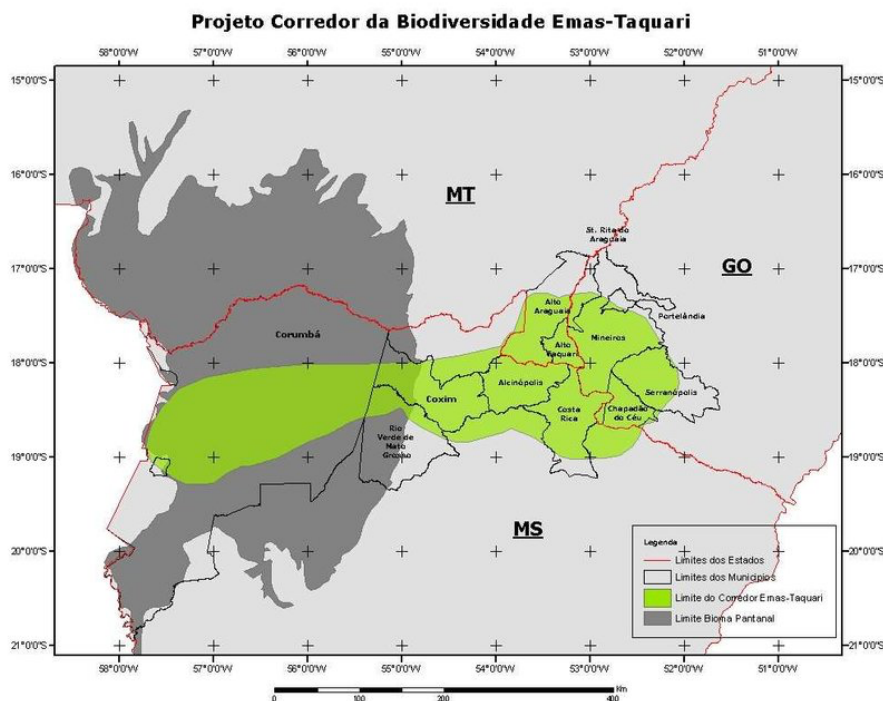
No bioma Pantanal, é o primeiro projeto certificado no Brasil, como resultado do Programa Conexão Jaguar, e tem potencial de redução anual de mais de 90 mil toneladas de CO₂e, sendo que para 2030 há uma previsão de redução de 430 mil toneladas de CO₂e. Ainda, a iniciativa terá o desafio de reduzir em 90% o desmatamento não planejado, no qual está incluído o fogo, considerado o principal fator de desmatamento neste bioma (IHP, 2024).

O segundo exemplo é o Projeto de Reflorestamento do Corredor de Biodiversidade Ecológico Emas-Taquari faz parte de uma estratégia mais ampla de conservação e restauração do corredor de biodiversidade Cerrado-Pantanal e está categorizado em Florestação, Reflorestamento e Revegetação (ARR), além disso, inclui o reflorestamento de 589 hectares com espécies nativas do Cerrado, especialmente aquelas fortemente relacionadas com a fauna e/ou com usos econômicos não destrutivos (não madeireiros), como frutas, sementes, fibras, óleos e mel.

²⁶ Informações complementares IHP. 2024: <https://institutohomempantaneiro.org.br/pantanal-tem-primeira-certificacao-de-credito-de-carbono-com-projeto-redd-serra-do-amolar/> Acesso em: 20/03/2024.

Segundo dados públicos do Projeto Reflorestamento do Corredor Ecológico Emas-Taquari pretende-se a remoção média de 12,13 toneladas de CO₂ por ha por ano, resultando, após 30 anos, em 363,81 toneladas de CO₂e por hectare acumulado. Ao final de 30 anos com todas as áreas a serem reflorestadas nos 588,9 ha, poderão resultar em um estoque total de 214.245 toneladas de dióxido de carbono, sendo 206.115 tCO₂e o valor líquido resultante da atividade do projeto. O Projeto envolve 50 famílias proporcionando desenvolvimento local por meio da geração de emprego e renda e capacitação técnica para produção de mudas e reflorestamento de áreas degradadas e (Brcarbon, 2024). A Figura 7 apresenta a área do Projeto Corredor de Biodiversidade Emas-Taquari.

Figura 7: Área do Projeto do Corredor Ecológico Emas-Taquari – Goiás e Mato Grosso do Sul



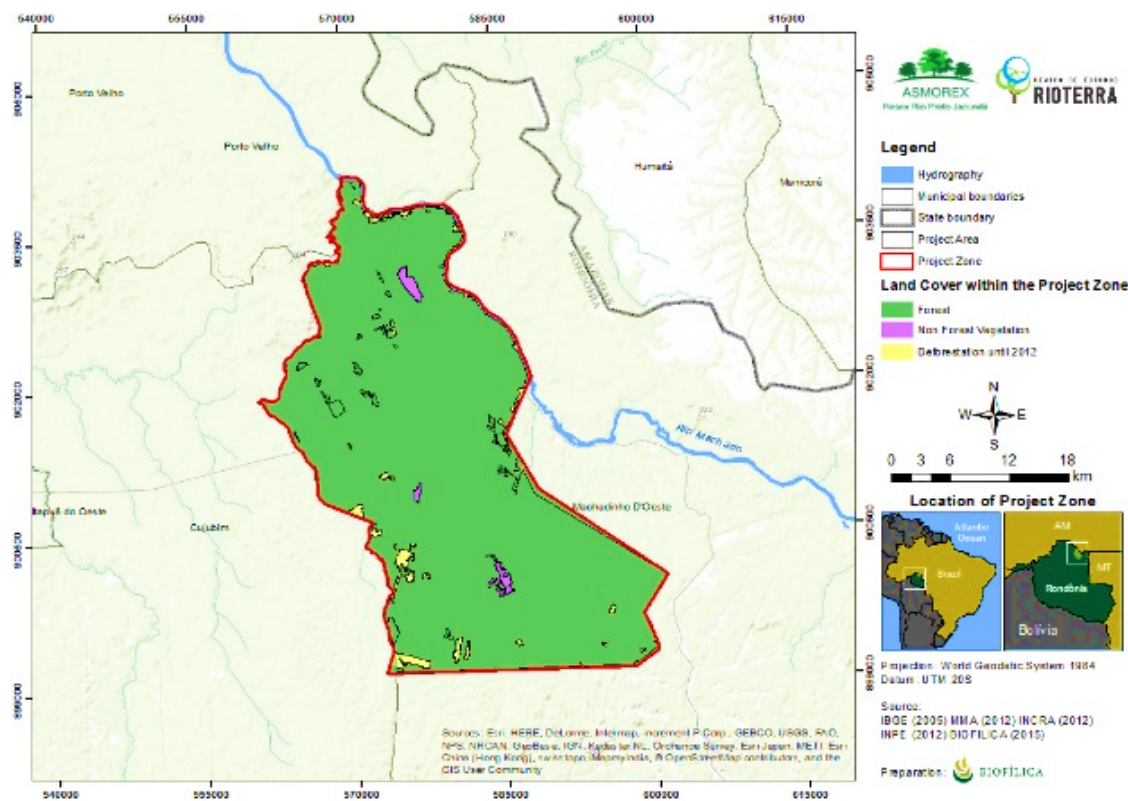
Fonte: Acervo brCarbon, 2024²⁷

O terceiro caso selecionado faz parte do Projeto REDD+ RESEX Rio Preto-Jacundá. Trata-se de uma parceria entre a Biofílica e os moradores da Resex Rio Preto-Jacundá, representados pela Associação de Moradores da Reserva Extrativista Rio Preto-Jacundá e Ribeirinhos do Rio Machado (ASMOREX), tendo o Centro de Estudos Rioterra (CES Rioterra) e a Diretoria Executiva das Reservas Extrativistas do Vale do Anari (CDREX) como parceiros no planejamento e implementação das atividades do Projeto. Localizada na reserva extrativista de mesmo nome nos municípios de Machadinho D'Oeste e Cujubim, nordeste do Estado de

²⁷ Brcarbon, 2024. Informações complementares em: Acesso em: <https://brcarbon.com.br/emas-taquari/>

Rondônia, a RESEX Rio Preto-Jacundá possui um território de 95 mil ha. Foi criado em 1996 pelo Decreto Estadual 7.336 e tem um histórico de luta pelos direitos dos seringueiros. A Figura 8 apresenta a área da Reserva Extrativista Rio Preto- Jacundá.

Figura 8: Mapa – Área do Projeto REDD+ RESEX Rio Preto Jacundá - Rondônia



Fonte: Biofilica²⁸ – RO, 2024.

O principal objetivo do Projeto REDD+ RESEX Rio Preto-Jacundá é a promoção da sustentabilidade da comunidade extrativista por meio da redução da degradação florestal e do desmatamento não planejado e ilegal, e consequente emissão de gases de efeito estufa (GEE), alcançada por meio de um rol de atividades financiadas pela venda de créditos de carbono.

O mercado brasileiro é dominado principalmente por projetos de Energia (63%), seguido por projetos de Agricultura, Floresta e Outros Usos da Terra (AFOLU) (25%). Entretanto, apesar do maior número de projetos de energia, observa-se que o volume de créditos gerados pelos projetos relacionados ao setor AFOLU é significativamente maior. Em 2020 e 2021, a participação dos créditos gerados por esses projetos foi de 81% e 73%, respectivamente,

²⁸ Informações complementares: Acervo Biofilica: <https://www.sedam.ro.gov.br/projeto-redd-rio-preto-jacunda-biofilica-ro/>.

enquanto os créditos gerados por projetos de energia tiveram participação de 18% e 24% nesses mesmos anos (Gold Standard, 2021).

Desse modo, os projetos apresentados como exemplo nessa dissertação estão de aderentes aos ODS (9, 12, 13, 15 e 17)²⁹. A implementação de projetos nas áreas dos biomas Amazônia, Cerrado e Pantanal converte-se em exemplos importantes para evitar os processos de desmatamento que são recorrentes nesses biomas. Um estudo apresentado pelo MapBiomas (2023), constatou que a Amazônia e o Cerrado juntos respondem por 70,4% dos alertas e 90,1% da área desmatada em 2022. No Pantanal, observou-se uma diminuição no número de alertas validados (-8,9%), mas um aumento de 4,4% na área desmatada entre 2021 e 2022.

4.4 Exemplos de Projetos internacionais de Mercado voluntário de carbono

Enquanto no Brasil o foco dos pagamentos dos créditos de carbono está vinculado à proteção e conservação das florestas (REDD e REDD+), outros países desenvolvem tecnologias baseadas no uso de máquinas, equipamentos e processos que tenham o potencial e mostrem eficiência e controle de captura, armazenamento e monitoramento.

Ainda que no nível internacional existem muitos projetos que aderiram ao mercado de carbono, mediante práticas, ações e iniciativas que buscam quantificar as emissões evitadas ou os mecanismos de captura de carbono, nessa pesquisa optou-se por selecionar e analisar projetos que, de modo geral, propõem-se a estabelecer metodologias de captura de CO₂ utilizando-se de recursos como água, rochas, fotossíntese e soluções sintéticas.

Os projetos estão disponíveis na plataforma virtual da *Frontier Climate*³⁰ que faz a gestão de projetos de pesquisa que buscam desenvolver metodologias de captura de CO₂ como um Compromisso Antecipado de Mercado. O resultado dessa seleção, exibindo a origem da Empresa, do projeto aprovado, sua localização, a categoria que se enquadra (quanto à tecnologia aplicada) e uma estimativa de redução por prazos definidos. Foram analisados projetos e contratos de 2022 a 2023 (Tabela 7).

²⁹ ODS citados são: **Objetivo 9.** Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação; **Objetivo 12.** Garantir padrões de consumo e de produção sustentáveis; **Objetivo 13.** Tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos; **Objetivo 15.** Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade; **Objetivo 17.** Fortalecer os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável.

³⁰ Plataforma virtual da *Frontier Climate* <https://github.com/frontierclimate>

Tabela 7: Lista de Projetos de Compromisso Antecipado de Mercado (CAM) gerado a partir da sistematização dos dados disponíveis na plataforma digital da empresa *Frontier Climate* com vigência de atuação de 2022 a 2023.

Empresa	Local/bioma	Tecnologia aplicada	Reduções estimadas
Arbor	16 estados dos Estados Unidos	Desenvolvimento de uma solução BiCRS (Biomassa com Remoção e Armazenamento de Carbono) de energia limpa que produz eletricidade e água doce com emissões negativas de carbono, ao mesmo tempo que aborda as deficiências da BECCS (Bioenergia com Captura e Armazenamento de Carbono) tradicional. A tecnologia baseia-se na fotossíntese das plantas para eliminar naturalmente o CO ₂ da atmosfera.	1x10 ¹³ t
Crew	Departamento de Ciências da Terra e Planetárias de Yale e do Laboratório de Contenção de Carbono de Yale (CCL), Estados Unidos.	Processo de intemperismo aprimorado conduzido em um sistema de reator concebido para uma captura rápida e verificável de CO ₂	322 x10 ³ t
Captura	Pasadena, Califórnia, Estados Unidos	Tecnologia de equipamento que aspira uma corrente de água do mar filtrada para o sistema, 0,5% da qual é desviada para uma unidade de eletrodialise própria. A água sofre dissociação, dividindo o sal e a água em um ácido e uma base alcalina. O ácido gerado é adicionado ao fluxo de 99,5% da entrada original de água do oceano, desencadeando um processo químico que liberta o CO ₂ dissolvido da água do oceano, que é então extraído utilizando um gás líquido e uma bomba de vácuo. O CO ₂ é capturado como um fluxo de gás purificado, permitindo o sequestro ou a utilização subsequente.	1 x 10 ⁶ t
Carbin minerals	Vancouver, Canadá	Sistema que envolve a instalação de máquinas numa barragem de rejeitos para manipular a superfície de modo a manter uma taxa elevada de captura de CO ₂ em relação à linha de base. Os rejeitos adjacentes não perturbados e fornecerão dados de controle. Desenvolvimento de métodos para medir com precisão e rapidez os principais parâmetros químicos e físicos. Os dados recolhidos por estes sensores alimentam algoritmos que relacionam a taxa de captura de CO ₂ com os parâmetros-chave.	2000t
Carbon to stone	Ithaca, Nova York, Estados Unidos	A tecnologia utiliza solventes regeneráveis, como o glicinato de sódio, para capturar o CO ₂ do ar, seguido de mineralização do carbono, em que os solventes carregados de CO ₂ reagem com materiais alcalinos, como escórias, cinzas volantes ou rejeitos de minas, para produzir carbonatos contendo Ca- ou Mg e regenerar os solventes.	300.000 – 400.000t
Cella	Nairobi, Quênia e Nova York, USA	Desenvolvimento de uma tecnologia durável de armazenamento de carbono através de uma rápida implantação nos basaltos do Quênia. Situado na África Oriental, onde a atividade tectónica levou a um vulcanismo extenso. Será empregado um novo método de co-injeção de CO ₂ com água salina + resíduos de salmoura geotérmica com uma margem de recuperação de água de 100%, contornando questões de procura de água e permitindo o acesso global a esta tecnologia.	731,573t
Inplanet	Brasil (Piracicaba)/Alemanha (München)	Aplicação de pó de rocha silicatadas em terras agrícolas e silviculturais em regiões onde o potencial de aumento das taxas de intemperismo é mais elevado: os trópicos.	200-250t

Kodama	Sonora, CA + New Haven, CT, Estados Unidos.	Utilização de cofres de madeira seca que contém resíduos de biomassa lenhosa resultantes da poda e restauração florestal em regiões de risco grave de incêndio florestal. Em uma escala abrangente esta abordagem pode: (i) Implementar a remoção de carbono a custos próximos de \$60/tonelada de CO ₂ a curto prazo; (ii) Remover cargas substanciais de combustível das florestas, compensando ou eliminando os custos de remoção	6 x 10 ⁶ t
Nitricity	Fremont, Califórnia e Muscle Shoals, Alabama, Estados Unidos.	Proposta de construção (ou reequipamento) de fábricas de fertilizantes NPK para extrair CO ₂ da atmosfera e armazenar permanentemente o carbono sob a forma de carbonato de cálcio (calcário). Este processo prevê que a implementação de soluções de nitro-fosfato e o processo denominado "carbonização do ácido nitrofosfórico".	40 t
8 Rivers	Durham, North Carolina, Estados Unidos	A tecnologia utiliza uma pasta fina de hidróxido de cálcio para remover o CO ₂ do ar a baixo custo com baixo risco tecnológico, maximizando o espaço vertical e a taxa de reação para reduzir a área de terreno. Os principais componentes deste sistema são econômicos e tecnológicos: um forno de cal com captura de carbono, um <i>slaker</i> , um armazém, um sistema de imersão de cal e remoção de material, e um sistema de transporte.	1,14 x 10 ⁶ t
Aspira DAC	Sydney, Austrália	É uma tecnologia de absorção-dessorção modular, alimentada por energia solar e de baixa absorção-dessorção a baixa temperatura. Em lugar de limitar a obtenção de energia renovável da rede, a configuração da tecnologia integra o fornecimento de energia, incluindo painéis solares e baterias para fornecer energia contínua 24 horas por dia, 7 dias por semana, com o de captura. Significa que a tecnologia é imune aos preços da rede e à intensidade das emissões de carbono da rede. A estrutura é composta por módulos, e cada módulo tem o tamanho aproximado de uma tenda para duas pessoas e contém recipientes adsorventes suficientes para capturar cerca de 2tpa de CO ₂	310t
Lithos	New Haven, CT; Atlanta, GA; Seattle, WA, Estados Unidos	Mineralização de dióxido de carbono ex-situ através do intemperismo aprimorado de rochas (ERW do termo em inglês <i>Enhanced Rock Weathering</i>) em terras agrícolas geridas, com software para uma implementação otimizada e uma atribuição empírica inovadora e rentável. O processo utiliza basalto natural como catalisador para converter o CO ₂ atmosférico em carbono inorgânico dissolvido (DIC).	1.000t
Living	San Francisco Bay Area, Estados Unidos	Transformação da esporopolinina em microalgas, devido à sua eficiência fotossintética e taxa de crescimento em comparação com as plantas terrestres. Se este marco for alcançado, será um imenso avanço científico no armazenamento permanente de carbono nas plantas, com potencial para ser aplicado numa série de espécies, estruturas vegetais e opções de armazenamento.	229,4t
Origin	Inglaterra e Estados Unidos	Desenvolvimento de uma nova configuração de forno que produz cal altamente reativo e um fluxo de CO ₂ de elevada pureza, eliminando a necessidade de uma purificação de carbono pós-combustão.	4.325 t
Travertine	Boulder, CO, Estados Unidos.	Desenvolvimento de um processo eletroquímico para produzir e reciclar ácido sulfúrico, removendo simultaneamente o CO ₂ através da precipitação de minerais de carbonato.	319,2 t

Airhive	Londres, Inglaterra	Construção de sistema geoquímico de captura direta do ar (DAC) para acelerar a remoção do dióxido de carbono, tirando partido da fluidização de um sorvente mineral misto nano-estruturado num sistema de reator próprio.	943t
Alkali Earth	Northfield, Minnesota, Estados Unidos	Utilização de agregados alcalinos à base de escória na construção de estradas, de cascalho para converter o CO ₂ atmosférico em minerais de carbonato estável, que facilitaria a remoção permanente e verificável do dióxido de carbono. Os materiais são altamente reativos com o CO ₂ devido à sua elevada concentração de silicatos. Ao triturar estes materiais e espalhá-los em superfícies de estradas na forma de agregados provoca-se uma exposição ao CO ₂ atmosférico. O tráfico (pneus) quebram as crostas superficiais para facilitar a Remoção de Dióxido de Carbono (CDR) contínua.	1.551t
Arbon	Nova York, Estados Unidos	Desenvolvimento de material reutilizável que captura CO ₂ diretamente do ar em estado seco e o libera quando molhado. A elevada concentração de CO ₂ libertada pode ser utilizada e armazenada permanentemente. A tecnologia utiliza a adsorção por oscilação de umidade (água) em todo o processo.	2.777t
Banyu	Seattle, WA, Estados Unidos.	Utilização de um fotoácido reversível ativado pela luz como um meio de baixa energia para extrair e concentrar CO ₂ da água do mar. Os fotoácidos reversíveis são utilizados para acidificar temporariamente a água do mar e remover o CO ₂ .	360t
Carbon Atlantis	Munich, Alemanha	Baseia-se no uso de célula eletroquímica para provocar uma mudança de pH eficiente em termos energéticos. O sistema é modular e construído utilizando membranas. Utiliza o CO ₂ capturado de minerais de silicato moídos (olivina) e água para os alimentar num reator de mineralização acelerada. Sob temperatura e pressão elevadas, o reator produz um fluxo mineral de saída de minerais de carbonato (MgCO ₃) e sílica amorfa (SiO ₂). O produto de sequestro é um carbonato mineral (MgCO ₃) que é termodinamicamente estável	153t
CarbonBlue	Israel	Utiliza a Remoção Direta do Oceano (DOR) de CO ₂ e permite que CO ₂ atmosférico seja absorvido pelo oceano, preservando a composição mineral da água. Aproveita-se da capacidade que o oceano tem para oferecer para uma Remoção de Dióxido de Carbono (CDR) eficiente em termos de custos, com um mínimo de incerteza relativamente aos impactos ambientais adversos.	320t
Carboniferous	San Jacinto St, Houston, Estados Unidos	Utiliza biomassa (restos de culturas agrícolas) recolhida armazenada e processada em uma bacia anóxica profunda e hipersalina localizada a 2.400 m abaixo da superfície do oceano e 130 milhas ao sul da Louisiana.	500t
EDAC Labs	Baltimore, MD, Estados Unidos	Processo eletroquímico de separação de sais. Utiliza eletricidade e salmoura como entradas, funciona à temperatura e pressão ambiente. Este sistema tem o potencial de fornecer ácido e base para captura direta no ar, aumento da alcalinidade oceânica, captura direta no oceano e outras atividades de descarbonização em que o ácido e/ou a base se revelem essenciais	318t
Holocene	Knoxville, TN, Estados Unidos	Abordagem termoquímica para o Captura Direta do Ar (DAC) que envolve um processo de carregamento de CO ₂ aquoso (líquido) e um processo de regeneração/descarregamento de CO ₂ a baixa temperatura (~100-120°C)	322t

Mati	Houston T, Estados Unidos	Baseia-se no ERW a partir do uso de basalto em pequenas propriedades agrícolas de arroz indiano para capturar e sequestrar carbono.	500t
Planetary	Nova Scotia, Canadá	Visa remover e transforma os emissários costeiros em máquinas de remoção de carbono, por meio de um processo definido como Aumento da Alcalinidade do Oceano (OAE), mediante a adição de hidróxido de magnésio (MH) ao oceano que tem a função de neutralizar o CO ₂ ácido presente na água do mar, convertendo-o em carbonato e bicarbonato.	2000t
Rewind Earth	Israel	Aceleração do processo natural de fotossíntese em materiais /resíduos agrícolas e florestais. O material é qualificado, embalado, transportado e armazenado no fundo do mar anóxico profundo do Mar Negro.	773t
Spiritus	Los Alamos, NM; Bay Area, CA; Wyoming	Desenvolvimento de um sorvente sólido de captura direta de ar (DAC) através de contato passivo e é transportado para um sistema centralizado	714t
Vaulted	Houston, Texas, Estados Unidos	Tecnologia de injeção geológica de resíduos orgânicos minimamente processados para remoção permanente de carbono em fissuras da rocha de modo a que as partículas sólidas possam ser entre as fácies rochosas, resultando no armazenamento permanente de sólidos que contêm carbono no subsolo.	1.666,66t
Vycarb	Brooklyn, Estados Unidos	Aumento da adição de alcalinidade em águas naturais usando um novo aparelho de detecção acoplado a um sistema de processamento de água. Remoção de carbono da água medindo, controlando e produzindo CDR através da conversão de CO ₂ biogénico dissolvido em carbono inorgânico estável e dissolvido (HCO ₃ e CO ₃) através da adição de cálcio e magnésio.	184t

Fonte: *Frontier Climate* :<https://github.com/frontierclimate> . Elaborado pela autora.

Os critérios da empresa para seleção de projetos consideraram a durabilidade, pegada física, custo, capacidade, negatividade líquida, adicionalidade, verificabilidade, segurança e legalidade, que possam garantir maior controle e segurança na captura de carbono. Pôde-se verificar que uma grande parte dos projetos apresentados considera o Intemperismo Aprimorado de Rochas (ERW do termo em inglês *Enhanced Rock Weathering*), Beerling *et al.* (2020), o que indica que a tecnologia da rochagem vem crescendo não apenas no âmbito da busca de manutenção da produtividade agrícola e da fertilidade do solo, mas, também, na via da sustentabilidade, fornecendo serviço ecossistêmico como a captura de carbono durante a ciclagem de nutrientes sob a ótica de novas tecnologias.

Os projetos mostrados na Tabela 7 não são categorizados ou se enquadram como REDD e REDD+ uma vez que são pesquisas financiadas, e visam a obtenção de tecnologias analíticas e/ou metodologias de captura direta de CO₂. Portanto, não resulta na proteção direta de ecossistemas, florestas ou desenvolvimento na agricultura, mas indiretamente, pela captação de GEE que seriam emitidos. Esse tipo de mercado de crédito de carbono, adquirido por empresas já é regulado em alguns países da Europa e USA, mas ainda não está regulado no Brasil.

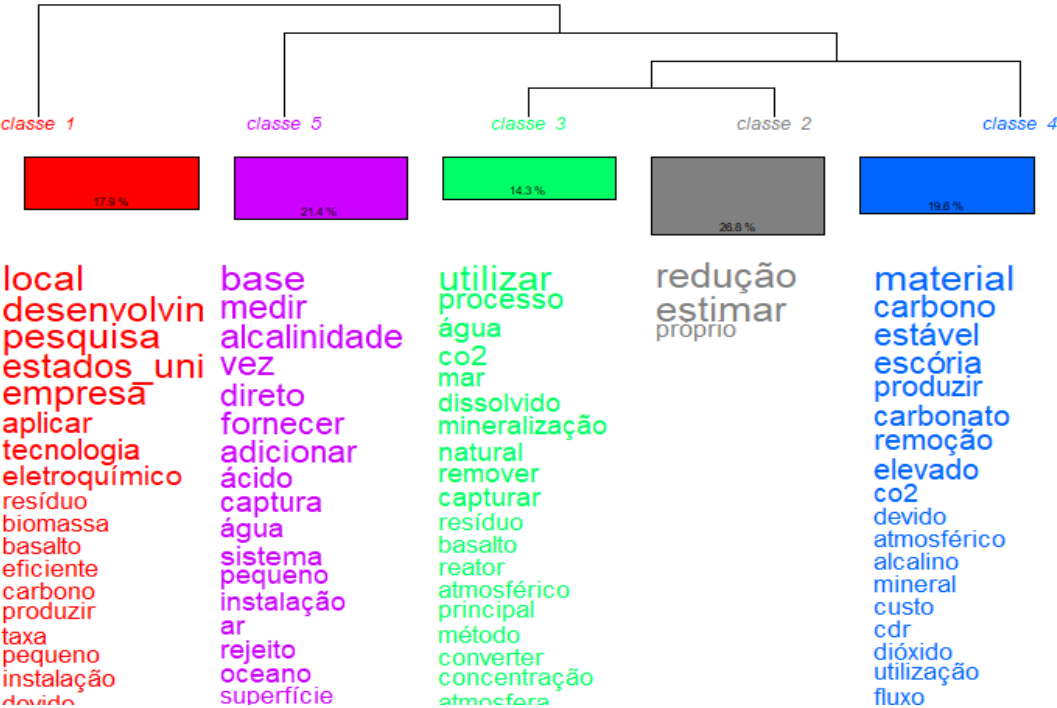
A partir da sistematização dos contratos e projetos disponibilizados na plataforma digital da empresa *Frontier Climate* (Tabela 7) foram extraídos os dados para elaboração do *corpus* textual para tratamentos dos dados no software Iramuteq. Como produto do tratamento foram geradas figuras que representaram a análise lexicográfica do conteúdo dos projetos, de acordo com a empresa, local de implantação do projeto, tipo de tecnologia utilizada e a quantidade de redução de CO₂ estimada.

De modo geral esses projetos/ pesquisas propõem-se a criar uma espécie de Compromisso Antecipado de Mercado (CAM). O único exemplo mencionado no Brasil está sendo desenvolvido pela *Startup InPlanet* (Alemanha) que vem se utilizando de diferentes tipos de rocha para buscar quantificar o potencial e captura de CO₂. Parte da proposta está baseada nos avanços obtidos pelas pesquisas da rochagem no Brasil, mas, também, considera os pressupostos estabelecidos pela equipe da Universidade de Sheffield e do Centro Leverlulme para a Mitigação das Mudanças Climáticas.

Segundo Beerling *et al.* (2020, 2024), os fluidos resultantes desse desgaste tendem a reagir com cátions básicos (Ca²⁺ e Mg²⁺) formando novos compostos minerais, que aprisionam o CO₂ na forma de carbonato. Definido como intemperismo aprimorado de rochas, por Beerling *et al.* (2020) e Kelemen *et al.* (2020), esse mecanismo converte-se em uma importante forma de viabilizar o sequestro e o armazenamento de CO₂ atmosférico. Para além de capturar CO₂, remineralizar os solos, o uso de rochas moídas potencializa o desenvolvimento das plantas, que, capturam mais carbono da atmosfera (Soares *et al.*, 2022). Esse processo de intemperismo aprimorado das rochas também é potencializado por processos biológicos e a presença de matéria orgânica e é controlado por estes (Kelemen *et al.*, 2020).

A Figura 9 apresenta os principais termos presentes nos projetos, mas também destacou principalmente o tipo de tecnologia apresentada. Na classe 5, por exemplo, foram apresentadas as principais técnicas apresentadas nos projetos da empresa *Frontier Climate*, destacando uso de rejeitos de mineração, uso de ácidos, o potencial do oceano em busca de encontrar a metodologia mais eficiente para a captura de carbono. A classe 4 indica que parte da tecnologia testada utiliza meios para transformar o carbono capturado para uma forma “estável”, ou seja, que ele seja convertido em “carbonato” a partir do uso de “escória” ou rejeito de mineração como técnica de captura do carbono. Trata-se da tecnologia denominada intemperismo aprimorado de rochas

Figura 9: Divisão em classes dos temas a partir da análise lexicográfica dos projetos e contratos internacionais da empresa *Frontier Climate* realizados entre 2022 e 2023 gerado pelo software Iramuteq.



Fonte: Iramuteq, 2024

A partir dos resultados do gráfico de similitude (Figura 10), a análise de conteúdo ocorreu de forma a agrupar as palavras de acordo com o tamanho das palavras e o grau de conexão entre elas. Ou seja, maior as palavras, e, quanto mais grossa a linha entre elas, maior é a conexão entre essas palavras (Camargo; Justo, 2013). Ao analisar a figura é possível concluir que a maior parte das pesquisas e tecnologias desenvolvidas ocorrem nos Estados Unidos utilizando técnicas avançadas para captura e armazenamento de carbono. Segundo dados do *Climate Watch* – uma plataforma online de dados abertos administrada pelo WRI, com visualizações e análises sobre os avanços climáticos dos países -, essa demanda se deve ao fato de os EUA estarem em segundo lugar no ranking de países que mais emitem GEEs.

carbono também precisa ser incentivada em países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil

O país apresenta um grande potencial de uso de remineralizadores de solo na agricultura (Theodoro et al., 2022; Martins, et al., 2023) e pode aliar forças importantes para a mitigação das mudanças climáticas: a agricultura e a mineração como ferramentas importantes nos processos de captura eficiente de carbono. Contudo, precisa ainda de mais investimentos do poder público e privado afim de desenvolver tecnologias próprias e tomar o protagonismo necessário no mercado de carbono, para além do REDD e REDD+.

Os créditos de carbono gerados no mercado voluntário por meio de projetos no Brasil podem ser usados não só para fins de compensação voluntária, mas também para conformidade em mercados regulados nacional e/ou internacional, desde que autorizados pelas regulações. Há Sistema de Comércio de Emissões (cuja sigla denomina-se do inglês, *Emission Trading System - ETS*) e tributos sobre o carbono que permitem algum uso de reduções adicionais de GEE produzidas por aqueles que estão fora (nacionalmente ou internacionalmente). Os ETSs já dão uma certa flexibilidade para os setores (agricultura, energia, gestão de resíduos etc.), tendo em vista que é possível optar entre reduzir suas próprias emissões e comprar permissões do mercado. Adicionalmente, as compensações com créditos de carbono podem aumentar ainda mais essa flexibilidade para atingir as metas climáticas (La Hoz Theuer et al., 2023).

Há crescimento exponencial na geração de crédito de carbono através do mercado voluntário para a neutralização das emissões de GEE provenientes dos setores AFOLU. Apesar desse mercado ser novo e com baixas adesões, a expectativa é que dê continuidade e a sua trajetória seja de expansão. Os crescentes compromissos assumidos por diversos países e setores econômicos, em particular, aguardam a regulação, por meio de legislação específica, sobre os mercados de carbono no âmbito nacional para favorecer o impulsionamento das compensações. Para além disso, há estudos que apontam o potencial brasileiro de redução de emissões de carbono por esse setor e abre espaço para a expansão do registro de projetos desse escopo de atividade (Assad et al., 2021; 2022). Também o processo de utilização de remineralizadores abre um imenso espaço para que o país favoreça a captura de carbono, por meio de processos de intemperismo aprimorado (Beerling et al, 2020).

CAPÍTULO 5

O POTENCIAL DE ENVOLVIMENTO DA AGRICULTURA FAMILIAR NO MERCADO DE CARBONO

Em que pese a diversidade e as especificidades do meio rural brasileiro, no contexto da presente pesquisa, pretende-se apontar as possibilidades para a agricultura familiar sob a ótica de dois aspectos fundamentais: produção de alimentos e preservação dos recursos naturais. Essa dupla função facilita o acesso a alimentos de melhor qualidade e contribuem com ações para mitigar as mudanças climáticas, tornando possível a adesão ao mercado de carbono.

Os agroecossistemas com maiores níveis de proteção ecossistêmica estão associados, em grande parte, aos estabelecimentos da agricultura familiar e de povos e comunidades tradicionais.(precisa de citação). Esse perfil produtivo tem potencial para manter e agregar práticas mais sustentáveis no uso dos recursos naturais, bem como de se beneficiar das suas formas de uso e proteção dos recursos naturais disponíveis em suas áreas. Este aspecto, poderá, no futuro, inserir áreas ocupadas por este segmento como categoria apta a participar do comércio voluntário ou regulado pelo SBCE, que está em fase de tramitação no Congresso Nacional.

Nesta perspectiva, a proposta que tramita no Congresso Nacional (PL nº 2.148/2015) visa estabelecer que iniciativas relacionadas à recomposição, manutenção e conservação de áreas envolvidas em projetos desenvolvidos em assentamentos da reforma agrária e em áreas/terras de povos indígenas e comunidades tradicionais ficam autorizados a entrar no mercado por meio de projetos que poderão gerar créditos de carbono revertidos em benefícios econômicos para as associações. Este público insere-se no âmbito da agricultura familiar.

A inserção da agricultura agroecológica e tradicional praticada por povos e comunidades tradicionais tem melhores perspectivas no mercado da Oferta Voluntária de Créditos de Carbono (definidos nos art. 42, 43 e 44) do projeto de Lei, uma vez que está mencionado que os créditos de carbono poderão ser ofertados voluntariamente por qualquer pessoa física ou jurídica, a partir de projetos ou programas que impliquem redução ou remoção de gases de efeito estufa (Art. 42).

Além disso, está definido no texto em apreciação que os créditos de carbono somente serão considerados Certificados de Redução ou Remoção Verificada de Emissões, integrantes do SBCE, caso sejam: (I) originados a partir de metodologias credenciadas pelo órgão gestor

do SBCE; mensurados e relatado pelos responsáveis pelo desenvolvimento ou implementação do projeto ou programa e verificados por entidade independente, nos termos do regulamento; e inscritos no Registro Central do SBCE (Art. 44).

Apesar de ser uma possibilidade promissora, o potencial representado pela agricultura familiar ainda precisa ser melhor compreendido, para que se possa vencer os desafios quanto às metodologias de quantificação (Anis et al, 2022) e, especialmente dos mecanismos de envolvimento desse público na gestão dos projetos a serem inseridos no mercado. Existe um risco, conforme salienta Santilli (2023), de que este potencial se converta em mais uma modalidade de exploração econômica que marginaliza e pressiona as populações da floresta e os povos camponeses, sem que haja uma contribuição efetiva para mitigação de mudança no clima.

Ainda não se sabe quais mecanismos econômicos ou legais poderão prevenir e/ou proteger dessa marginalização os grupos representados pela agricultura familiar, de povos tradicionais e indígenas. As soluções provavelmente terão que ser locais/regionais, uma vez que a realidade social e dos ecossistemas pode variar grandemente no território brasileiro. Como uma proposta a ser avaliada no futuro, essa dissertação sugere que se crie polos compostos por áreas inseridas no mercado de carbono com características particulares, mas comuns, a semelhança do que existe na legislação de áreas especialmente protegidas previstas na Lei que estabeleceu o SNUC (Lei nº 9.985/2000).

Em que pese este potencial e risco, é importante considerar que a agricultura praticada sob as mais diversos modelos e práticas de manejo é altamente influenciada pelos fatores climáticos. Nessa perspectiva diversas políticas públicas e instrumentos normativos vem buscando incorporar a gestão do clima pelo setor agrícola brasileiro, como por exemplo o Decreto nº 11.548/2023.

Para além do projeto que tramita no Congresso brasileiro (PL 2.148/2015), e que trata da implementação do comércio voluntário ou regulado do Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE), o Brasil possui uma série de políticas públicas que contemplam os pequenos agricultores. Nessa perspectiva, o Plano ABC 2010-2020³¹ (Plano de Agricultura de Baixo Carbono) converte-se em uma iniciativa que pode contemplar a agricultura familiar, ainda que presentemente, os casos envolvendo este público não tenham

³¹ O Plano ABC (2010-2020) é composto por sete programas, seis deles referentes às tecnologias de mitigação, e ainda um último programa com ações de adaptação às mudanças climáticas: 1- recuperação de pastagens degradadas; 2 - Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) e Sistemas Agroflorestais (SAFs); 3 - Sistema Plantio Direto (SPD); 4 - Fixação Biológica De Nitrogênio (FBN); 5 - Florestas Plantadas (FP); 6 - Tratamento de Dejetos Animais (TDA); 7 - Adaptação às Mudanças Climáticas.

tido um forte incentivo à adesão, uma vez que o apoio público está mais ligado aos médios e grandes produtores de *commodities* de exportação (Lima; Harfuch; Palauro, 2020; Chechi; Jesus, 2021). Mas há possibilidades de reverter essa situação, especialmente com a regulamentação do mercado voluntário, por meio de legislação específica.

Segundo Oliveira (2023) apesar de estar previsto em vários pontos do Programa ABC e ABC+ a agricultura familiar teve uma participação pouco expressiva, ainda que estivesse previsto o financiamento por meio de linhas de crédito, no âmbito do Programa de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF) e no provimento de insumos, como calcário e sementes, direcionados aos assentados do programa de reforma agrária e aos agricultores familiares.

Conforme a autora, um dos maiores impedimentos para a incorporação da agricultura familiar como segmento incluído nas ações para redução de emissão de carbono refere-se às práticas conservacionistas no âmbito do PRONAF. No entanto, é importante destacar que existe previsão legal de políticas públicas para contemplar esse tema, tais como o PRONAF ECO ou Bioeconomia, PRONAF Agroecologia e PRONAF Floresta. Contudo, estas linhas não têm por objetivo necessariamente a promoção de uma Agricultura Familiar de Baixa Emissão de Carbono (Lima; Harfuch; Palauro, 2020).

No primeiro trimestre de 2024 ocorreu o Seminário Internacional “*O Mercado de Certificados de Captura e Emissão de Gases de Efeito Estufa*” em Brasília no Distrito Federal, onde representantes do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) ofereceram *insights* sobre a produção agropecuária brasileira e os avanços alcançados com o Plano ABC+, que tem servido de exemplo para outros países no combate às mudanças climáticas.

Para além disso, foi discutido a compatibilidade do SBCE com os modelos adotados em países desenvolvidos, bem como a participação da agricultura nesse mercado regulado. As discussões apresentadas no Seminário contribuem para subsidiar a regulação e implementação do SBCE, visando um futuro mais sustentável, incluyente e resiliente.

Contudo, em relação ao Plano Operacional (PO) do ABC+³² ou “Plano Setorial para Adaptação à Mudança do Clima e Baixa Emissão de Carbono na Agropecuária, com vistas ao Desenvolvimento Sustentável (2020-2030)”, observou-se que há avanços ao comparar com a

³² O Plano Estratégico (PE) do ABC+ que é uma agenda estratégica nacional do governo brasileiro que dá continuidade à política setorial para enfrentamento à mudança do clima no setor agropecuário, foi publicado em março de 2021 (<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/arquivo-publicacoes-plano-abc/abc-portugues.pdf>).

versão anterior, principalmente no que se refere a inserção de tecnologias adotadas pela agricultura familiar (MAPA, 2021).

No entanto, ainda persistem muitos desafios, visto que, no tratamento relativo à agricultura familiar, excluiu-se a heterogeneidade e particularidades dos pequenos agricultores, sem definição de metas para este grupo.

Outro caminho a ser percorrido pela agricultura brasileira e, particularmente a agricultura familiar, refere-se à adoção de tecnologias ou práticas de manejo que sejam aderentes aos princípios da agroecologia. Neste sentido, o uso dos remineralizadores tem o potencial de resolver e ampliar ações voltadas para a recomposição, à manutenção e à conservação de áreas de produção. O uso de pós de rocha (remineralizadores) é apontado como mecanismo de captura e armazenamento de CO₂ no solo, por grandes períodos devido a captura de CO₂ da atmosfera por meio da dissolução de minerais silicatos no solo (Renforth, 2019), sendo considerada tecnologia potencial de remoção dos GEE.

O uso dos remineralizadores pode gerar carbonatação que é a formação de novos minerais carbonáticos no solo, onde o desgaste dos minerais silicáticos favorece elevação do pH do solo e maior absorção de CO₂, aumentando o armazenamento de C na forma de minerais carbonáticos ou íons bicarbonato dissolvidos (Renforth, 2019).

Outros autores como Beerling et al. (2020), Manning (2021), Guo et al (2023), Kantola et al (2023), Soares et al (2022) e Theodoro et al. (2022) apresentam metodologias e resultados que comprovariam a habilidade de alguns minerais presentes nas rochas moídas possuem para formar compostos de carbonatos estáveis no solo, especialmente daquelas mais alcalinas, como é o caso dos kamafugitos e basaltos.

No nível internacional esse processo vem sendo definido como intemperismo aprimorado de rocha, definido por Renforth (2019) como “*o processo pelo qual o CO₂ é sequestrado da atmosfera por meio da dissolução de minerais silicatos na superfície terrestre*”. Essa perspectiva tem recebido interesse crescente nos últimos anos, em função do seu potencial ambiental e econômico, convertendo o carbono em uma *commodity* valiosa. Alguns exemplos de iniciativas que visam o desenvolvimento de metodologias relacionadas ao uso de remineralizadores são apresentadas na Tabela 7. No Brasil, apenas a startup Inplanet³³ vem desenvolvendo projetos relacionados. O Grupo de pesquisa em rochagem da UnB, inscrito na

³³ A InPlanet, empresa de inovação que atua focada em promover a sustentabilidade ambiental, com foco no combate às alterações climáticas, agora é a nova empresa associada ao ESALQTEC. Seu principal mercado é o Mercado de créditos de carbono através do Intemperismo de Rocha Aprimorado (Enhanced Rock Weathering) junto com a conscientização ecológica e sustentável, oferecendo soluções para redução da emissão de CO₂ e a regeneração de solos tropicais.

plataforma do CNPq vem efetuando pesquisas com rochas e bioinsumos para comprovar essa possibilidade, bem como para elaborar metodologias de quantificação desse potencial. Existe um cenário é de que essas iniciativas se multipliquem no país a partir do estabelecimento de métodos verificáveis de captura de carbono em áreas da agricultura de diversos perfis produtivos.

Segundo tem sido mencionado nas pesquisas do Grupo da Rochagem - CNPq/UnB, compostos por pesquisadores(as) vinculados ao Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural (PPG/MADER), que Brasil tem a oportunidade de converter-se em um grande ator desse futuro mercado, pois para além da sua geodiversidade e do perfil multivariado de agricultores, o país já criou um arcabouço legal que estabelece as garantias e condicionantes para o uso dos remineralizadores como um insumo agrícola (Medeiros et al., 2023).

Esse arcabouço legal inclui a Lei (nº 12.890/2013), que definiu remineralizador (REM) como *um material de origem mineral que tenha sofrido apenas redução e classificação de tamanho por processos mecânicos; que altere os índices de fertilidade do solo por meio da adição de macro e micronutrientes para as plantas e que promova a melhoria das propriedades físico-químicas ou a atividade biológica do solo* (Brasil, 2013). Essa Lei alterou a legislação dos fertilizantes de nº 6.894/1980 (Brasil 1980) e inseriu os REM como uma categoria de insumos de uso permitido no Brasil.

Conforme mencionado por Theodoro (2021), a edição do Decreto nº 8.384/2015 (que alterou o Decreto nº 4.954/2004) estabeleceu as normas gerais sobre registro, padronização, classificação, inspeção e fiscalização da produção e do comércio desses materiais como dos demais fertilizantes (Brasil, 2015). Mas foi a edição de duas Instruções Normativas nº 05 e 06/2016, pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), que inseriu regras mais detalhadas sobre as garantias mínimas e condicionantes que os remineralizadores devem apresentar, de forma a obterem registro para sua comercialização e uso (Brasil, 2016).

Dentre essas garantias, destacam-se algumas características geoquímicas importantes, as quais estão baseadas no entendimento de que remineralizar os solos é uma maneira de adicionar compostos minerais ou nutrientes com a função de revitalizá-los. Nesse sentido, a IN 05 dispôs que a soma de bases (K_2O , CaO e MgO) deve ter teor igual ou superior a 9% (m/m) e estabeleceu que o conteúdo de K_2O deve ser igual ou maior que 1%.

Garante-se, dessa forma, que além de nutrientes, a adição desses materiais ricos em bases trocáveis poderá contribuir com os processos de alteração do pH dos solos, tornando-o mais reativo, favorecendo, também a capacidade de troca catiônica (CTC). Limitar o uso de

materiais que contenham elementos potencialmente tóxicos (EPT) foi outra preocupação presente nessa Norma, bem como a presença em excesso de minerais não reativos, como é o caso do quartzo (SiO₂ livre), que não pode ser superior a 25% do total (Theodoro, 2021).

Considerando o potencial produtivo, legal e o número de agricultores familiares no Brasil, esta pesquisa assume que o fortalecimento e incentivo da utilização de práticas agroecológicas e o uso de insumos disponíveis no país trás perspectivas positivas para o ingresso de empreendimentos de pequeno porte no sistema de créditos de carbono. Em especial, porque tais insumos são menos nocivos ao equilíbrio ecossistêmico do solo (Medeiros et al. 2024).

Novas ações e estratégias são especialmente importantes para confirmar o Brasil como um protagonista no uso desses insumos. Segundo Theodoro (2021), essas intervenções devem ir ao encontro dos importantes atributos presentes no País, no que se refere à diversidade de agroecossistemas, de rochas aptas ao uso e de modelos produtivos. Portanto, além de fortalecer as normas legais que garantam o uso seguro e eficaz dos remineralizadores, outras ações são fundamentais são importantes (Quadro 1).

Quadro 1: Ações fundamentais para fortalecer a base normativa para o uso de REM no Brasil

Ações fundamentais
(I) Criação e implementação de políticas públicas que se complementem e incentivem os agricultores a recorrer a este tipo de insumo;
(II) Expansão da oferta de diferentes tipos de remineralizadores para atender demandas distintas (de nutrientes, de preços e regiões);
(III) Incentivos de crédito e de assistência técnica qualificada para esse fim;
(IV) Investimentos em pesquisa;
(V) Apoio à formação de redes de serviço capazes de caracterizar os materiais, bem como comprovar as suas distintas vantagens agronômicas;
(VI) Criação de cursos regulares e multidisciplinares nas diferentes regiões do País para formar profissionais que entendam as dinâmicas regionais dos agroecossistemas, a oferta de materiais aptos e possíveis associações com fontes orgânicas ou microrganismos específicos;
(VII) Enfrentamento da visão utilitarista do solo para atender o mercado;
(VIII) Descolonização da forma de entender e utilizar os solos tropicais;
(IX) Apoio às instituições que fortaleçam processos de transição das práticas produtivas;
(X) Definição de estratégias de bioeconomia, com vistas ao fortalecimento do País na geopolítica global do comércio de produtos (alimentos e commodities) e de insumos;
(XI) Implementação de incentivos para reduzir a vulnerabilidade de acesso aos insumos;
(XII) Valorização dos ganhos relacionados à sustentabilidade do setor e sua adesão às práticas que favoreçam o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, estabelecidos pelas Nações Unidas;
XIII) Criação de mecanismo de compensação (redução de taxas e impostos sobre o uso da terra, por exemplo) para valorizar práticas exitosas, em especial junto aos agricultores agroecológicos
(XIV) Elevação dos remineralizadores à condição de insumo estratégico, o que deverá repercutir na integração de sistemas alimentares e da biodiversidade;
(XV) Fortalecimento ou criação de novas rotas de mercados, valorizando iniciativas regionais, como é o caso dos Arranjos Produtivos Locais; e
(XVI) Estabelecer metodologias de quantificação de carbono capturado a partir do uso dos REM.

Fonte: Theodoro, 2021.

Os projetos Projeto REDD+ Serra do Amolar, Projeto Corredor de Biodiversidade Emas-Taquari e RESEX Rio Preto-Jacundá Projeto REDD+ registrados no mercado voluntário de carbono apresentados nessa dissertação possuem um potencial para agricultura familiar de base agroecológica. As reduções de emissões anuais estimadas por estes projetos são de 511 mil de tCO₂e numa área total de quase 230 mil de hectare, a exemplo disso, o Projeto de Carbono no Corredor de Biodiversidade Emas – Taquari (Goiás e Mato Grosso do Sul) inseriu três assentamentos de reforma agrária que se encontram em uma área contínua da Unidade de Conservação. Nesse contexto, além de evitar o desmatamento ou desflorestamento da área, os projetos contribuem para a conservação da biodiversidade, fornecem treinamento técnico para o desenvolvimento da agricultura sustentável (cultivo sistemas agroflorestais) local e realizam outras ações relacionadas a educação e saúde. Cabe destacar que os remineralizadores de solo ocupam uma condição de insumo estratégico nesse tipo arranjo produtivo, pois integram os sistemas alimentares à biodiversidade.

Os povos originários e comunidades tradicionais, os assentados da reforma agrária, a agricultura familiar de base agroecológica, o uso de remineralizadores de solo e a democratização do acesso à terra (uso social da terra) são temas que mostram um potencial para controlar e reduzir as emissões de GEEs. Eles estão de modo geral, vinculados à proteção das florestas, à segurança alimentar, à inclusão social, aos cultivos biodiversos, florestamento, reflorestamento e revegetação, garantindo as condições necessárias para conciliar o necessário desenvolvimento rural sustentável.

A partir da sanção da Lei derivada do Projeto de Lei nº 2.148/2015 e de sua futura regulamentação, grandes possibilidades se inserem para o uso de práticas e tecnologias que sejam capazes de capturar, armazenar e reduzir o CO₂. O cenário é bastante favorável ao setor da agricultura familiar, mas o esforço de inclusão desse público precisa ser uma prioridade do governo brasileiro.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa, que resultou na presente dissertação de mestrado, buscou analisar a legislação acerca do mercado de carbono no nível nacional, a fim de compreender o seu desenvolvimento normativo e as possibilidades de sua implementação no Brasil, sobretudo no que tange à adesão e acesso dos empreendimentos de pequeno porte, sejam eles de base agroecológica ou em transição de práticas produtivas.

As várias pesquisas mostradas na presente dissertação relativas aos aspectos normativos dos créditos de carbono e a ampliação dos potenciais vinculados ao uso de remineralizadores, mostram que a agricultura familiar, em particular no Brasil, tem um amplo espaço para ocupar e mudar a realidade. Nesse sentido, a reflexão acerca do uso de técnicas com menor emissão de GEE, ou mesmo de captura de carbono pelo processo de carbonatação, por meio do intemperismo aprimorado de rochas, converte-se em uma oportunidade que deve ser apoiada por políticas públicas.

No que se refere à base normativa acerca da regulamentação MBRE, previsto na lei 12.187/2009, há avanços nas discussões sobre a precificação de emissões, através da instituição de instrumentos políticos e econômicos. Alguns setores têm metas obrigatórias para a redução das emissões de GEEs, com isso, os agentes que emitem além do limite permitido devem comprar créditos de agentes que evitem ou mitiguem além do limite, gerando assim créditos.

A União Europeia, China, Chile, Colômbia, México e Argentina, maiores parceiros comerciais do Brasil, adotam a precificação de carbono. Com tais mecanismos de proteção esses países asseguram as suas competitividades e evitam o vazamento das emissões para outra localização geográfica, quando a produção doméstica e suas exportações são substituídas por concorrentes internacionais, que atuam em economias sem políticas sobre as mudanças climáticas similares servindo de exemplo para o Brasil.

No caso do Brasil, essa precificação está em processo de evolução para uma abordagem de mercado. Dentro dessa perspectiva, é importante que ao regulamentar o SBCE, se crie mecanismo de proteção à competitividade para os setores que estão inseridos/expostos ao comércio internacional. Além de proteger a soberania brasileira, esse instrumento maximiza oportunidades para a agricultura de baixo carbono, sistemas agroflorestais, ou para atividades dos setores de outro uso da terra, gestão de resíduos, energia e indústria, contribuindo para a eficiência produtiva, ampliando vantagens em acordos comerciais e de cooperação internacional.

No mercado global de carbono, com um recorte para o mercado voluntário, notou-se um crescimento exponencial na geração de crédito de carbono para a neutralização das emissões de GEEs provenientes dos setores AFOLU, em especial, nos projetos de agricultura familiar de base agroecológica no Brasil.

No Brasil, 21 projetos no mercado voluntário de carbono na área de AFOLU ARR, REDD, REDD+, ACoGS e IFM apresentam redução de mais de 5 milhões de tCO₂eq por ano, em uma área de 1,07 milhões de ha nos biomas Pantanal, Cerrado e Amazônia.

O mercado voluntário de carbono é relativamente novo, é notório o baixo número de projetos registrados e os créditos emitidos pelo setor de agricultura e pecuária, pois a representatividade no mercado voluntário nacional ainda é tímida. Entretanto, o Brasil tem potencial de redução de emissões de carbono por esse setor, em especial, em meio à agricultura familiar de base agroecológica, onde há o uso de insumos locais regionais, como os remineralizadores de solo. Além disso, há impulso dos serviços ambientais devido atenuação dos processos agrícolas na biodiversidade, como menor influência nos ciclos biogeoquímicos nos biomas brasileiros, além de gerar renda para agricultores familiares dessas áreas.

Adicionalmente as possibilidades de estabelecimento de metodologias para quantificar e qualificar a captura de carbono, abrem espaço para a pesquisa brasileira, especialmente para tecnologias de produção de alimentos na agricultura familiar. Mas, para isso, é necessário que se estabeleçam interconexões entre agricultura familiar, agroecologia e possibilidades que o mercado de carbono oferece para a mitigação das mudanças climáticas pelo setor agrícola.

Ainda que o protagonismo do mercado regulado ou voluntário esteja sendo dos países mais desenvolvidos (e que mais emitem CO₂), os países com maiores áreas preservadas podem ocupar lugar de destaque neste novo cenário, considerando que o mercado de carbono não deve se sobrepor a necessidade de produzir alimentos e de preservar a soberania dos países.

Nesse percurso, o estabelecimento de legislação brasileira específica, que considere as especificidades regionais, sociais e, ambientais e culturais, sobre contratos de compra e venda de carbono se faz urgente. Isso viabiliza um mercado confiável e seguro, em ambiente estável e previsível para investimentos na redução de emissões.

Porém, a falta de incentivos, financeiros suficientes, como subsídios ou financiamentos acessíveis, pode limitar a capacidade das empresas de investir em tecnologias mais limpas e sustentáveis. Superar esses desafios exigirá esforço coordenado do governo, do setor privado e da sociedade civil para desenvolver políticas e estruturas regulatórias mais robustas, além de criar incentivos adequados para a redução de emissões de carbono.

Por fim, conclui-se que um dos principais desafios para a regulamentação no mercado de carbono no Brasil, principalmente para o setor de agricultura, florestas e outros usos do solo, é a ausência de critérios objetivos e metodologias que permitam a medição das emissões de carbono. Este caso é particularmente importante na quantificação de iniciativas que resultem na inserção da produção agroecológica, em especial no contexto da agricultura familiar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abramovay R (1998). Êxodo rural, envelhecimento e masculinização no Brasil: panorama dos últimos cinquenta anos. *Revista Brasileira de Estudos de População*, 15(2), 45–65.
- Alcântara, V. C., Yamamoto, É. A. F. S., Garcia, A. S., & Campos, A. C. (2020). Antropoceno: o Campo de Pesquisas e as Controvérsias sobre a Era da Humanidade. *Revista Gestão & Conexões*, 9(3), 11-31.
- Altieri MA (1987). *Agroecology: the scientific basis of alternative agriculture*. Boulder: Westview Press, 1987. 227 p.
- Anis, CF, Carducci, CE, Ruviaro, CF (2022). Mercado de Carbono Agrícola: realidade ou desafio? *Multitemas*, 27(65).
- Assad ED, Estevam CG, Lima CZ, Pavão EM, Pinto TP (2021). Potencial de mitigação de gases de efeito estufa das ações de descarbonização da pecuária até 2030. Observatório de Bioeconomia. Escola de Economia de São Paulo. FGV.
- Assad ED.; Estevam, CG.; Lima, CZ.; Pavão, EM., Pinto, TP (2022). Potencial de mitigação de gases de efeito estufa das ações de descarbonização da produção de soja até 2030. Observatório de Bioeconomia. Escola de Economia de São Paulo. Fundação Getúlio Vargas.
- Banco Mundial.(2023). Mercado de Carbono Voluntário (MCV) e sua relação com o Brasil. Washington, DC: Banco Mundial, 2023. Disponível em: <https://www.worldbank.org/pt/access-to-information>
- Battle-Bayer, L.; Batjes, N. H.; Bindraban, P. S. (2010). Changes in organic carbon stocks upon land use conversion in the Brazilian Cerrado: a review. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Amsterdam, v. 137, p. 47-58.
- Beerling DJ, Leake JR, Long SP, Scoles JD, Ton J, Nelson PN, Bird M, Kantza S E, Taylor LL, Sarkar B, Kelland M, DeLucia E, Kantola I, Muller C, Rau G, Hansen J. (2018). Farming with crops and rocks to address global climate, food and soil security. *Nature Plants* 4: 138-147. <https://doi.org/10.1038/s41477-018-0108-y>
- Beerling, DJ, et al, (2024). Enhanced weathering in the US Corn Belt delivers carbon removal with agronomic benefits. *PNAS* 121(9). <https://doi.org/10.1073/pnas.2319436121>
- Besen MR, Ribeiro, RH, Monteiro, AN, Iwasaki GS, Piva JT (2018). Práticas conservacionistas do solo e emissão de gases do efeito estufa no Brasil. *Scientia Agropecuaria* 9 (3), 429-439
- Berchin II, Nunes NA, Amorim WS, Zimmer GAA, Silva FR, Fornasari VH, Sima M, Guerra JBSOA (2019). The contributions of public policies for strengthening family farming and increasing food security: The case of Brazil. *Land Use Policy*, 82. 573-584.
- BNDES, Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social. (2022). Estudos, pesquisas e tabelas especiais. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/desenvolvimento-sustentavel> Acesso: jan/2024)
- Brasil (1980). Lei 6.894 - Dispõe sobre a inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas
- Brasil (1988). Constituição Federal. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm Acesso: jun/2023
- Brasil (2009). *O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo: Guia de Orientação 2009*. Brasília: Imperial Novo Milênio.
- Brasil. (2009). Institui a PNMC Planalto: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/112187.htm

- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Agrostat. Brasília: Mapa, (2022a). Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/pages/AGROSTAT.html> (Acesso em Dez/2023)
- Brasil. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio (2022b). ComexStat: sistema de estatísticas do comércio exterior. Brasília: MCID, Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>
- Brasil. Ministério de Minas. Ministério de Minas e Energia (2020). Empresa de Pesquisa Energética Plano Nacional de Energia 2050 e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2020c.
- Brasil. (2013). Lei 12.890. Lei dos Remineralizadores. Disponível em Planalto: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/lei/112890.htm Acesso em 2023
- Brasil. (2023). CPRM. Disponível em Serviço Geológico do Brasil - CPRM: <https://www.cprm.gov.br/remineralizadores/> Acesso em junho 2023
- BRcarbon (2024). Reflorestamento do Corredor Ecológico Emas-Taquari. Disponível em: <https://brcarbon.com.br/projetos-pagina-oficial/>
- Câmara dos Deputados. (2022) Câmara dos Deputados.: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2022/decreto-11075-19-maio-2022-792682-publicacaooriginal-165314-pe.html> Acesso em jun de 2023
- Carvalho, AMX (2012). Rochagem e suas interações no ambiente solo: contribuições para aplicação em agroecossistemas sob manejo agroecológico. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Viçosa. 116p. <https://locus.ufv.br/handle/123456789/1631>
- Camargo BV, Justo AM (2013). Iramuteq: um software gratuito para análise de dados textuais. Temas Psicol, Ribeirão Preto, 21(2). 513-518,.
- CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (2022). PIB Agro. Piracicaba: Esalq-USP, 2022. Disponível em: <http://cepea.esalq.usp.br/pib/> .
- CEPAL (Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe) (2017). La ineficiencia de la desigualdad (LC/SES.37/3-P), Santiago.
- Chayanov A (1981). Sobre a Teoria dos Sistemas Econômicos Não Capitalistas. In: SILVA, JGd (org.), Stolke V (org.). A Questão Agrária. Brasiliense. São Paulo. 133-163.
- Chechi LA, Jesus L. MK (2021). A agricultura familiar no processo de construção do Plano ABC. Revista IDEAS – Interfaces em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade.15, e021008.
- Churchman GJ, Singh M, Schapel A, Sarkar, B, Bolan N (2020). Clay minerals as the key to the sequestration of carbon in soils. Clays and Clay Minerals. 68: 135-143. <https://doi.org/10.1007/s42860-020-00071-z>
- Costa C, Wollenberg E, Benitez M (2022). Roadmap for achieving net-zero emissions in global food systems by 2050. Scientific Reports, 12(1). 1506. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-18601-1> Acesso em: 28 mar. 2024
- Cunha M (org.) (1992). História dos índios no Brasil. São Paulo: Companhia das Letras, pp. 37-52.
- Guidon N, Delibrias G (1986). Carbon-14 dates point to man in the Americas 32,000 years ago. Nature 321:769-771.
- Cury Md. (2022). A (in)efetividade de multas fixadas em ações de proteção ambiental. (Terra) disponível em Uol: <https://direitoambiental.com.br/a-inefetividade-de-multas-fixadas-em-aco-es-de-protECAo-ambiental/> Acesso em 10 de abril de 2023
- De Paula MC, Lori V, Guimarães GTD (2016) A pesquisa qualitativa e o uso de CAQDAS na análise textual: levantamento de uma década. Internet Latent Corpus Journal, Aveiro. 6(2): 65-78.

- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations (2018). Disponível em: <https://nacoesunidas.org/fome-aguda-afeta-113-milhoes-de-pessoas-no-mundo-diz-relatorio-da-onu/amp/> e <http://www.fao.org/3/I9553ES/i9553es.pdf> Acesso em: 06. fevereiro de 2024.
- FAO. Food and Agriculture Organization. (2019). The stage of food security and nutrition in the world: safeguarding against economics slowdowns and downturns. Roma.
- FAO, Food and Agriculture Organization (2021) Methods for Estimating Greenhouse Gas - Emissions from Food Systems - Part III: Energy Use in Fertilizer Manufacturing, Food Processing, Packaging, Retail and Household Consumption. Food and Agriculture Organization (FAO). Roma, p. 71
- Fausto B (2015). História do Brasil. São Paulo: EDUSP. 14^a ed.
- Fernandes F, (2001). Marx e Engels. 3. ed. São Paulo: Ática.
- Ferrari EA, Silva N, Silva MG (2021). Conhecimento Agroecológico. Em A. P. Dias, A. d. Stauffer, L. G. Moura, M. Vargas, *Dicionário de Agroecologia e Educação do Campo*. Rio de Janeiro e São Paulo: Expressão Popular.
- Ferrão FR, Theodoro SH (2023). Agroecologia e a agricultura periurbana no Distrito Federal. Reflexões sobre meio ambiente e desenvolvimento rural In: Saraiva RCS, Diniz JDAS, Nogueira MCR (org) Brasília: Universidade de Brasília. 317(Coleção meio ambiente e desenvolvimento rural; 3).
- FUNAI - [Fundação Nacional dos Povos Indígenas](https://brasil500anos.ibge.gov.br/territorio-brasileiro-e-povoamento/historia-indigena/terras-indigenas.html) (2022). [Território brasileiro e povoamento](https://brasil500anos.ibge.gov.br/territorio-brasileiro-e-povoamento/historia-indigena/terras-indigenas.html). Disponível em: <https://brasil500anos.ibge.gov.br/territorio-brasileiro-e-povoamento/historia-indigena/terras-indigenas.html>
- Galeano E (1971) *As veias abertas da América Latina*. São Paulo: Paz e Terra.
- Gliessmann SR. Agroecology: researching the ecological basis for sustainable agriculture. New York: Springer Verlag, 1990. 380 p.
- Gold Standard (2021). Impact Registry. Disponível: <https://registry.goldstandard.org/projects?q=&page=1> Acesso em abril de 2024.
- Gonçalves VK, Vecchia VD (2022) Limites do preço do carbono em um mundo em mudança climática - limites da precificação. *13*(4).
- Grotzinger J, Jordan TH. Para Entender a Terra. 8 ed. Porto Alegre: Bookman Editora, 2023
- Guo Y, Huang M, You W, Cai L, Hong Y, Xiao Q, Zheng X, Lin R. (2022). Spatial analysis and risk assessment of heavy metal pollution in rice in Fujian Province, China. *Frontiers in Environmental Science*, 10.
- Hinsinger, P, Gilkes, R.J. (1997) Dissolution of phosphate rock in the rhizosphere of five plant species grown in an acid, P-fixing mineral substrate. *Geoderma*, 75 (3-4): 231-249, [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(96\)00094-8](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(96)00094-8)
- Hinsinger P. (2001) Bioavailability of inorganic P in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes: a review. *Plant and Soil* 237, 173–195. <https://doi.org/10.1023/A:1013351617532>
- Hung, M.; Tsai, T.-C. (2021). Dilemma of choice: China's response to climate change. *Revista Brasileira de Política Internacional*, v.55 (special edition), p.104-24, 2012.
- IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário 2017 -resultados definitivos. Rio de Janeiro: IBGE. outubro de 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017> Acesso em: 3 de fevereiro de 2024.
- IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário 2022 -resultados definitivos. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2022> Acesso em: 3 de fevereiro de 2024.

- ICC Brasil; Waycarbon. (2022). Oportunidades para o Brasil em mercados de carbono. Brasil: ICC Brasil e WayCarbon 2022. Disponível em: https://www.iccbrasil.org/wp-content/uploads/2023/11/RELATORIO_ICCBR_2023.pdf Acesso em: fevereiro 2024.
- IETA (2019). Modeling Studies. Disponível em: <https://www.ieta.org/>
- IPEA Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Mercado de trabalho do agronegócio. Brasília: Ipea, 2022.
- IHP Instituto Homem Pantaneiro (2024) Cabeceiras do pantanal. Disponível em: <https://institutohomempantaneiro.org.br/cabeceiras-do-pantanal/> Acessado em: 29 de março de 2024.
- IPCC (2018). "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" [Masson-Delmotte, V.; Zhai, P.; Pörtner, H. O.; Roberts, J.; Skea, P. R.; Shukla, A.; Pirani, W.; Moufouma-Okia, C.; Péan, R.; Pidcock, S.; Connors, J. B. R.; Matthews, Y.; Chen, X.; Zhou, M. I.; Gomis, E.; Lonnoy, T.; Maycock, M.; Tignor, and T. Waterfield (eds.).
- IPCC (2019). Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems: food security. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2022/11/SRCCLChapter_5.pdf Acesso em: 24 de janeiro 2023.
- IPCC. (2023). Synthesis Report of the IPCC Sixth Assessment Report (AR6). Disponível: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/> Acesso: março 2024
- IPEA. (2007). *Desafios do Desenvolvimento - A revista de informações e debates*. Fonte: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada: https://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&id=2134:catid=28
- IPEA. (2009). *Desafios do Desenvolvimento- A revista de informações e debates*. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada: https://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&id=2303:catid=28&Itemid
- Juras, I. A. G. M. (2007). Política Nacional de Mudanças Climáticas: uma opção pelo futuro. In: Theodoro, SH (org). Os 30 anos da PNMA 167-195
- Kautsky K (1986). A questão agrária. São Paulo: Nova Cultural.
- Kantola, IB, Blanc-Betes E, Masters MD, Chang E, Marklein A, Moore CE, von Haden, A, Bernacchi CJ, Wolf A, Epihov DZ, Beerling DJ, DeLucia, EH. (2023). Improved net carbon budgets in the US Midwest through direct measured impacts of enhanced weathering. *Global Change Biology*, 1-17. <https://doi.org/10.1111/gcb.16903>
- Kelemen PB, McQueen N, Wilcox J, Renforth P, Dipple G, Vankeuren AP (2020). Engineered carbon mineralization in ultramafic rocks for CO₂ removal from air: Review and new insights, *Chemical Geology*. 550, 119628, ISSN 0009-2541. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2020.119628>
- Kelland ME, Wade PW, Lewis AL, Taylor LL, Sarkar B, Andrews MG, Lomas MR, Cotton TA, Kemp SJ, James RI, Pearce, CR, Hartley SE, Hodson ME, Leake JR, Banwart SA, Berling DJ. (2020). Increased yield and CO₂ sequestration potential with the C₄ cereal Sorghum bicolor cultivated in basaltic rock dust-amended agricultural soil. *Global Change Biology* <https://doi.org/10.1111/gcb.15089>
- Krenak A (2020). A vida não é útil. São Paulo: Companhia das Letras.
- Lal R, 2013. Soil carbon management and climate change. *Carbon Manag.* 4, 439-462. <https://doi.org/10.4155/cmt.13.31>

- La Hoz Theuer S, Hall M, Eden, A, Krause E, Haug C, de Clara, S. Offset Use Across Emissions Trading Systems. Berlin: ICAP, 2023. Disponível em: https://icapcarbonaction.com/system/files/document/ICAP%20offsets%20paper_vfin.pdf Acesso em: 20 de março de 2024.
- Larson, D. F.; Muraoka, R.; Otsuka, K. Why African rural development strategies must depend on small farms. *Global Food Security*, v.10, p.39–51, 2016.
- Lefebvre D, Goglio P, Williams A, Manning DC, Azevedo AC, Bergmann M, Meersmans J, Smith P. Assessing the potential of soil carbonation and enhanced weathering through Life Cycle Assessment: a case study for Sao Paulo State, Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 2019. 233(2), p. 468-481. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.099>
- Leff E (2002) Agroecologia e saber ambiental. *Agroecologia e desenvolvimento rural sustentável*, Porto Alegre, v.3, n.1, jan./mar.2002, pp. 36-51.
- Leite, H. P. (2023). O mercado de carbono explicado em perguntas e respostas (NT da consultoria da Câmara dos Deputados. Disponível em <https://infograficos.camara.leg.br/o-brasil-se-prepara-para-mercado-de-carbono/>. Acesso: 22 de janeiro 2024
- Leonardos, O. H., Fyfe, S., W., Kromberg, B. (1987). The use of ground rocks in laterite systems: An improvement in the use of conventional soluble fertilizers? *Proceedings of International Seminar on Laterite*, 479-494.
- Leonardos OH, Theodoro SH, Assad ML (2000). Remineralization for sustainable agriculture: A tropical perspective from a Brazilian viewpoint. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 56(1): 3-9. <https://doi.org/10.1023/A:1009855409700>
- Lima RCA, Harfuch L, Palau GR. (2020). Plano ABC: Evidências do período 2010-2020 e propostas para uma nova fase 2021-2030. Disponível em: <https://www.agroicone.com.br/wp-content/uploads/2020/10/Agroicone-Estudo-Plano-ABC-2020.pdf>.
- López, MJ. et al. (2017). Investigación de casos exitosos en financiamiento climático en la región Latinoamericana. Disponível em: <https://www.gcfreadinessprogramme.org/sites/default/files/Investigaci%C3%B3n%20de%20casos%20exitosos%20en%20financiamiento%20clim%C3%A1tico%20en%20la%20regi%C3%B3n%20Latinoamericana.pdf> . Acesso em: 16 jun. 2022.
- MAPA (2012). Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura. Brasília: Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento.
- MAPA. (2016). Instrução Normativa Nº 5. *Regulamentação das regras para uso dos remineralizadores na agricultura*. https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/21393137/do1-2016-03-14-instrucao-normativa-n-5-de-10-de-marco-de-2016-21393106. Acesso: Março 2023
- MapBiomass. (2023). Mapeamento anual do estoque de carbono orgânico do solo no Brasil 1985-2021 (coleção beta). Documento de base teórica do algoritmo e resultados, <https://doi.org/10.58053/MapBiomass/3KXXVV> MapBiomass v1.
- Manning DAC, Renforth P. (2013). Passive Sequestration of Atmospheric CO₂ through Coupled Plant-Mineral Reactions in Urban soils. *Environ. Sci. Technol.* 47, 1, 135–141 <https://doi.org/10.1021/es301250j>
- Manning DAC. (2018). Innovation in Resourcing Geological Materials as Crop Nutrients *Nat Resour Res* 27, 217–227. <https://doi.org/10.1007/s11053-017-9347-2> .
- MCTI, Ministério de Ciência e Tecnologia. Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa (2023). Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/Comunicacao_Nacional/Estimativas_Anuais.html

- Medeiros FdP, Carvalho AMX, Ramos C, Dotto GL, Cardoso IM, Theodoro SH. (2024). Rock Powder Enhances Soil Nutrition and Coffee Quality in Agroforestry Systems. *Sustainability*. 16(1):354. <https://doi.org/10.3390/su16010354>
- Medeiros FdP, Theodoro SH (2021). Remineralização dos solos para ampliar a produção da palma forrageira na região semiárida. In: Sauer, S., Silva, A. L. da, Duarte L. G. Reflexões sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural. Ed. UnB. 163 – 187. Available: <https://doi.org/10.26512/9786558460237>
- Medeiros, F. P. ; Theodoro, S.H. ; Gomide, C. S. ; Santos, O. F. ; Oliveira, V. S. ; Viana, M. E. B. . (2023). Remineralizadores de solo potencializam a captura de CO2 e contribuem na mitigação dos efeitos climáticos. Cong. Bras. de Agroecologia.
- Mesquita JC. (2022). Estudo sobre a transição energética na matriz elétrica brasileira. 2022. 65 f.: il. color. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia de Energias Renováveis, Fortaleza.
- Ministério do Meio Ambiente (MMA). (1997). Protocolo de Quioto. Brasília: Governo Federal. Acesso em 03 de 04 de 2023, disponível em antigo. MMA: <https://antigo.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/protocolo-de-quioto.html>
- Moreno C, Packer LA (2021). Capitalismo Verde. Em E. P. Venâncio/Fiocruz, *Dicionário de Agroecologia*. São Paulo e Rio de Janeiro: Expressão Popular e Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio/Fiocruz.
- Moreira, SL, Theodoro SH (2023). A luta das mulheres trabalhadoras rurais da Contag: a Marcha das Margaridas em diálogo com o(s) feminismo(s).Revista Estudos Sociedade e Agricultura. 31(2).DOI: https://doi.org/10.36920/esa31-2_10
- Nascimento-Schulze CM, Camargo BV (2000). Psicologia social, representações sociais e métodos. *Temas Psicol*, Ribeirão Preto, 8(33):287-299. Disponível em: http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-389X2000000300007 Acesso em: 25 mar. 2024.
- Observatório do Clima NT. (2023). O Brasil conseguirá cumprir sua "nova velha" NDC em 2025? David Tsail Bárbara Zimbres2 Suely Araújo3 Stela Herschmann3. <https://www.oc.eco.br/nota-tecnica-o-brasil-conseguira-cumprir-sua-nova-velha-ndc-em-2025/>
- Oliveira ES, Reatto A, Roig HL (2015). Estoques de carbono do solo segundo os componentes da paisagem. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, 32(1): 71-93
- Oliveira AM. (2021). Resiliência e sequestro de carbono por floresta manejada na Amazônia Oriental-Vale do Jari. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais). Universidade Federal do Amapá. Macapá. 91p.
- Oliveira, A. S. (2023). O Plano ABC como Política Pública de Mitigação de Gases de efeito estufa *Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural)*. Brasília, DF, Brasil: Universidade de Brasília.
- Oliveira, D. L., Moreira, S. D., Moreira, P. C. (2012). Mercado de Carbono no Brasil. *Estudos. Revista de ciências Ambientais e saúde*. 38(2): 249–299. DOI: 10.18224/est.v38i2.2195. Disponível em: <https://seer.pucgoias.edu.br/index.php/estudos/article/view/2195> Acesso em: 30 jan. 2024.
- Oliveira DMdS, Tavares RLM, Loss A, Madari BE, Cerri, CEP, Alves, BJR; Pereira MG, Cherubin MR (2023). Climate-smart agriculture and soil C sequestration in Brazilian Cerrado: a systemati review. *Revista Brasileira De Ciência Do Solo* (Online), 47: 1-20.
- ONU (2012). Conferência Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável - Rio+20. *Organizações das Nações Unidas - "O futuro que queremos"*, 1-21. Rio de Janeiro.

- ONU (2020) Relatório sobre as mudanças climáticas mundiais: impactos ambientais e econômicos. Genebra: ONU. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/176755-relat%C3%B3rio-clim%C3%A1tico-da-onu-estamos-caminho-do-desastre-alerta-guterres>
- ONU (2022). Relatório sobre as mudanças climáticas mundiais: impactos ambientais e econômicos. Arábia Saudita. ONU. Disponível em: <https://www.unep.org/news-and-stories/story/saudi-arabia-strives-regreen-deserts-tackle-drought-and-land-degradation>
Acesso: 20 de março de 2024.
- Pan, Y.; Richard, A.; Pekka, E.; Werner, A.; Oliver, L.; Simon, L.; et al. (2011). A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science*, v. 80, p. 988-993.
- Parron, L. M.; Rachwal, M. F. G.; Maia, C. M. B. De F. (2015). Estoques de carbono no solo como indicador de serviços ambientais. p. 92-100. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1024472> Acesso: março de 2024.
- PNUMA (Programa Nacional das Nações Unidas para o Meio Ambiente) (2011). Rumo a uma economia verde: caminhos para o desenvolvimento sustentável e a erradicação da pobreza. Síntese para tomadores de decisão.
- Prado Jr C (2011). Formação do Brasil Contemporâneo. São Paulo: Companhia das Letras, 464 p.
- PNUMA. (2011). Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Rumo a uma economia verde: caminhos para o desenvolvimento sustentável e a erradicação da pobreza. Quênia: Unep,. Disponível em: <https://www.unep.org/resources/report/rumo-uma-economia-verde-caminhos-para-o-desenvolvimento-sustentavel-e-erradicacao>.
- Poggio L, Sousa LMd, Batjes NH, Heuvelink GBM, Kempen, B, Ribeiro E, Rossiter D, (2021). SoilGrids 2.0: producing soil information for the globe with quantified spatial uncertainty. *SOIL* 7, 217-240. <https://doi.org/10.5194/soil-7-217-2021>
- Prado Júnior, C. Formação do Brasil contemporâneo. São Paulo: Brasiliense: Publifolha, 2000.
- Presidência da República do Brasil. PNMCM. *Planalto*. Fonte: Planalto.gov: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/112187.htm
- Presidência da República do Brasil. (02 de fevereiro de 2023). *Planalto*. Fonte: Planalto.gov: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm
- Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. (2023). *UNEP.ORG*. Fonte: UNEP: Acesso: 02/02/2023: <https://www.unep.org/pt-br/sobre-onu-meio-ambiente>.
- Prolo CD, Penido G, Santos IT, La Hoz Theuer, S. (2021). Explicando os mercados de carbono na era do Acordo de Paris. Rio de Janeiro: Instituto Clima e Sociedade. Disponível em: <https://laclima.org/files/explicando-mercados-rev.pdf> Acesso em: 13 de fevereiro 2024.
- Quinteiro, M. M. C; Baldini, K. B. L (2018). Agroecologia e as práticas tradicionais reconhecendo os saberes ancestrais Capítulo II. Rio de Janeiro: EDUERJ. 28-49. <https://doi.org/10.7476/9788575114858.0004>
- Renforth, Phil. (2019). The negative emission potential of alkaline materials. *Nature communications*. 10(1), 1401. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-09475-5>
- Rosenzweig C, Mbow C, Barioni LG (2020). Climate change responses benefit from a global food system approach. *Nat Food* 1: 94–97 <https://doi.org/10.1038/s43016-020-0031-z>
- Ribeiro, D. (1995) O povo brasileiro: a formação e o sentido do Brasil. São Paulo: Companhia das Letras,
- Sabourin E. (2009). Camponeses do Brasil: entre a troca mercantil e a reciprocidade. Rio de Janeiro: Ed. Garamond. 336 p.
- Santilli, M. (2023). *Instituto Socioambiental*. Acesso em 31 de março de 2023, disponível em: https://www.socioambiental.org/noticias-socioambientais/riscos-de-mercado-de-carbono-fake?utm_source=isa&utm_medium=&utm_campaign=

- Santos, J. C. (2015). Práticas agroecológicas tradicionais e sua aplicação na agricultura contemporânea: o caso dos quilombolas no Brasil. *Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável*, v. 6, n. 2, p. 45-57.
- Santos LFd, Sodré FF, Martins  dS, Figueiredo CCd; Busato JG (2021). Efeitos de biotita sienito sobre os níveis de nutrientes e cargas elétricas em Latossolo de Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Tropical*. 51: e66691. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/pat/article/view/66691> . Acesso em: março 2024.
- Santos, L. (2022). *EPBR*. Fonte: Colunas e opinião, Política Energética, Transi o Energética: <https://epbr.com.br/mercado-brasileiro-de-carbono-analises-e-perspectivas-em-um-ambiente-de-inseguranca-juridica-e-regulatoria/>
- Schneider S, Gazolla M (2011). Os Atores do desenvolvimento rural. *Perspectivas Teóricas e Práticas Sociais*. Porto Alegre: UFRGS
- Schneider S, Niederle PA (2008). Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócios e recursos naturais. In: Faleiro F, G.; Farias Neto AL, (Org.). *Agricultura Familiar e Teoria Social*. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados p. 990-1014.
- Scott, C.E., Monks, S.A., Spracklen, D.V. et al. (2018). Impact on short-lived climate forcings increases projected warming due to deforestation. *Nat Commun* 9, 157 (2018). <https://doi.org/10.1038/s41467-017-02412-4>
- SEEG. Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa (2022). Observatório do Clima. v.10. Disponível em: <http://seeg.eco.br/>
- SEEG. Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa (2020). 9  Relatório do Sistema de Estimativas de Emissões e Remo es de Gases de Efeito Estufa (SEEG). Análise das Emissões Brasileiras de Gases de Efeito Estufa e suas complica es para as metas do Brasil 1970-2020. SEEG. Observatório do Clima. Disponível em: OC_03_relatorio_2021_FINAL.pdf. Acesso em: julho de 2022.
- Stern, D. I., Pezzey, J. C. V., & Lambie, N. R. (2003). Energy, Growth, and Environmental Sustainability: Five Propositions. *Environmental and Resource Economics*, 26(4), 459-485. doi:10.1023/B.0000007352.33960.b0
- Sevilla GE (2001). Uma estratégia de sustentabilidade a partir da Agroecologia. *Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável*, Porto Alegre, 2(1): 35-45.
- Seyferth G (2011). O colono múltiplo: transforma es sociais e (re)significa o da identidade camponesa. *Raízes: Revista de Ciências Sociais e Econ micas*, 31(1), 10–24. <https://raizes.revistas.ufcg.edu.br/index.php/raizes/article/view/313/299>
- Szmrecsányi, T. (1990). Pequena história da agricultura no Brasil. São Paulo: Contexto. 102 p
- Silva JB, Smith R, Haguett TF, Haguette A (1983). *O Pequeno Produtor Rural e a Estrutura de Poder. Um estudo bibliográfico do produtor rural de "baixa renda"*. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará.
- Silva MA (2013). Impacto das práticas agrícolas intensivas na rotina das famílias trabalhadoras do campo e no ambiente natural. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 8(1): 123-135.
- Silva, A. M. (2015). Movimento agroecológico e políticas públicas para agricultura familiar: desafios e perspectivas. *Cadernos de Agroecologia*, 10(3): 127-141.
- Silveira, P.; Koehler, H. S.; Sanquetta, C. R.; Arce, J. E. (2008). O Estado Da Arte Na Estimativa De Biomassa E Carbono Em Forma es Florestais. *Floresta*. v. 38, n. 1, p. 185–206.
- Soares GJ. (2018). Influência da rochagem no desenvolvimento de sistemas agroflorestais e na captura de dióxido de carbono atmosférico. *Disserta o de Mestrado no Programa Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural*. Brasília: Universidade de Brasília - UNB/Faculdade de Planaltina.

- Soares, MB, Cerri CEP, Demattê JAM, Alleoni LR (2022). Biochar aging: Impact of pyrolysis temperature on sediment carbon pools and the availability of arsenic and lead. *Science of the Total Environment*, 807: 151001.
- Soares GJ, Theodoro SH, Carvalho AXM, Burbano DFM, Ramos CG. (2022). Remineralizadores de suelos y sistemas agroforestales: una opción para la captura de CO₂. *Revista Agroecología* 15(1). <https://doi.org/10.59187/revistaagroecologia.v15i1>
- Stern, D. I., Pezzey, J. C. V., & Lambie, N. R. (2003). Energy, Growth, and Environmental Sustainability: Five Propositions. *Environmental and Resource Economics*, 26(4), 459-485. <https://doi.org/10.3390/su2061784>
- Swoboda P, Döring TF, Hamer M. (2022) Remineralizing soils? The agricultural usage of silicate rock powders: A review *Science of Total Environment*. 807(3). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150976>.
- Tavares LF, Carvalho AMX, Pereira S, Cardoso IM (2018). Nutrients release from powder phonolite mediated by bioweathering actions. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agric.* 7: 1-10. <https://doi.org/10.1007/s40093-018-0194-x>
- Teixeira PC et al. (2017). Manual de métodos de análise de solo. Brasília, DF: Embrapa, 2017. Acesso em 02 de março de 2023. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1085209>
- Tetchou ANT, Sonmo JD, Nguiffo A, Tchouankoue JP, Nguetnkam JP, Theodoro SH (2022). Effect of Micaschist Powder in Sugarcane (*Saccharum officinarum*) Farming on Ferrallitic Soils of Mbandjock (Cameroon, Central Africa). *Asian Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 8(4), 16–33. <https://doi.org/10.9734/ajsspn/2022/v8i4165>
- Theodoro, S. H. (2000). A fertilização da terra pela terra: uma alternativa para a sustentabilidade do pequeno produtor rural. Dissertação, tese, qual ppg ?Brasília: Universidade de Brasília - (CDS) <https://repositorio.unb.br/handle/10482/20881>
- Theodoro SH, Leonardos OH (2006). The use of rocks to improve Family agriculture in Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 78(4): 721-730. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652006000400008>
- Theodoro SH, Barros JC (2011). Política Nacional de meio Ambiente: conquistas e perspectivas. In: Theodoro SH (Org). *Os 30 anos da Política Nacional de Meio Ambiente*, 17-48. ISBN: 978-8576172444
- Theodoro SH (2019). Rochagem o elo para unir o setor mineral e agrícola na construção de um novo paradigma. In: FGV, Kuhn CSE, A. P. Viero. *A geologia na construção e desenvolvimento sustentável do Brasil*. 1ed. São Paulo: Febrageo, v. 1:103-105).
- Theodoro SH (2020). Cartilha da Rochagem - 2ª Edição. Brasília. Disponível em: https://sgbeduca.cprm.gov.br/media/adultos/cartilha_rochagem.pdf
- Theodoro SH (2021). Resignificando a Rochagem. In: Theodoro SH, Martins EdS, Monte MB. *Anais do IV Congresso Brasileiro de Rochagem* (1 ed, pp. 15-35). Rio de Janeiro: Autografia.
- Theodoro SH, Sander A, Burbano DFM, Almeida GR (2021). Rochas basálticas para rejuvenescer solos intemperizados. *Revista Liberato*, 22(37): 45–58. Disponível em: <https://revista.liberato.com.br/index.php/revista/article/view/681> Acesso em: 30 mar. 2023.
- Theodoro SH, Leonardos OH (2021). The unsustainable Sustainability. *An. Acad. Bras. Ciênc.* 93 (1) <https://doi.org/10.1590/0001-3765202120181226>
- Theodoro SH, Leonardos OH (2015). Stonemeal: principles, potential and perspective from Brazil. In: Goreau TJ, Larson RW, Campe J (Eds). *Geotherapy: Innovative Methods of Soil Fertility Restoration, Carbon Sequestration and Reversing CO₂ Increase*. CRC Press, 403–418. 2015. ISBN: 978-1-4665-9539-2.

- Theodoro S. H., Manning, D. A. C., Carvalho, A. X. M., Ferrão, F. R., Almeida, G. R. (2022). Soil remineralizer: a new rote to sustentability for Brazil, a giant exporting agro-mineral commodities. In: Yakovleva, N. Nickless, E. (eds) Routledge Handbook of the Extractive. 1stEd. 261-281 <https://doi.org/10.4324/9781003001317>
- Wanderley MdNB. (2017). Franja periférica”, “pobres do campo”, “camponeses”: dilemas da inclusão social dos pequenos agricultores familiares. In: Delgado GC, Bergamasco SMPP (org.). Agricultura familiar brasileira: desafios e perspectivas de futuro. Brasília. MDA. p. 64-83. Disponível em: https://www.cfn.org.br/wp-content/uploads/2017/10/Agricultura_Familiar.pdf Acesso em: 02 de fevereiro de 2024.
- Wanderley MdNB (2014). O campesinato brasileiro: uma história de resistência. Rev. Econ. Sociol. Rural 52 (suppl 1) <https://doi.org/10.1590/S0103-20032014000600002>
- Westin R (2020) Há 170 anos, Lei de Terras oficializou opção do Brasil pelos latifúndios. El País,. Disponível em: <https://brasil.elpais.com/brasil/2020-09-16/ha-170-anos-lei-de-terras-oficializou-opcao-do-brasil-pelos-latifundios.html#:~:text=H%C3%A1%20exatamente%20170%20anos%2C%20o,e%20n%C3%A3o%20em%20pequenas%20propriedades> Acesso: 15 ago. 2021
- Zalles V, Hansen MC, Potapov PV, Parker D, Stehman SV, Pickens AH, Parente LL, Ferreira LG, Song XP, Hernandez-Serna A. (2021). Rapid Expansion of Human Impact on Natural Land in South America since 1985. Sci. Adv. 7 eabg1620.