

RAFAELLA OPIPARI MORAS

Matrícula 12111ECO001

**Agricultura de Baixa Emissão de Carbono: desafios de
Monitoramento no Brasil**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

INSTITUTO DE ECONOMIA e RELAÇÕES INTERNACIONAIS

2025

RAFAELLA OPIPARI MORAS

Matrícula 12111ECO001

**Agricultura de Baixa Emissão de Carbono: desafios de
Monitoramento no Brasil**

Monografia apresentada ao Instituto de Economia e Relações Internacionais da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: Bruno Benzaquen Perosa

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE ECONOMIA E RELAÇÕES INTERNACIONAIS
RAFAELLA OPIPARI MORAS

Matrícula 12111ECO001

**Agricultura de Baixa Emissão de Carbono: desafios de
Monitoramento no Brasil**

Monografia apresentada ao Instituto de Economia e Relações Internacionais da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas.

BANCA EXAMINADORA:

Uberlândia, 16 de setembro de 2025

Prof. Bruno Benzaquen Perosa

Prof. Daniel Caixeta Andrade

Prof. Clésio Marcelino de Jesus

Agradecimentos

À minha mãe, Melissa, presença constante em todos os momentos, a primeira a celebrar cada conquista como uma grande festa, a espalhar ao mundo, com orgulho nos olhos, tudo o que realizo. Que me escuta com atenção incansável e me acompanha com amor generoso em cada passo, minha melhor amiga.

Ao meu pai, Robson, que sempre acreditou em mim, mesmo nos momentos em que eu mesma duvidava. Que ouve minhas conquistas com a serenidade de quem sempre soube e que jamais me disse um não, sempre alimentando meus sonhos como se fossem dele, e que através de mim, vive seus próprios sonhos.

Aos meus irmãos, Cássio e Lucca, cuja admiração silenciosa sempre me guiou. Por saber que, em mim, encontram exemplo, procuro ser a melhor versão de quem posso ser.

Ao meu avô, Orlando, que me ensinou, pelo exemplo, o valor de viver com curiosidade e o prazer de explorar o mundo.

Ao Roberson e à Bruna, que me acolheram desde a infância com a dignidade de um amor escolhido.

Aos meus amigos, Danielly, Mateus, Otávio e Yasser, que foram e continuam sendo presença constante e companheiros verdadeiros em cada etapa desta trajetória.

E a mim mesma, por reconhecer o que realmente queria, por tomar as decisões certas mesmo diante das incertezas, por desafiar meus próprios limites e, sobretudo, por me permitir viver plenamente cada conquista.

Lista de abreviaturas e siglas

- ABC – Agricultura de Baixa Emissão de Carbono
ABC+ – Plano Setorial para Adaptação à Mudança do Clima e Baixa Emissão de Carbono na Agropecuária
CAR – Cadastro Ambiental Rural
COP – Conferência das Partes
COS – Carbono Orgânico no Solo
CQNUMC / UNFCCC – Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima
FAO – Food and Agriculture Organization
FGVces – Centro de Estudos em Sustentabilidade da Fundação Getulio Vargas
GEE – Gases de Efeito Estufa
GHG Protocol / GHG-Agro – Greenhouse Gas Protocol (versão agropecuária)
ILPF – Integração Lavoura-Pecuária-Floresta
IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change
MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MRPA – Manejo de Resíduos da Produção Animal
MRV – Mensuração, Relato e Verificação
NDC – Contribuições Nacionalmente Determinadas
NDVI – Normalized Difference Vegetation Index
ONU – Organização das Nações Unidas
PNMC – Política Nacional sobre Mudança do Clima
PRCD – Princípio da Responsabilidade Comum Porém Diferenciada
RCE – Redução Certificada de Emissões
SAFs – Sistemas Agroflorestais
SATVeg – Sistema de Análise Temporal da Vegetação
SBCE – Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões
SEEG – Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa
SPSABC – Sistemas, Práticas, Produtos e Processos de Produção Sustentáveis (Plano ABC+)
SPD – Sistema Plantio Direto
SPDH – Sistema Plantio Direto de Hortaliças

Lista de Figuras

Figura 1: Principais marcos dos acordos internacionais sobre mudanças climáticas...	24
Figura 2: Emissões de gases de efeito estufa por setor no Brasil (2023).....	25
Figura 3: Evolução das emissões de gases de efeito estufa da agropecuária no Brasil (1990–2023).....	26
Figura 4: Distribuição percentual das emissões agrícolas no Brasil por fonte (2023)...	27
Figura 5: Resultados ABC 2010 – 2020.....	33

Lista de quadros

Quadro 1: Emissões de CO ₂ , correntes e acumuladas, população e Produto Interno Bruto, por grupo de países, reunidos segundo a configuração inicial do Protocolo de Kyoto (1990).....	15
Quadro 2: Emissões de dióxido de carbono, população e produto interno bruto por grupos de países selecionados (1850–2012 e 2012).....	19

Sumário

<i>Introdução</i>	10
Capítulo 1 - Acordos e Governança Climática Global	13
1.1 Contexto Histórico	13
1.2 Protocolo de Kyoto	14
1.3 Pós-Kyoto	17
1.4 Acordo de Paris.....	21
1.5 Pós-Acordo de Paris e a realização da COP-30	23
Capítulo 2 - Agricultura e Emissões no Brasil	25
2.1 Importância da agricultura nas emissões brasileiras.....	25
2.2 Inserção da agropecuária na política climática brasileira.....	28
2.3 Metas, diretrizes e execução do Plano ABC (2010 – 2020).....	30
2.4 ABC+ 2021	34
Capítulo 3 - MRV: Conceito, Etapas e Desafios de Implementação	39
3.1 O que é MRV: conceito e importância.....	39
3.2 Desafios na definição do baseline e implementação inicial.....	42
3.3 Obstáculos no acompanhamento contínuo das práticas.....	44
3.4 Verificação e cálculo final das reduções	46
3.5 Barreiras estruturais e institucionais ao MRV.....	47
Capítulo 4 – O Mercado de Carbono e o Papel do MRV na Agricultura	50
4.1 Mercados de carbono: funcionamento e tipologias	50
4.2 Experiências internacionais e a inserção da agricultura	51
4.3 O mercado de carbono no Brasil: iniciativas e regulamentação em debate.....	54
4.4 Custos do MRV: barreira à expansão	55
4.5 Monitoramento como elemento-chave para viabilizar a agricultura no mercado de carbono.....	56
Conclusão	58
Referências Bibliográficas	59

Resumo

As mudanças climáticas representam um dos maiores desafios globais e demandam esforços coordenados entre países e setores produtivos. A agricultura brasileira ocupa posição estratégica, pois é fonte significativa de emissões de gases de efeito estufa e, ao mesmo tempo, setor com elevado potencial de mitigação por meio da adoção de práticas sustentáveis. O objetivo deste trabalho é analisar a evolução do mercado de carbono e sua interface com a agricultura de baixa emissão de carbono, destacando os desafios de implementação do monitoramento, relato e verificação (MRV). A metodologia baseou-se em revisão bibliográfica e documental de acordos internacionais, políticas nacionais, relatórios técnicos e bases de dados reconhecidas. Os resultados mostram avanços na formulação de políticas, mas também fragilidades estruturais. Conclui-se que o fortalecimento do MRV é essencial para garantir credibilidade e inserção da agricultura brasileira no mercado global de carbono.

Introdução

O debate sobre mudanças climáticas consolidou-se, nas últimas décadas, como um dos maiores desafios globais, impulsionado pela necessidade de reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) e mitigar seus impactos no ambiente e na sociedade. Esse tema ganhou relevância em conferências internacionais e em acordos multilaterais, que estabeleceram as bases para a formulação de políticas ambientais e a criação de mecanismos de mercado, como o mercado de carbono, que possibilita a comercialização de créditos como estratégia para incentivar práticas sustentáveis e reduzir emissões. No Brasil, o mercado de carbono apresenta potencial transformador para setores estratégicos, especialmente a agricultura, mas encontra barreiras significativas relacionadas à mensuração e ao monitoramento de resultados.

O movimento internacional rumo a ações climáticas coordenadas teve início com a Conferência de Estocolmo em 1972, marco pioneiro no reconhecimento global dos riscos ambientais. Posteriormente, a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (ECO-92), realizada no Rio de Janeiro em 1992, instituiu a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), que estabeleceu compromissos voluntários para estabilizar as concentrações de GEE e inaugurou as Conferências das Partes (COPs). Em 1997, o Protocolo de Kyoto introduziu compromissos legais de redução para países desenvolvidos e mecanismos de flexibilização, como o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), mas sua eficácia foi limitada pela retirada dos Estados Unidos em 2001.

O Acordo de Paris, firmado em 2015, representou um novo marco, ao incluir todos os países no esforço coletivo de limitar o aumento da temperatura média global a bem menos de 2°C, preferencialmente 1,5°C, consolidando o mercado de carbono sob novas bases, como o Artigo 6, que prevê cooperação internacional por meio da transferência de resultados de mitigação. Mais recentemente, a escolha do Brasil para sediar a COP-30 em Belém, em 2025, representa um marco de relevância simbólica e política, pois conecta a agenda climática internacional à Amazônia, região central para a mitigação global. A conferência deverá reforçar a visibilidade do país nos debates multilaterais e

ampliar a cobrança por maior consistência entre as metas assumidas e a efetiva implementação de políticas de baixo carbono.

No contexto dessa governança global, a agricultura ocupa posição estratégica. Além de ser responsável por parcela expressiva das emissões globais de GEE, também detém elevado potencial de mitigação por meio do sequestro de carbono e da adoção de práticas produtivas sustentáveis. No Brasil, um dos maiores produtores agrícolas do mundo, a inserção da agropecuária no mercado de carbono representa não apenas uma oportunidade de contribuir para o cumprimento das metas climáticas nacionais, mas também de gerar benefícios econômicos aos produtores rurais. Contudo, a efetividade desse processo depende de um sistema robusto de monitoramento, relato e verificação (MRV), capaz de assegurar a credibilidade dos resultados reportados.

O monitoramento das práticas agrícolas de baixa emissão de carbono ainda enfrenta desafios significativos: a heterogeneidade dos sistemas produtivos, a diversidade de biomas, as variações regionais nos fatores de emissão e os custos elevados de análises e auditorias dificultam a mensuração precisa das reduções. Além disso, as fragilidades institucionais e a carência de infraestrutura técnica comprometem a padronização e a transparência dos dados, gerando incertezas que limitam a atratividade de investimentos e a inserção plena do setor agropecuário nos mercados regulados e voluntários de carbono.

Nesse cenário, o problema central que orienta esta pesquisa consiste em compreender de que forma as limitações metodológicas, técnicas, institucionais e os custos elevados associados ao monitoramento em agricultura de baixa emissão de carbono comprometem a credibilidade das ações de mitigação e restringem o acesso do setor aos mercados de carbono. A hipótese que se coloca é a de que, embora o Brasil disponha de políticas setoriais avançadas e de tecnologias com alto potencial de redução de emissões, a efetiva consolidação da agropecuária no mercado de carbono depende do fortalecimento do protocolo de Mensuração, Relato e Verificação (MRV), capaz de conferir transparência, padronização e reconhecimento internacional aos resultados obtidos.

Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo analisar o desenvolvimento do mercado de carbono e sua interface com a agricultura brasileira, com ênfase no monitoramento como elemento indispensável para a efetividade das políticas setoriais. Partindo de uma revisão histórica da governança climática internacional até a formulação das políticas nacionais de agricultura de baixo carbono, o estudo discutiu em profundidade o protocolo MRV e seus desafios no setor agropecuário. Assim, buscou-se compreender como as barreiras técnicas, financeiras e institucionais associadas ao monitoramento constituem um importante entrave para a credibilidade das ações de mitigação e para a inserção estratégica do Brasil nos mercados globais de carbono.

A metodologia adotada nesta pesquisa baseou-se em revisão bibliográfica e documental, contemplando a análise de relatórios oficiais, legislações, estudos acadêmicos e bases de dados relacionados às mudanças climáticas e à agricultura de baixa emissão de carbono. Foram considerados documentos internacionais de governança climática, como os vinculados ao Protocolo de Kyoto e ao Acordo de Paris, além de materiais nacionais referentes à formulação e execução de políticas setoriais, com destaque para o Plano ABC e o ABC+. Também foram examinados estudos técnicos e relatórios de instituições de pesquisa, organismos multilaterais e organizações não governamentais, bem como bases de dados reconhecidas, como o SEEG e registros de programas oficiais.

O trabalho está estruturado em quatro capítulos principais. O Capítulo 1 aborda os acordos internacionais e a governança climática; o Capítulo 2 discute o papel da agricultura nas emissões brasileiras e nas políticas de mitigação; o Capítulo 3 apresenta o conceito e os desafios do MRV; e o Capítulo 4 analisa sua relação com o mercado de carbono. A conclusão retoma os principais achados, ressaltando a centralidade do MRV para a efetividade das políticas climáticas.

Capítulo 1 - Acordos e Governança Climática Global

1.1 Contexto Histórico

A questão climática tornou-se uma das principais pautas globais nas últimas décadas, impulsionada pela crescente conscientização sobre os impactos ambientais das atividades humanas, ressaltando sua difícil implementação e conscientização, como afirma Viola: “O regime de Mudança Climática é um dos mais complexos e relevantes regimes internacionais porque implica profundas inter-relações entre a economia e o ambiente global” (Viola, 2002, p.26). Ao longo dos anos, diversos eventos e convenções internacionais têm moldado o debate sobre a necessidade de ações coordenadas para enfrentar os desafios das mudanças climáticas. Este texto abordará momentos-chave nesse processo, com destaque para o Protocolo de Kyoto, que desempenhou um papel fundamental na definição de metas e estratégias de mitigação de emissões de gases de efeito estufa.

O início do debate climático, referido por Andrade e Costa como "a precursora do debate moderno e das negociações sobre mudanças climáticas" (Andrade; Costa, 2008, p.32), ocorreu na Conferência Mundial sobre o Ambiente Humano, realizada em Estocolmo, em junho de 1972. Esse evento destaca-se por ser pioneiro no reconhecimento global dos riscos ambientais e pela ênfase na urgente necessidade de um esforço coletivo para enfrentar os desafios climáticos. Em 1988, na cidade de Toronto, fora realizada um encontro que ressaltou a urgência da necessidade de mudanças climática, que em dois anos depois, em 1990, culminaria na criação do *Intergovernmental Panel on Climate Change*, o IPCC. A criação deste órgão veio a incentivar ainda mais o debate, dando um enfoque principalmente no caráter científico.

Os anos seguintes continuaram a ressaltar a necessidade de medidas através de novas convenções e apelações aos líderes mundiais, como por exemplo em 1992, durante a ECO-92, no Rio de Janeiro, no qual 160 líderes mundiais assinaram a convenção marco sobre mudanças climáticas. Neste evento, quase todos os países assinaram e ratificaram a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas – CQNUMC. Com o objetivo de estabilização da concentração atmosférica dos GEE, definiu-se que as partes (países) deveriam realizar anualmente um grupo de

acompanhamento das ações voltadas a este tema, sendo estes, as Conferências das Partes (COP).

A seguir serão discutidos os marcos mais relevantes das reuniões das COPs.

1.2 Protocolo de Kyoto

Em 1997, na cidade de Kyoto, no Japão, ocorreu a 3^a Conferência das Partes (COP-3) da Convenção das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas. O principal objetivo dessa conferência foi a definição de metas, especialmente para os países desenvolvidos, com o intuito de reduzir as emissões de gases de efeito estufa e, assim, mitigar os impactos negativos dessas emissões no meio ambiente. Desse encontro resultou o Protocolo de Kyoto, um marco no combate às mudanças climáticas.

Para compreender melhor a aplicação do Protocolo de Kyoto, é fundamental analisar os princípios da Responsabilidade Comum Porém Diferenciada (PRCD) e das Responsabilidades Históricas. O PRCD destaca um grupo específico de países que foram responsáveis por 80,94% de todas as emissões acumuladas de CO₂ na atmosfera entre 1850 e 1990, em contraste com os 19,06% representados pelos demais países. Um aspecto importante a ser mencionado sobre esse grupo, denominado "Anexo 1" pelo Protocolo de Kyoto, é que ele inclui as nações cujas populações mais se beneficiaram dessas emissões. De acordo com Souza e Corazza, "a parcela da população mundial que se beneficiou dessa riqueza gerada às custas das emissões representa 21,93% da população global" (Souza, Corazza, 2008, p. 59). Esse dado sustenta o principal argumento do princípio da responsabilidade adotado no Protocolo, ao evidenciar que os países do Anexo 1 são os maiores responsáveis pelas emissões de GEE, o que implica, segundo os autores, "um dever moral desses países em liderar ações de mitigação" (Souza, Corazza, 2008, p. 59).

A tabela abaixo representa as emissões de CO₂ em dois grupos: países do Anexo 1 e o resto do mundo e suas respectivas participações em diferentes parâmetros, sendo em emissões acumuladas, população e PIB.

Quadro 1 - Emissões de CO₂, correntes e acumuladas, população e Produto Interno Bruto, por grupo de países, reunidos segundo a configuração inicial do Protocolo de Kyoto (1990)

		Acumuladas (1850-1990)	Correntes (1990)	População	PIB
Países	Anexo 1	80,94%	65,35%	21,93%	82,45%
	Resto do Mundo	19,06%	34,65%	78,07%	17,55%

Fonte: Souza e Corazza (2008, p.59)

Do lado técnico deste protocolo, estabeleciais compromissos a serem adotados em dois períodos diferentes, sendo o primeiro durante 2008 e 2012 e o segundo durante 2013 até 2020. As metas do protocolo de Kyoto dividiam-se entre “países industrializados ou desenvolvidos” (Anexo 1) e “países em desenvolvimento”. Para o primeiro grupo, esperava-se uma redução média de 5,2% de suas emissões de GEEs, baseados nos números vistos em 1990. Esta limitação viria principalmente no CO₂ proveniente da queima de combustíveis fosseis. Houve certas exceções, como por exemplo o Japão e União Europeia, que possuíam respectivamente as metas de 7% e 8% de redução.

Já para os países em desenvolvimento, não foram exigidas metas fixas, deixando em modo voluntário os esforços que cada viria a tomar diante do mesmo objetivo. Porém, o protocolo propôs diferentes ações para os países em desenvolvimento, sendo estes: reforma do setor energético e do setor de transporte, uso de fontes renováveis de energia, redução das emissões de metano, combate ao desmatamento, proteção das florestas, promoção de reformas sustentáveis de agricultura, cooperação entre países em relação ao compartilhamento de informações sobre novas tecnologias.

Deve-se pontuar também que este acordo apenas entraria em vigor dentro de duas regras: (i) mínimo de 55 partes da convenção para a ratificação do tratado por meio

de seus parlamentos nacionais; (ii) países industrializados entre as partes devem representar pelo menos 55% do total das emissões de CO₂.

Nesse contexto, o Protocolo de Kyoto, assinado em 1997, foi o primeiro a formalizar a criação de mecanismos de mercado para a redução de emissões, introduzindo o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Esse mecanismo, por sua vez, atuaria como uma fonte de redução de emissões de baixo custo, a fim de auxiliar os países do Anexo 1 a cumprir seus compromissos quantificados de redução e limitação de gases de efeito estufa, enquanto poderia ser utilizado de forma voluntária pelos países em desenvolvimento. O MDL permite que projetos de redução de emissões em países em desenvolvimento ganhem créditos de Redução Certificada de Emissões (RCEs), cada um equivalente a uma tonelada de CO₂. Dessa forma, esses RCEs podem ser comercializados e vendidos, sendo usados por países industrializados para cumprir parte de suas metas de redução de emissões sob o Protocolo. Além disso, esse mecanismo estimula o desenvolvimento sustentável e a redução de emissões, ao mesmo tempo que oferece aos países industrializados certa flexibilidade em como alcançar suas metas de limitação de emissões.

A criação desse mercado formal de carbono, atrelado aos parâmetros do Protocolo de Kyoto, também possibilitou o surgimento de mercados voluntários, que operam fora dos moldes regulatórios internacionais. Esses mercados voluntários, originados principalmente pela iniciativa privada, permitem que empresas adquiram créditos de carbono por diversas razões, como responsabilidade social corporativa, benefícios ambientais e construção de uma imagem sustentável. As negociações de créditos no mercado voluntário são mais flexíveis e podem ocorrer diretamente entre as partes ou por meio de intermediários, embora os créditos negociados nesse mercado não sejam contabilizados como parte das metas estabelecidas pelo Protocolo de Kyoto.

Apesar de sua flexibilidade, o mercado de carbono voluntário enfrenta desafios semelhantes aos mercados de commodities. De acordo com Gillenwater et al. (2007), é fundamental estabelecer procedimentos confiáveis para a seleção e quantificação dos projetos de redução de emissões, além de mecanismos de monitoramento robustos para

garantir a eficácia das reduções reivindicadas. Outro desafio é a clara definição dos direitos de propriedade sobre os créditos de carbono, o que é essencial para a operação eficiente do mercado.

1.3 Pós-Kyoto

Entretanto, em março de 2001, o presidente americano George Bush explicitamente negou a ratificação do protocolo, um movimento que causou efeitos negativos para todos os países envolvidos nos esforços de negociação. O principal argumento dos norte-americanos resumia-se à ausência de outros países relevantes, principalmente a China e a Índia, nos compromissos quantitativos de redução de emissões. Embora no início das negociações, ainda em 1997, os Estados Unidos tivessem tido uma participação ativa, principalmente na tentativa de englobar tais países emergentes, o protocolo não foi apresentado ao Senado americano, levando à sua revogação em 2001.

O governo Bush anunciou oficialmente que se retirava das negociações do protocolo de Kyoto por considerá-lo não apropriado para lidar efetivamente com a mudança climática por duas razões: não dava suficiente importância aos mecanismos de mercado e não estabelecia compromissos para os países de renda média com rápido crescimento de emissões. A retirada dos EUA do processo de negociador de Kyoto provocou estupor na comunidade internacional e, depois de algumas semanas de desorientação, a União Europeia decidiu ir adiante com as negociações para completar o protocolo e ratificá-lo sem a participação dos EUA (Viola, 2009, p.7).

Vale ressaltar que Bush foi eleito em 2000 com um plano de crescimento econômico dependente principalmente dos combustíveis fósseis, reforçando que a decisão de não ratificação do protocolo atendia seus interesses:

Sua eleição no ano anterior coroou uma plataforma que atribuía um papel importante dos combustíveis fósseis para o crescimento do país e que, do ponto de vista das negociações climáticas, reforçava a decisão política da não ratificação do protocolo pelos Estados Unidos (Bueno Rubial, 2016; Viola, 2002, apud Souza; Corazza, 2017, p.64).

Como consequência, a retirada unilateral dos Estados Unidos das negociações do protocolo resultou na exclusão de uma grande parte das emissões de GEE das discussões. Isso gerou três consequências importantes: a redução da efetividade

ambiental do protocolo, a diminuição dos incentivos para pesquisa e desenvolvimento em eficiência energética e o aumento do poder de barganha dos vendedores de permissões. (Andrade; Costa, 2008, p.36)

Já a relação Russa com o protocolo de Kyoto fora demarcada por grandes negociações no cenário de comércio. Em suma, a Rússia exigiu em troca de sua ratificação ao protocolo o reconhecimento deste como uma economia de mercado por parte da União Europeia, visando destravar seu ingresso na organização mundial do comércio. Com a entrada da Rússia em 2004, totalizou-se em 132 ratificações do protocolo, incluindo 38 países com compromissos de redução, representando 61,6% das emissões de GEE dos países do Anexo 1, ou seja, países desenvolvidos. Com isto, em 16 de fevereiro de 2005 o protocolo torna-se efetivo.

Os períodos seguintes demarcam a ineficácia do nomeado “regime climático de Kyoto”. A falta de robustez é intrinsecamente ligada com o não engajamento de grandes emissores, como os Estados Unidos, mencionados anteriormente. Vale também pontuar que, devido ao PCRD, o protocolo falha em abranger os futuros maiores emissores dentro das metas principais de mitigação dos GEEs, como China e Índia, como apontado por Corazza e Souza em “os conflitos que surgem entre as partes tem a ver com o ganho de importância das emissões correntes e acumuladas de alguns países que ficaram fora do anexo 1” (Souza; Corazza, 2016, p.66).

Em vista de um cenário onde países que não eram abordados dentro do princípio de responsabilidade, logo também não possuíam metas para reduzi-los, ganhavam força e ocupavam agora os primeiros lugares com maiores emissores de gases de efeito estufa, ressaltava-se a perda de força do regime de Kyoto. Ribeiro assim destaca:

Países industrializados depois da Segunda Guerra Mundial [...] possuem uma responsabilidade menor que os países da Primeira Revolução Industrial, já que emitiram muito menos gases-estufa do que os demais industrializados. Não por acaso, [...] não estão entre os países do Anexo 1. A eles, porém, certamente caberá alguma restrição de emissão nos próximos anos. Isso decorre tanto do avanço da industrialização em seus territórios, que em geral alojam etapas da produção internacionalizada mais poluentes ou intensivas em consumo energético, quanto da pressão dos Estados Unidos, o principal opositor da exclusão do controle de emissões de gases-estufa por esse conjunto de países.

Aliás, baseando-se nessa distinção justificam sua recusa em ratificar o Protocolo de Kyoto. (Ribeiro, 2002, p. 78 apud Souza; Corazza, 2016, p.65).

Em 2009, durante a COP 15, realizada na cidade de Copenhague, um novo conjunto de argumentos começa a ganhar forças entre as diferentes partes, principalmente referentes ampliação das responsabilidades dos países emergentes. Foram criadas nomenclaturas para o grupo que se tornou o principal alvo para os descontentamentos: O BASIC, formado pelo Brasil, África do Sul, Índia e China, que posteriormente, com a Federação Russa, se tornaria o BRICS.

Quadro 2 - Emissões de dióxido de carbono, população e produto interno bruto por grupos de países selecionados (1850 – 2012 e 2012)

		Acumuladas (1850 - 2012)	Correntes (2012)	População	PIB
Países	Anexo I	68,59%	44,82%	18,09%	63,25%
	Resto do Mundo I	31,41%	55,18%	81,91%	36,75%
	Anexo I (excluindo a Federação Russa)	61,08%	39,73%	16,07%	60,34%
	BRICS	14,70%	41,28%	42,52%	20,58%
	BASIC	7,19%	36,19%	40,50%	17,66%
	Resto do Mundo II	24,21%	18,99%	41,41%	19,08%

Fonte: Souza; Corazza (2017, p. 68)

Na tabela acima fica evidente a mudança do cenário de emissões em termos dos países e suas contribuições para as emissões globais. Por mais que os países do Anexo I ainda representem 68,6% das emissões acumuladas, vê-se uma queda significativa no seu valor corrente, aferido em 2012. Em contraste, os países emergentes, como os BRICS e BASIC, estão aumentando significativamente suas emissões correntes, representando 41,28% e 36,19%, respectivamente, devido ao rápido crescimento econômico e à grande população. Isso ressalta o desafio de equilibrar desenvolvimento econômico e responsabilidade climática, especialmente para os países em desenvolvimento.

Esta mudança no perfil das emissões mais uma vez justificava o argumento de países do Anexo 1, como os Estados Unidos, que a falta de medidas para os países emergentes culminaria na ineficácia do protocolo. A mudança no eixo dinâmico dos maiores emissores de gases de efeito estufa levou a uma nova etapa de discussões climáticas, resultando no Acordo de Copenhague. Esse acordo, que abrangeu 80% das emissões globais de GEE, em comparação aos 20% cobertos pelo Protocolo de Kyoto, contou com o apoio de países como Estados Unidos, União Europeia, Canadá, Austrália, Coreia do Sul, China, Índia, Brasil, África do Sul e Indonésia. Embora não fosse legalmente vinculante, o Acordo de Copenhague estabeleceu as bases para o futuro Acordo de Paris.

O mercado de carbono, após o Protocolo de Kyoto, enfrentou uma série de desafios que afetaram sua estabilidade. O mercado também se mostrou particularmente volátil devido à sua natureza única: os créditos de carbono não representam uma mercadoria física, mas sim uma "ficação legal", como descrito por alguns especialistas, que depende de comprovações por agências certificadoras. Além disso, o comércio de créditos de carbono é altamente influenciado por regulamentações políticas, o que aumenta sua burocracia e irregularidade. Outro fator importante é que, à medida que as políticas ambientais são implementadas com sucesso e as emissões de GEE diminuem, a quantidade de créditos disponíveis também diminui, fazendo com que o mercado de carbono tenha um caráter temporário, destinado a encerrar suas atividades com o

atingimento de uma sociedade zero carbono. Esse contexto levou, por exemplo, ao fechamento de mercados como a *Chicago Climate Exchange*, refletindo a fragilidade e a necessidade de ajustes no funcionamento desse mercado (Oliveira, 2021, p. 8).

1.4 Acordo de Paris

Em 12 de dezembro de 2015, em Paris, o nomeado Acordo de Paris fora adotado na Conferências das Partes, COP-21. Este novo documento, visando não cometer os mesmos erros do protocolo de Kyoto, aborda o princípio da responsabilidade com novos critérios:

This agreement will be implemented to reflect equity and the principle of common but differentiated responsibilities and respective capabilities, in the light of different national circumstances (UNITED NATIONS, 2015, Art. 2, p.3).

Ou seja, a antiga distinção de países em desenvolvimento e industrializadas vistos no protocolo de Kyoto não será mais utilizada. Em suma, o acordo prevê no artigo 2, 3 principais objetivos:

- (a) Manter o aumento da temperatura média global bem abaixo de 2°C acima dos níveis pré-industriais e envidar esforços para limitar o aumento da temperatura a 1,5°C acima dos níveis pré-industriais, reconhecendo que isso reduziria significativamente os riscos e impactos das mudanças climáticas;
- (b) Aumentar a capacidade de adaptação aos impactos adversos das mudanças climáticas e promover a resiliência climática e o desenvolvimento com baixas emissões de gases de efeito estufa, de maneira que não ameace a produção de alimentos; e
- (c) Tornar os fluxos financeiros consistentes com um caminho rumo a baixas emissões de gases de efeito estufa e ao desenvolvimento resiliente às mudanças climáticas (UNITED NATIONS, 2015, Art. 2, p. 3, tradução nossa).

Ademais, uma característica fundamental abordada por Scovazzi (2021, p.474) que caracteriza o perfil flexível deste acordo em comparação com o protocolo de Kyoto se dá por “uma característica fundamental do acordo é que a realização de seus objetivos não decorre de obrigações específicas indicadas no próprio acordo, mas deve ser o resultado dos “esforços ambiciosos” que as partes voluntariamente se comprometem a realizar e comunicar periodicamente (Artigo 3)” (Scovazzi, 2021, p. 474).

Durante o Acordo de Paris, o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) continuou sendo uma ferramenta importante para incentivar projetos de redução de emissões em países em desenvolvimento, mas foi inserido em um novo contexto global com o foco no cumprimento das metas climáticas. O Acordo de Paris trouxe um marco mais inclusivo e menos segmentado entre países desenvolvidos e em desenvolvimento, promovendo um esforço coletivo para manter o aquecimento global abaixo de 2°C. Nesse sentido, o MDL passou a operar dentro de uma estrutura mais abrangente, onde todos os países se comprometeram a apresentar suas contribuições nacionalmente determinadas (NDCs), o que levou a uma integração mais profunda dos mecanismos de mercado de carbono para cumprir as metas globais.

Após o Acordo de Paris, o mercado de carbono evoluiu para refletir as novas realidades das negociações climáticas globais. A flexibilização do MDL foi um ponto-chave, já que permitiu maior participação de diferentes atores, inclusive do setor privado, e facilitou a criação de novos mecanismos, como o Artigo 6 do Acordo de Paris, que prevê a cooperação internacional por meio de transferências de resultados de mitigação:

2. Parties shall, where engaging on a voluntary basis in cooperative approaches that involve the use of internationally transferred mitigation outcomes towards nationally determined contributions, promote sustainable development and ensure environmental integrity and transparency, including in governance, and shall apply robust accounting to ensure, inter alia, the avoidance of double counting, consistent with guidance adopted by the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to this Agreement.

3. The use of internationally transferred mitigation outcomes to achieve nationally determined contributions under this Agreement shall be voluntary and authorized by participating Parties.

4. A mechanism to contribute to the mitigation of greenhouse gas emissions and support sustainable development is hereby established under the authority and guidance of the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to this Agreement for use by Parties on a voluntary basis. It shall be supervised by a body designated by the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to this Agreement, and shall aim to:

(a) Promote the mitigation of greenhouse gas emissions while fostering sustainable development;

(b) Incentivize and facilitate participation in the mitigation of greenhouse gas emissions by public and private entities authorized by a Party;

(c) Contribute to the reduction of emission levels in the host Party, which will benefit from mitigation activities resulting in emission reductions that can also be used by another Party to fulfill its nationally determined contribution; and

(d) Deliver an overall mitigation in global emissions.

(UNITED NATIONS, 2015, Art. 6, p. 7)

Embora o MDL tenha enfrentado desafios, como a queda na demanda por créditos de carbono e a necessidade de maior transparência, ele ainda serve como uma base importante para o desenvolvimento de novos mecanismos e práticas de mitigação de emissões. Assim, o MDL se mantém como uma ferramenta relevante, adaptada às exigências atuais e futuras da governança climática global. Vale destacar que a discussão sobre os mercados de carbono será retomada no Capítulo 4, quando serão analisados seus desdobramentos recentes e a inserção do Brasil nesse contexto.

1.5 Pós-Acordo de Paris e a realização da COP-30

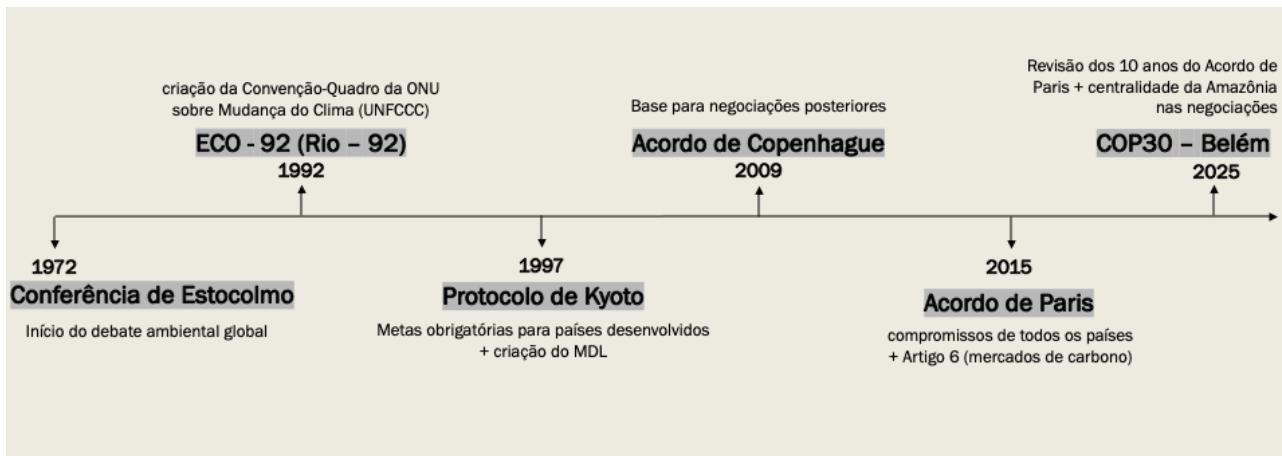
O Acordo de Paris, firmado em 2015 na COP-21, consolidou-se como referência na governança climática global ao estabelecer, pela primeira vez, metas universais para conter o aquecimento global bem abaixo de 2°C, com esforços para limitá-lo a 1,5°C. No entanto, a década seguinte revelou um descompasso entre os compromissos assumidos e a realidade. As emissões globais continuaram em crescimento, e 2024 entrou para a história como o ano mais quente já registrado, ultrapassando o limiar crítico de 1,5°C em relação ao período pré-industrial. Esse quadro reforça a percepção de que, mantidas as trajetórias atuais, o planeta poderá enfrentar um aumento de temperatura de até 2,8°C até o final do século, comprometendo os objetivos centrais do acordo (Bardan, 2025).

Nesse contexto, a realização da COP-30 em Belém, em 2025, adquire forte caráter simbólico e estratégico. O encontro coincide com o décimo aniversário do Acordo de Paris e abre a oportunidade de revisão das Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs), pressionando os países a apresentar compromissos mais ambiciosos. Para o Brasil, anfitrião da conferência, o evento destaca a Amazônia como

eixo central do debate climático global e projeta o país como ator-chave nas negociações multilaterais. (COP30 Brasil, 2025)

A Figura 1 sintetiza esse percurso histórico, desde a Conferência de Estocolmo, em 1972, até a realização da COP-30, em Belém, em 2025, destacando os principais marcos da diplomacia climática internacional.

Figura 1 - Principais marcos dos acordos internacionais sobre mudanças climáticas



Fonte: elaboração própria a partir de Viola (2002); Andrade e Costa (2008); Souza e Corazza (2008); Brasil (2009); Oliveira (2022); United Nations (2015)

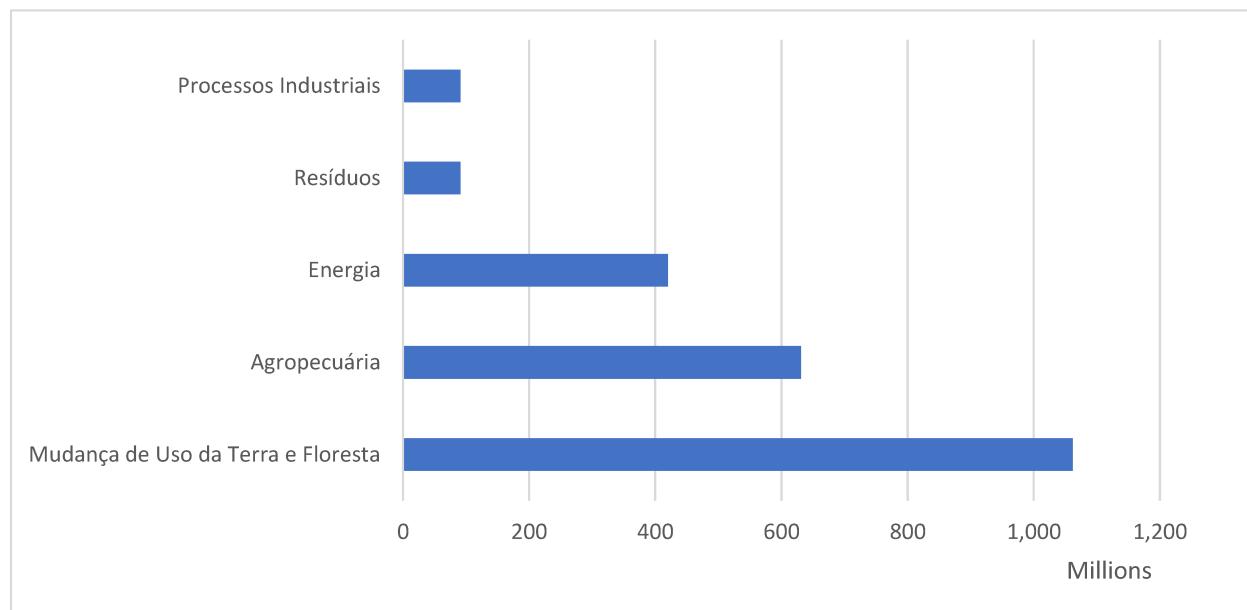
Capítulo 2 - Agricultura e Emissões no Brasil

2.1 Importância da agricultura nas emissões brasileiras

A agricultura ocupa uma posição ambígua no contexto das mudanças climáticas: ao mesmo tempo em que é fortemente afetada por fenômenos climáticos extremos, ela também desempenha um papel ativo como fonte significativa de gases de efeito estufa (GEE), sendo que suas práticas contribuem para a emissão de compostos como metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO), óxido nitroso (N_2O) e óxidos de nitrogênio (NO_x), intensificando o aquecimento global.

No Brasil, a agricultura de baixa emissão de carbono pode ser justificada tanto pela necessidade de reduzir a contribuição que o setor tem nas emissões totais de gases de efeito estufa do país, quanto pela percepção de que as mudanças climáticas possam provocar impactos consideráveis no setor, trazendo desafios ao seu crescimento (Gurgel; Laurenzana, 2016, p. 343).

Figura 2 – Emissões de gases de efeito estufa por setor no Brasil (2023)

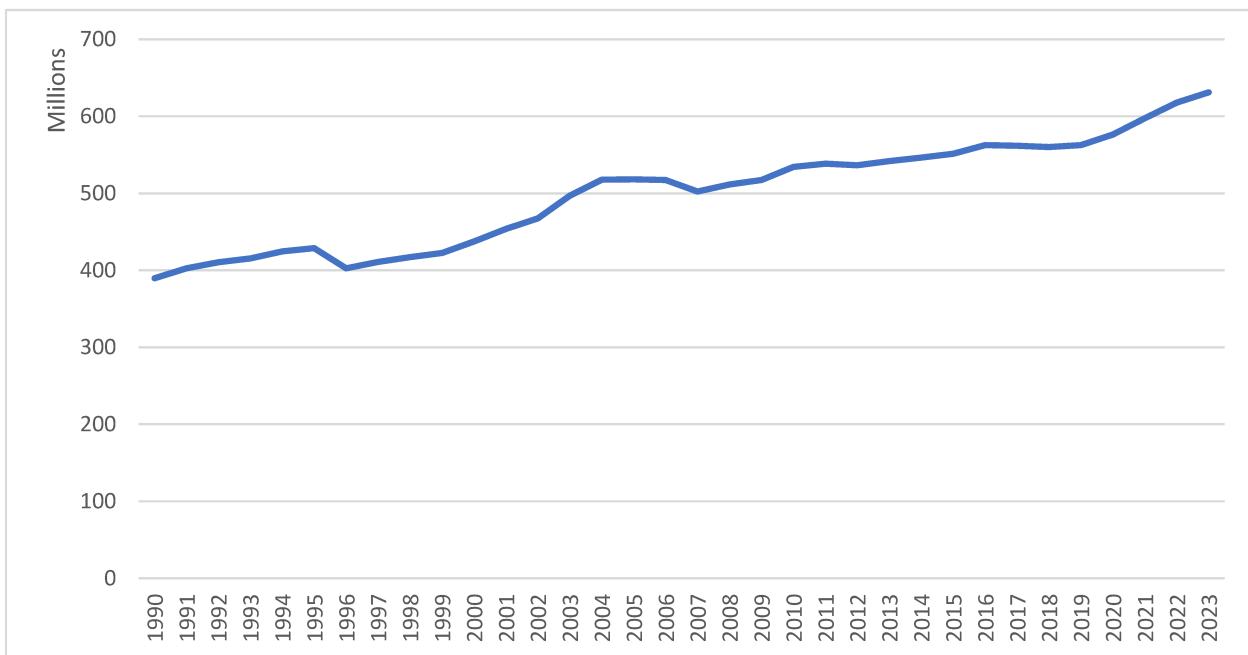


Fonte: Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa. Plataforma SEEG.

Como demonstra a Figura 1, a mudança de uso da terra e florestas aparece como a principal fonte de emissões de gases de efeito estufa no Brasil, ultrapassando 1 bilhão de toneladas de CO_2 equivalente. Em segundo lugar, a agropecuária também apresenta participação expressiva, superando 600 milhões de toneladas, resultado de práticas

como o uso extensivo de pastagens, a emissão de metano (CH_4) e de óxidos de nitrogênio (NO_x). Já os setores de energia, resíduos e processos industriais contribuem em menor proporção, mas mantêm relevância no perfil nacional de emissões, evidenciando a necessidade de políticas integradas para diferentes áreas da economia (SEEG, 2023).

Figura 3 – Evolução das emissões de gases de efeito estufa da agropecuária no Brasil (1990–2023)

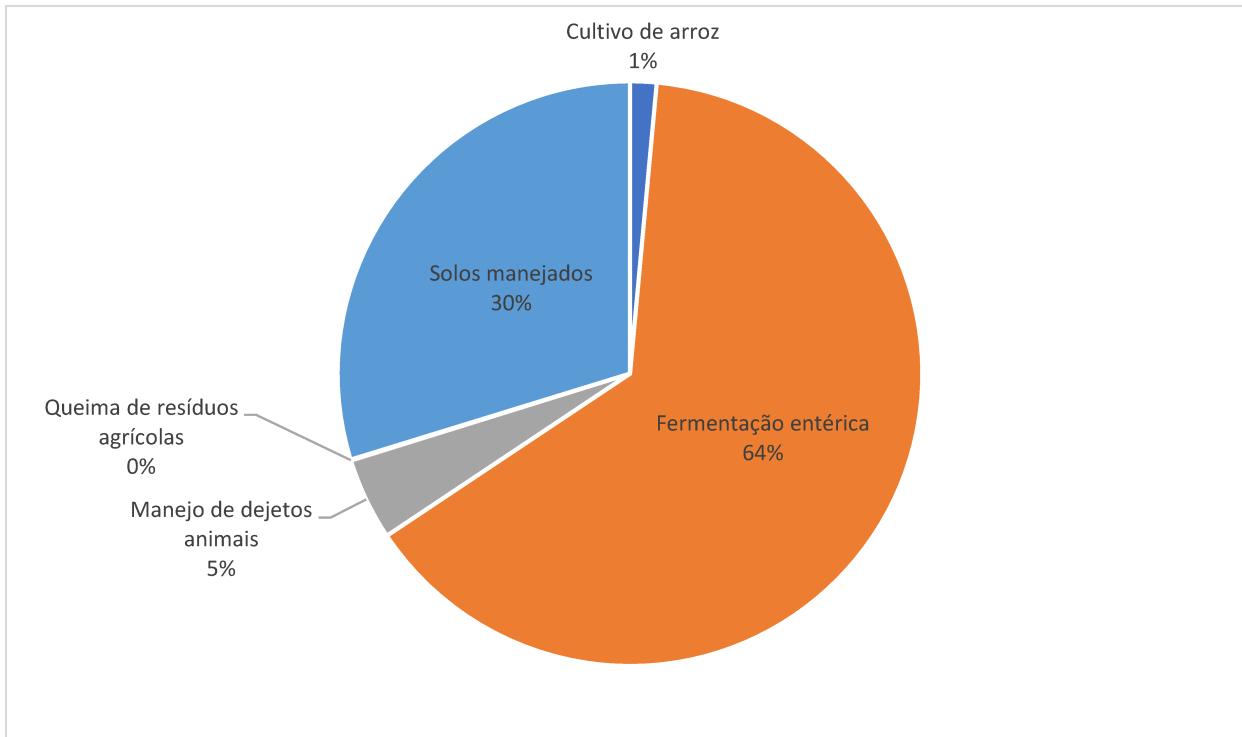


Fonte: Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa. Plataforma SEEG.

A série histórica das emissões de gases de efeito estufa (GEEs) do setor agropecuário revela uma trajetória de crescimento contínuo desde 1990, com acelerações notáveis a partir de 2000 e, novamente, a partir de 2020, como ilustrado na Figura 3. Esse padrão ascendente resultou no maior valor já registrado, em 2023, com um total de 631,2 milhões de toneladas de CO_2 equivalente. De acordo com a análise das emissões de gases de efeito estufa da SEEG (2024), esse montante representa um aumento de 2,2% em relação ao ano anterior, marcando o quarto ano consecutivo de recorde histórico nas emissões do setor. Quando comparado a 1970, período em que as

emissões agropecuárias totalizavam 211,4 milhões de toneladas, observa-se uma triplicação ao longo de cinco décadas, o que evidencia o peso estrutural da agropecuária no perfil climático brasileiro e sua relevância no debate sobre mitigação das emissões (SEEG, 2024).

Figura 4 – Distribuição percentual das emissões agrícolas no Brasil por fonte (2023)



Fonte: Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa. Plataforma SEEG

A Figura 4 apresenta a distribuição percentual das emissões de gases de efeito estufa (GEEs) da agricultura brasileira em 2023. Observa-se o predomínio da fermentação entérica, responsável por 64% do total, seguida pelos solos manejados (30%) e pelo manejo de dejetos animais (5%). Fontes como o cultivo de arroz (1%) e a queima de resíduos agrícolas (0%) têm participação marginal. Esse perfil evidencia que a maior parte das emissões agrícolas está concentrada em práticas ligadas à pecuária e ao uso do solo, justamente os pontos centrais das políticas de mitigação do Plano ABC e do ABC+, que preveem a recuperação de pastagens degradadas, a intensificação sustentável da pecuária, o manejo adequado de dejetos e a adoção de tecnologias de fixação biológica de nitrogênio. Assim, a política setorial se alinha diretamente às

principais fontes emissoras do setor, reforçando a relevância de sua implementação efetiva.

2.2 Inserção da agropecuária na política climática brasileira

A 15^a Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (COP-15), em 2009, representou um marco decisivo na trajetória da política climática brasileira, com o Brasil anunciando um compromisso voluntário de reduzir entre 36,1% e 38,9% das suas emissões projetadas até 2020, mesmo não sendo obrigado a adotar metas sob o Protocolo de Kyoto, por se tratar de um país em desenvolvimento. Segundo comunicado oficial do governo federal, essas reduções seriam alcançadas por meio de iniciativas nas áreas de uso da terra, agropecuária, energia e siderurgia, considerando cenários de crescimento econômico de 5% a 6% ao ano. Esse posicionamento foi formalizado com a promulgação da Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) e abriu espaço para a criação de planos setoriais de mitigação, entre os quais se destaca o Plano ABC e posteriormente, o plano ABC+, voltados à agricultura de baixa emissão de carbono (Brasil, 2009).

A formalização dos compromissos brasileiros de mitigação ocorreu com a instituição da Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), por meio da Lei nº 12.187/2009, regulamentada pelo Decreto nº 7.390/2010, estabelecendo a criação de planos setoriais de mitigação e adaptação, com metas específicas para os setores responsáveis pelas maiores emissões de gases de efeito estufa, incluindo a agropecuária, a indústria e o uso da terra. No que tange a implementação desses planos, o decreto determinou que os ministérios setoriais seriam os responsáveis pela elaboração e coordenação das ações em suas respectivas áreas. Sendo assim, coube ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) liderar as estratégias no meio rural. Por fim, o decreto também definiu que todos os planos deveriam conter sistemas de monitoramento e avaliação periódica, permitindo mensurar os resultados e redirecionar estratégias conforme necessário, princípio que também guiou a estruturação do Plano ABC (Brasil, 2010).

Lançado oficialmente em 2010 como desdobramento da PNMC, o Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono) foi concebido como o plano setorial de mitigação e adaptação às mudanças climáticas para o setor agropecuário, coordenado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), contando também com o suporte técnico da Embrapa. O plano foi estruturado com o objetivo de estimular a adoção de tecnologias sustentáveis capazes de reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEEs) sem comprometer o crescimento da produtividade rural, com uma proposta técnica apoiada em seis práticas agronômicas reconhecidas como eficazes para mitigação, que sintetizaram os seis programas do Plano ABC, sendo estes: a recuperação de pastagens degradadas, o sistema plantio direto, os sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), a fixação biológica de nitrogênio (FBN), o florestamento e reflorestamento e o tratamento de dejetos animais.

Para viabilizar o alcance dos objetivos previstos no Plano ABC, foi instituído em 2010 o Programa para Redução da Emissão de Gases de Efeito Estufa na Agricultura (Programa ABC), regulamentado pela Resolução nº 3.896 do Banco Central do Brasil, com recursos operados pelo BNDES. (Brasil, 2010)

O programa ABC passou a integrar o plano Safra a partir da safra de 2010/2011, sendo inicialmente constituído com recursos do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), e posteriormente, a partir do plano safra de 2011/2012, com recursos também da Caderneta de poupança rural. O funcionamento do crédito ocorreu de forma indireta: o BNDES repassava os recursos às instituições financeiras credenciadas, que, por sua vez, eram responsáveis por todas as etapas de análise, aprovação e concessão do crédito. Dessa forma, o risco das operações recaía integralmente sobre as instituições financeiras. A resolução definiu um limite de crédito de até R\$ 1 milhão por beneficiário, por ano-safra, com taxa de juros de 5,5% ao ano e prazos de reembolso de até 15 anos, conforme a natureza do investimento. Entre as finalidades financeiráveis estavam a recuperação de pastagens degradadas, a implantação de sistemas ILPF, a recomposição de reservas legais e áreas de preservação permanente, além de investimentos em correção do solo, aquisição de mudas e infraestrutura produtiva. Complementarmente, o plano foi descentralizado por

meio dos Planos Estaduais ABC, coordenados pelos Grupos Gestores Estaduais (GGE), permitindo a adaptação da política às especificidades regionais, visando uma gestão mais otimizada e eficiente. (Brasil, 2010)

O Programa ABC possibilitou o financiamento de diferentes práticas voltadas à modernização sustentável da agropecuária, englobando entre os itens financiáveis: georreferenciamento, regularização ambiental, assistência técnica, correção e conservação do solo, adubação verde, aquisição de sementes e mudas, implantação de viveiros florestais, construção de cercas e bebedouros, além da compra de máquinas, equipamentos e animais. Também era permitido custeio associado ao investimento, chegando a 35% para florestas comerciais e recomposição de áreas de preservação permanente, e até 40% em projetos voltados à aquisição de animais. Dessa forma, o crédito atuou como importante apoio para possibilitar a implementação de tecnologias de baixa emissão e práticas de recuperação ambiental, como explicita Gurgel e Laurenzana (2016, p.346):

O Programa ABC é, potencialmente, uma importante fonte de financiamento não apenas para as tecnologias e práticas de redução de emissões na agropecuária, mas também para a recuperação de áreas de proteção permanente (APPs), visando salvaguardar o meio ambiente e os recursos naturais existentes nas propriedades (Gurgel; Laurenzana, 2016, p.346).

2.3 Metas, diretrizes e execução do Plano ABC (2010 – 2020)

Instituído em 2010 como desdobramento da Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), o Plano ABC consolidou-se como o principal instrumento setorial de mitigação e adaptação no âmbito da agropecuária brasileira. Formalizado pelo Decreto nº 7.390/2010, o Plano definiu metas quantitativas de adoção de tecnologias sustentáveis até 2020, além de estabelecer diretrizes para sua execução, contemplando financiamento diferenciado, apoio técnico, capacitação e monitoramento. A seguir, apresentam-se as principais metas pactuadas, as diretrizes que orientaram sua implementação e os resultados alcançados ao longo da primeira década de implementação do programa (Brasil, 2023).

As metas do Plano ABC previam que o Brasil deveria reduzir, até 2020, entre 1.168 milhões e 1.259 milhões de toneladas de CO₂ equivalente, em comparação à projeção

de 3.236 milhões de toneladas de CO₂eq para aquele ano. Nesse contexto, o setor agropecuário assumiu papel central, respondendo por aproximadamente 22,5% do total a ser mitigado. Para viabilizar essa contribuição, foram estabelecidas metas quantitativas de adoção de tecnologias de baixa emissão de carbono, com destaque a recuperação de 15 milhões de hectares de pastagens degradadas, medida considerada estratégica tanto pelo potencial de mitigação quanto pela elevação da produtividade pecuária. Também foi prevista a ampliação do Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) em 4 milhões de hectares, incluindo a meta adicional de 2,76 milhões de hectares de Sistemas Agroflorestais (SAFs) voltados para a agricultura familiar (Brasil, 2023).

O Plano incluiu ainda a expansão do Sistema Plantio Direto (SPD) em 8 milhões de hectares, prática que contribui para a conservação do solo, a redução do uso de insumos e o sequestro de carbono. Outra meta abordada foi a Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN), com a meta de atingir 5,5 milhões de hectares, substituindo parcialmente o uso de fertilizantes nitrogenados e, assim, diminuindo as emissões associadas ao manejo de solos agrícolas (Brasil, 2023).

Ademais, foram incorporadas ao conjunto de metas a expansão do reflorestamento e florestamento em 3 milhões de hectares e a adoção de tecnologias de tratamento de 4,4 milhões de m³ de dejetos animais, permitindo reduzir emissões de metano e, em alguns casos, gerar energia a partir do biogás (Brasil, 2023).

Já no que tange as diretrizes do Plano ABC, estas foram elaboradas em consonância com os princípios da Política Nacional sobre Mudança do Clima (Lei nº 12.187/2009), orientando-se pela necessidade de criar condições para que os produtores rurais incorporassem práticas produtivas sustentáveis em larga escala. Entre as principais ações previstas destacam-se campanhas de divulgação, programas de capacitação de técnicos e produtores, mecanismos de transferência de tecnologia, além de medidas voltadas à regularização ambiental e fundiária. Também receberam atenção especial a assistência técnica e extensão rural, os estudos e planejamentos territoriais, bem como o incentivo à pesquisa, ao desenvolvimento e à inovação no setor agropecuário (Brasil, 2023).

Outro eixo importante do Plano foi a disponibilização de insumos e a produção de sementes e mudas florestais, buscando viabilizar a adoção das tecnologias previstas, como sistemas de integração, plantio direto e reflorestamento. Sendo assim, as diretrizes tinham como propósito superar fragilidades estruturais do setor e incentivar a substituição ou reorientação de práticas produtivas em direção a modelos ambientalmente sustentáveis, conciliando aumento de produtividade com redução de impactos ambientais (Brasil, 2023).

Além disso, o Plano buscou articular e integrar políticas já existentes, priorizando também programas que já estavam sob responsabilidade do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e do então Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA), com ênfase em programas voltados ao fomento, à inovação tecnológica e à pesquisa aplicada, reforçando a coordenação interinstitucional necessária à consolidação da agricultura de baixa emissão de carbono no Brasil. Neste sentido, o intuito era evitar duplicidade de esforços e desperdício de recursos, trazendo uma otimização de novas diretrizes com os programas já implementados e praticados (Brasil, 2023).

Os resultados do Plano ABC entre 2010 e 2020 mostram que a maioria das metas físicas foi superada, como, por exemplo, a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) e os Sistemas Agroflorestais, que atingiram 10,76 milhões de hectares, superando em mais de duas vezes a meta inicial de 4 milhões. Destaca-se também o Sistema Plantio Direto, que também apresentou desempenho positivo, alcançando 14,59 milhões de hectares frente à previsão de 8 milhões, enquanto a Fixação Biológica de Nitrogênio expandiu-se para 11,78 milhões de hectares, mais que o dobro da meta de 5,5 milhões. Já a recuperação de pastagens degradadas chegou a 26,8 milhões de hectares, superando a meta de 15 milhões, embora a meta de mitigação não tenha sido alcançada. Entretanto, os resultados de florestas plantadas alcançaram apenas 1,88 milhão de hectares, o equivalente a 63% da meta, evidenciando uma das principais fragilidades do programa. Já o tratamento de dejetos animais teve desempenho excepcional, alcançando 871% da meta física e contribuindo de forma expressiva para a redução de emissões. No total, o Plano superou a meta global de mitigação, com cerca de 193,6

milhões de toneladas de CO₂eq reduzidas, contra o intervalo inicialmente projetado de 133 a 163 milhões. Os resultados detalhados das metas físicas e de mitigação do Plano ABC podem ser visualizados de forma consolidada na figura 5, que apresenta o desempenho do programa entre 2010 e 2020 (Brasil, 2023).

Figura 5: Resultados ABC 2010 – 2020

TECNOLOGIAS	EM ÁREA			MITIGAÇÃO		
	META	RESULTADO	ALCANCE	META	RESULTADO	ALCANCE
Recuperação de Pastagens Degradadas	15	26,8	179%	104	36,01	35%
Integração Lavoura-Pecuária-Floresta	4	10,76	269%	18 a 22	40,78	185%
Sistema Plantio Direto	8	14,59	182%	16 a 20	26,7	133%
Fixação Biológica Nitrogênio	5,5	11,78	214%	10	21,56	216%
Florestas Plantadas	3	1,88	63%	-	8,82	-
Tratamento de Dejetos Animais	4,4 milhões m ³	38,34 milhões m ³	871%	6,9	59,81	867%
TOTAL PLANO ABC	35,5 milhões de ha	54,03 milhões de ha	152%	133 a 163	193,67 milhões Mg CO₂ eq	119%

Fonte: BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. *Histórico do Plano ABC*. Brasília, DF: MAPA

Embora o Plano ABC tenha sido estruturado com base em um arcabouço técnico consistente e inovadores instrumentos financeiros, sua implementação enfrentou limitações significativas ao longo da primeira década. Entre os principais entraves estiveram o baixo nível de conhecimento dos agricultores, técnicos e agentes financeiros sobre as tecnologias incentivadas, incluindo custos de adoção, retornos esperados e requisitos operacionais. Soma-se a isso a insuficiência de assistência técnica especializada e a burocracia relacionada à regularização fundiária e ambiental, fatores que, em conjunto, comprometeram a difusão mais ampla das práticas previstas. Além disso, a governança do plano careceu de maior clareza e articulação entre esferas federais e estaduais, o que reduziu a eficácia da coordenação institucional e dificultou a consolidação de metas e ações (Gurgel; Laurenzana, 2016, p.349).

Outro aspecto crítico foi a ausência de mecanismos adequados de monitoramento e avaliação dos resultados obtidos, causados principalmente pela falta de informações sistemáticas sobre a efetiva aplicação das tecnologias no campo, sua eficiência prática e os custos associados ao carbono mitigado. Essa lacuna resultou em discrepâncias entre a expansão das áreas contabilizadas e o impacto real em termos de redução de emissões, como é possível notar na recuperação de pastagens degradadas, que, apesar de superar a meta física, apresentou desempenho inferior no indicador de mitigação. Também se observou concentração regional do crédito, sobretudo no Centro-Oeste e no Sudeste, enquanto regiões com elevado potencial de mitigação, como o Norte e o Nordeste, que sofrem com um problema estrutural de acesso, causando uma distribuição desproporcional dos recursos. Essas dificuldades reforçam a necessidade de aprimorar a governança, ampliar a capacitação de agentes envolvidos e fortalecer os mecanismos de assistência técnica e monitoramento, de modo a assegurar maior consistência na execução e efetividade dos resultados do Plano ABC (Gurgel; Laurenzana, 2016, p.351).

Evidencia-se que o desenvolvimento de mecanismos capazes de agregar valor ambiental aos produtos provenientes da agricultura de baixa emissão de carbono ainda está muito distante da realidade e não tem espaço para ser perseguido enquanto outros entraves mais emergenciais não forem tratados" (Gurgel; Laurenzana, 2016, p.351).

Em síntese, o Plano ABC cumpriu um papel estratégico ao introduzir e difundir tecnologias de baixa emissão na agropecuária brasileira, alcançando resultados relevantes em termos de área total e mitigação, ainda que com avanços desiguais entre as diferentes práticas e sob limitações estruturais. A experiência acumulada ao longo da década de 2010, com seus sucessos e fragilidades, atuou como base para a reformulação da política em um novo ciclo, com o Plano ABC+ (2020–2030) em 2021, ampliando metas e diretrizes para consolidar a agricultura de baixo carbono como um eixo permanente da política agrícola nacional.

2.4 ABC+ 2021

O Plano ABC+ (2020 – 2030), oficialmente denominado Plano Setorial para Adaptação à Mudança do Clima e Baixa Emissão de Carbono na Agropecuária, com vistas ao Desenvolvimento Sustentável, representa a evolução do esforço iniciado em

2010. Porém, este representa mais do que a simples prorrogação do ciclo anterior, trata-se de uma agenda estratégica nacional que incorpora as lições aprendidas com a primeira década do programa, buscando ampliar a adoção de práticas sustentáveis e fortalecer os mecanismos de adaptação frente à crescente problemática climática (Brasil, 2023).

Nessa nova etapa, o ABC+ assume papel central não apenas na continuidade da mitigação das emissões do setor agropecuário, mas também no apoio à implementação da Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) do Brasil no âmbito do Acordo de Paris. Seu diferencial está no foco em medidas de adaptação e na adoção da gestão integrada da paisagem, buscando reduzir emissões sem comprometer a produção sustentável de alimentos, grãos, fibras e bioenergia (Brasil, 2023).

No âmbito internacional, a adoção do Acordo de Paris em 2015 reforçou ainda mais a centralidade da agropecuária na política climática brasileira. Ao assumir o compromisso de reduzir em 37% as emissões de gases de efeito estufa até 2025 e em 43% até 2030, em relação aos níveis de 2005, o Brasil vinculou parte significativa de suas metas a ações do setor rural, como a recuperação de 15 milhões de hectares de pastagens degradadas e a ampliação da integração lavoura-pecuária-floresta para 5 milhões de hectares. Isso significa que a agropecuária continuaria exercendo um papel relevante nos esforços nacionais rumo a uma economia de baixa emissão de carbono, o que reforçou a necessidade de continuidade e fortalecimento do Plano ABC, ou de políticas similares, para assegurar o alcance das metas estabelecidas na arena internacional (Brasil, 2023).

As metas do Plano ABC+ foram definidas para ampliar o protagonismo da agropecuária nos compromissos climáticos assumidos pelo Brasil, ao mesmo tempo em que buscam consolidar sistemas produtivos mais sustentáveis e resilientes. Entre seus objetivos centrais, está o estímulo contínuo à adoção e manutenção de sistemas conservacionistas e de baixa emissão de carbono, capazes de aumentar a produtividade, gerar renda e reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE). A nova fase do programa, portanto, não se limita a repetir o ciclo anterior, mas procura fortalecer os

instrumentos de adaptação, assegurando que a produção agropecuária nacional seja capaz de enfrentar os efeitos adversos das mudanças climáticas sem comprometer sua competitividade (Brasil, 2023).

Nesse sentido, o ABC+ estabeleceu metas específicas para fortalecer a transferência de tecnologia, a capacitação e a assistência técnica como pilares da sua execução. Reconhecendo as fragilidades do ciclo anterior, o plano busca ampliar o alcance da difusão de práticas sustentáveis entre produtores, técnicos e agentes financeiros, criando condições para que o conhecimento científico seja convertido em ganhos efetivos de produtividade e mitigação. Além disso, também foi priorizada a pesquisa aplicada, voltada ao desenvolvimento e aprimoramento de sistemas, práticas e processos produtivos, de modo a garantir avanços tecnológicos permanentes (Brasil, 2023).

Outro aspecto fundamental das metas do ABC+ é a criação e consolidação de mecanismos de reconhecimento e valorização dos produtores que adotam práticas sustentáveis, alinhando a agropecuária brasileira às exigências crescentes dos mercados internacionais. Com isso, busca-se não apenas reduzir emissões e ampliar a resiliência climática, mas também agregar valor aos produtos nacionais por meio de atributos ambientais. Complementarmente, o plano prevê o fortalecimento do sistema de monitoramento, relato e verificação (MRV), de modo a conferir maior transparência e credibilidade aos resultados reportados, além de incentivar a regularização ambiental e a integração da produção agropecuária à paisagem (Brasil, 2023).

As diretrizes do ABC+ foram organizadas em nove eixos estratégicos, que estruturam a implementação das ações até 2030 e asseguram maior integração entre políticas públicas e atores do setor. Esses eixos se dividem em quatro Programas e cinco Estratégias, desenhados para combinar incentivos diretos à adoção de práticas sustentáveis com instrumentos de suporte técnico, institucional e científico (Brasil, 2023).

Entre os Programas, destacam-se: o Programa de Acesso a Crédito e Financiamentos, que busca diversificar e ampliar as fontes de recursos; o Programa de Estímulo à Adoção e Manutenção dos Sistemas de Produção Sustentáveis (SPSABC),

destinado a consolidar tecnologias de baixa emissão no campo; o Programa de Cooperação Estratégica, voltado à articulação de parcerias institucionais; e o Programa de Valoração e Reconhecimento, cujo objetivo é fortalecer instrumentos de valorização do produtor sustentável (Brasil, 2023).

As Estratégias complementam os Programas e buscam assegurar a efetividade do plano. Entre elas estão a Estratégia de Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER), Capacitação e Transferência de Tecnologia, voltada à qualificação de técnicos e produtores; a Estratégia de Comunicação e Sensibilização, destinada a ampliar a adesão ao programa; e a Estratégia de Governança, Monitoramento e Avaliação, fundamental para conferir transparência e avaliar o alcance das metas. Somam-se ainda a Estratégia de Inteligência em Gestão de Risco Climático e Mitigação, que organiza dados para apoiar decisões, e a Estratégia de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação, voltada à produção contínua de soluções tecnológicas. Em conjunto, esses eixos refletem uma tentativa de superar os entraves observados no ciclo anterior, garantindo maior dinamismo, capacidade de monitoramento e articulação entre políticas setoriais (Brasil, 2023).

O ABC+ ampliou significativamente o escopo tecnológico do ciclo anterior, reunindo um conjunto diversificado de Sistemas, Práticas, Produtos e Processos de Produção Sustentáveis (SPSABC). Entre as principais inovações, destacam-se a ampliação das práticas de recuperação de pastagens degradadas (PRPD), agora incluindo também sua renovação, o redesenho do antigo tratamento de dejetos animais, que passou a se denominar manejo de resíduos da produção animal (MRPA), e a transição da Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) para a categoria mais abrangente de bioinsumos, contemplando microrganismos multifuncionais e promotores de crescimento de plantas. Além disso, incorporaram-se tecnologias inéditas, como o Sistema Plantio Direto de Hortaliças (SPDH), os Sistemas Irrigados (SI) e a Terminação Intensiva (TI), que ampliam as possibilidades de mitigação e adaptação, ao mesmo tempo em que aumentam a eficiência produtiva. Essa ampliação tecnológica reforça a visão do plano de conciliar intensificação sustentável, competitividade e serviços ambientais (Brasil, 2023).

Entretanto, a incorporação de novas práticas também traz consigo um desafio ainda mais complexo: como mensurar, verificar e comprovar os benefícios efetivos de cada tecnologia em escala nacional. A diversidade de sistemas – desde bioinsumos até a integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e os sistemas agroflorestais (SAFs) – aumenta a necessidade de metodologias padronizadas e de dados robustos, capazes de traduzir os ganhos em indicadores de mitigação, adaptação e sustentabilidade. Sem mecanismos consistentes de monitoramento, relato e verificação (MRV), há o risco de que a expansão declarada das tecnologias não corresponda integralmente a reduções reais de emissões ou ganhos ambientais. Essa problemática será detalhada na próxima subseção, uma vez que o monitoramento se coloca como o grande desafio da política de agricultura de baixo carbono, elemento indispensável tanto para dar credibilidade às metas nacionais como para orientar a melhoria contínua do programa (Brasil, 2023).

Capítulo 3 - MRV: Conceito, Etapas e Desafios de Implementação

3.1 O que é MRV: conceito e importância

A crescente demanda da sociedade por proteção ambiental, somada à internacionalização das cadeias produtivas, tem impulsionado a criação de novos mecanismos de governança capazes de monitorar e avaliar as atividades agropecuárias. Nesse cenário, observa-se que os instrumentos de monitoramento socioambiental resultam da interação entre políticas públicas e iniciativas privadas, articulando dimensões regulatórias, técnicas e de mercado para conferir maior credibilidade às informações sobre mitigação de emissões. No entanto, as estatísticas disponíveis ainda são limitadas e subestimam o alcance real das práticas, como pontuado no trecho a seguir:

O único dado 'oficial' disponível se refere ao crédito do Programa ABC, oferecido pelo Banco Central. Contudo, esse dado é subestimado, já que muitos agricultores adotam tecnologias ABC sem utilizar o crédito oficial para isso (Manzatto et al., 2020, p. 14).

Além disso, outro desafio relevante recai sobre a estimativa das emissões mitigadas, uma vez que diferentes metodologias e fatores de emissão resultam em valores heterogêneos, frequentemente divergentes. Diante dessa incerteza, os números disponíveis devem ser interpretados como intervalos de estimativa, e não como valores absolutos. Essa fragilidade metodológica e informacional evidencia a necessidade de instrumentos mais robustos e padronizados que assegurem consistência e comparabilidade aos resultados reportados.

É nesse contexto que surge o MRV, sigla para Mensuração/Monitoramento, Relato e Verificação, um conjunto de etapas fundamentais para a execução de qualquer planejamento climático. O propósito central consiste em assegurar o controle dos efeitos e resultados das iniciativas voltadas à mitigação e à adaptação às mudanças climáticas, de modo a proporcionar maior confiabilidade e clareza ao processo. A metodologia não se restringe ao acompanhamento das emissões, ela também pode ser utilizada para apoiar o planejamento de projetos, orientar a tomada de decisão sobre investimentos, embasar a geração de créditos de carbono, estabelecer metas e métricas de desempenho, além de auxiliar na formulação de estratégias climáticas em diferentes

escalas de atuação. Dessa forma, o MRV tornou-se uma ferramenta transversal, aplicável tanto à formulação de políticas públicas quanto à gestão corporativa da sustentabilidade (Farnetti; Batista, 2022).

A relevância desse protocolo já se evidencia em países e instituições que operam em mercados regulados de carbono, nos quais a mensuração, o relato e a verificação das emissões são pré-requisitos para a comercialização de bens e serviços. Os dados gerados pelo MRV subsidiam o acompanhamento de metas setoriais e nacionais, ao mesmo tempo em que alimentam a gestão do desafio climático em nível global. Em termos práticos, o MRV corresponde ao processo de monitorar e quantificar a redução ou remoção de gases de efeito estufa (CO₂e), relatar essas informações de forma transparente e submetê-las à verificação independente, a fim de assegurar sua precisão. Esse procedimento é indispensável, por exemplo, para validar a emissão de créditos de carbono segundo padrões internacionais como o *Verra* ou o *Gold Standard*, garantindo que as reduções reportadas correspondam a benefícios reais e mensuráveis, tanto do ponto de vista ambiental quanto social.

A etapa de Mensuração/Monitoramento (*Monitoring*) é o primeiro passo do MRV e tem como objetivo gerar dados confiáveis sobre emissões e reduções de gases de efeito estufa. Para isso, utiliza metodologias internacionais, como as diretrizes do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), que propõem diferentes níveis de detalhamento (*tiers*), desde estimativas mais gerais (*Tier 1*) até cálculos específicos por região, cultura ou sistema produtivo (*Tier 3*). No Brasil, a principal ferramenta é o *GHG Protocol Agro* (GHG-AGRO), desenvolvido pela Embrapa, que calcula as emissões a partir de informações fornecidas pelos agricultores:

De forma sucinta, o GHG permite que sejam contabilizadas todas as ações realizadas por agricultores de forma a viabilizar um processo de mitigação de emissões (a partir de perguntas do GHG sobre a atividade agrícola local os fatores de emissão são gerados automaticamente com base em coeficientes de emissão que variam em generalidade de acordo com o nível de abrangência da pesquisa que o embasou) (Manzatto et al., 2020, p. 23).

Para complementar, foram criados sistemas como o AgroTag-App e o AgroTag-WebGIS, que permitem coletar fotos, dados georreferenciados e informações do

Cadastro Ambiental Rural (CAR), além de integrar imagens de satélite e dados do IBGE. Essa combinação de dados locais e remotos aumenta a precisão dos cálculos e facilita o acompanhamento contínuo das práticas de baixa emissão. Apesar dos avanços, ainda existem desafios importantes, principalmente pela grande diversidade de solos e climas do país, o que dificulta a padronização de métodos únicos e exige adaptações regionais (Farnetti; Batista, 2022).

A etapa de Relato (*Reporting*) ocorre após a mensuração e corresponde à organização e divulgação das informações geradas sobre as ações de mitigação. Nessa fase, os dados coletados localmente e de forma remota são agregados em plataformas específicas, como o AgroTag-WebGIS, que cruza informações do campo com outras bases de dados e permite acompanhar mudanças no uso do solo por meio de registros georreferenciados. Esse processo de agregação é fundamental para gerar estimativas mais robustas das emissões mitigadas e para construir séries históricas que mostrem a evolução das áreas monitoradas. Além disso, o relato cumpre uma função de transparência: os resultados podem ser reportados internamente, para apoiar o planejamento institucional, ou externamente, para órgãos reguladores, mercados financeiros e a sociedade. Em nível internacional, o relato pode assumir a forma de submissão a programas e padrões reconhecidos, como CDP, ISE, *GHG Protocol* ou ainda a certificadoras de créditos de carbono. Dessa forma, a etapa de relato garante que os resultados obtidos sejam comunicados de forma clara, padronizada e acessível aos diferentes públicos interessados (Farnetti; Batista, 2022).

A etapa de Verificação (*Verification*) corresponde à análise independente das informações reportadas, com o objetivo de assegurar a confiabilidade dos resultados e a conformidade das metodologias utilizadas. Nessa fase, os dados consolidados são confrontados com bases externas, como o SATVeg, que estima a biomassa por meio de imagens de satélite e índices espectrais (NDVI), e o Carbscan, que realiza cálculos de carbono orgânico no solo a partir de modelos especializados e coeficientes regionais. Também podem ser utilizadas as fotos georreferenciadas coletadas pelo AgroTag-App, que se integram automaticamente a essas bases, permitindo a checagem remota das práticas implementadas sem a necessidade imediata de visitas de campo. Em casos de

inconsistências, auditorias presenciais podem ser realizadas por agentes públicos ou empresas certificadoras. Essa verificação externa é essencial em processos de geração de créditos de carbono, nos quais a rastreabilidade e a replicabilidade dos cálculos precisam ser garantidas. Apesar de poder elevar custos, a combinação de sistemas digitais com inspeções presenciais em casos específicos configura um modelo híbrido mais eficiente, capaz de reduzir incertezas e aumentar a credibilidade do MRV. Dessa forma, a etapa de verificação contribui tanto para a robustez dos inventários nacionais de emissões quanto para a operacionalização de políticas públicas de incentivo, como o crédito do Programa ABC, frequentemente limitado pela dificuldade em monitorar a aplicação efetiva dos recursos em práticas de mitigação (Farnetti; Batista, 2022).

3.2 Desafios na definição do baseline e implementação inicial

A definição do baseline constitui a etapa inicial e fundamental do protocolo de MRV, pois estabelece o cenário de referência a partir do qual serão contabilizadas as reduções de emissões resultantes das práticas de baixa emissão de carbono. No caso da agropecuária brasileira, esse processo tem sido estruturado com o apoio de ferramentas como o GHG-Agro, o AgroTag-App/WebGIS e a coleta de amostras de carbono orgânico no solo (COS). O GHG-Agro funciona por meio do preenchimento de planilhas eletrônicas nas quais os agricultores ou consultores inserem informações sobre o sistema produtivo, permitindo gerar estimativas de fatores de emissão com base em coeficientes já estabelecidos. O AgroTag, por sua vez, possibilita o registro de dados georreferenciados em campo, incluindo imagens e informações da propriedade, que são automaticamente integrados ao sistema AgroTag-WebGIS. Já as amostras de COS fornecem dados empíricos que complementam e validam as estimativas realizadas pelas ferramentas digitais. Apesar de sua relevância metodológica, a etapa de baseline enfrenta um obstáculo central logo no seu início: grande parte das informações iniciais depende do preenchimento de formulários pelos produtores rurais, o que pode gerar incertezas quanto à confiabilidade e à precisão dos dados reportados, como pontuado por Manzatto et al.:

O estabelecimento desse cenário base é um dos principais desafios do GHG-AGRO, dado que a maior parte das informações coletadas são feitas por meio do preenchimento de formulários por parte dos produtores que adotam as ações

de mitigação. Além de questões acerca da confiabilidade das informações reportadas, pode-se questionar a precisão desses dados, mesmo que reportados de forma correta (Manzatto et al., 2020, p. 23).

Ademais, outro dos principais desafios para a consolidação do baseline na agropecuária brasileira está nas fragilidades metodológicas decorrentes da grande diversidade de condições edafoclimáticas do país. Como mencionado na seção anterior, o IPCC estabelece três níveis, separados pela especificidade, para a mensuração das emissões, sendo estes: o *Tier 1*, baseado em coeficientes gerais, o *Tier 2*, que incorpora parâmetros nacionais ou regionais, e o *Tier 3*, que utiliza modelos detalhados e dados altamente específicos por localidade. No contexto brasileiro, devido à extensão territorial e à heterogeneidade de solos e climas, o uso de coeficientes genéricos enquadrados no *Tier 1* frequentemente gera problemas, uma vez que não se adequam de forma generalizada ao país como um todo, prejudicando os cálculos de emissões. Neste contexto, Manzatto et al. utiliza o plantio de soja como exemplo:

Resumidamente, um coeficiente de emissão para o cultivo de soja para o Brasil todo, por exemplo, seria genérico e não consideraria particularidades de clima e solo, penalizando os valores de emissão de GEE e enquadrando tais cálculos em TIER 1. Por outro lado, e idealmente, um coeficiente para cada tipo de soja e considerando parâmetros ambientais de cada local de cultivo seria o ideal, enquadrando-o em TIER 3 (Manzatto et al., 2020, p. 23).

Além das fragilidades metodológicas, a etapa de implementação inicial do baseline enfrenta limitações práticas relacionadas à coleta de dados. A medição de carbono orgânico no solo (COS) é considerada um dos métodos mais precisos para aferir a efetividade das práticas de mitigação, contudo, sua aplicação em larga escala é limitada devido aos custos, como ressaltam os autores: “muitas vezes o valor de cada análise torna o sistema proibitivo” (Manzatto et al., 2020, p. 37).

Ademais, por mais que ferramentas digitais como o AgroTag-App e o AgroTag-WebGIS vêm sendo desenvolvidas para facilitar o registro e a integração de informações locais, sua utilização exige capacitação técnica dos produtores e consultores, ou seja, a forma de coleta de informações relevantes através de tecnologias representa um desafio especialmente para agricultores de menor porte, que podem ter mais dificuldade em adotar sistemas digitais de monitoramento.

A ausência de um baseline sólido e padronizado compromete diretamente a credibilidade do MRV e de seus resultados, uma vez que gera incertezas na coleta inicial de dados, seja pela dependência de informações autodeclaradas ou pelo uso de coeficientes genéricos, culminando em estimativas de mitigação pouco confiáveis e de difícil validação. Essa fragilidade metodológica não afeta apenas a robustez dos inventários nacionais, mas também dificulta a aceitação dos dados em processos de certificação internacional de créditos de carbono, que exigem bases transparentes e rastreáveis, como destaca o Banco Mundial (2023):

Transparency and accountability are therefore critical to a well-functioning carbon market. While the bottom-up nature of the Paris Agreement gives flexibility to countries in managing and tracking their climate action, there is no guidance on how to connect disparate registry systems -- databases that register and/or transact emissions reductions units -- which poses a serious challenge to ensuring transparency and trust in the market (Vives, 2023).

3.3 Obstáculos no acompanhamento contínuo das práticas

O acompanhamento contínuo das práticas agropecuárias de baixa emissão de carbono constitui um dos pontos mais sensíveis do protocolo de MRV, pois exige a atualização periódica dos dados registrados no GHG-Agro e no AgroTag-App/WebGIS, além da realização de novas coletas de carbono orgânico no solo (COS) ao longo do ciclo produtivo. Na prática, porém, nem sempre os produtores mantêm seus registros atualizados, o que gera lacunas temporais e prejudica a construção de séries históricas consistentes. A ausência de informações regulares compromete a capacidade de verificar se as práticas estão sendo aplicadas de forma contínua e com a intensidade prevista, reduzindo a confiabilidade das estimativas de mitigação. Assim, a dificuldade em assegurar o monitoramento sistemático e constante das atividades agrícolas representa um novo desafio para a robustez do MRV no setor agropecuário.

Neste contexto, por mais que sejam ofertadas ferramentas de sensoriamento remoto, como o SATVeg e o Carbscan (bandas do sensor MODIS - resolução espacial de 250m), tais tecnologias ainda enfrentam limitações relevantes, conforme observado pela *North Carolina State University*: “*about 25 smallholder fields can fit in just one of MODIS’ 500 x 500-m pixels*” (Skrip, 2022), o que dificulta a detecção de degradações pontuais em pequenas propriedades. Por esses motivos, o sensoriamento remoto deve

ser encarado como complementar as informações coletadas em campo, sob risco de comprometer a precisão do MRV.

O monitoramento contínuo também enfrenta obstáculos relacionados a custos e barreiras técnicas, como vistos também na etapa de coleta de informações, uma vez que a manutenção de um sistema eficiente de acompanhamento demanda recursos financeiros para análises periódicas de solo, aquisição e atualização de equipamentos, além de insumos tecnológicos para o envio de informações em tempo real. Ademais, há também a necessidade de capacitação constante de técnicos e agricultores para o correto preenchimento das ferramentas, como o GHG-Agro e o AgroTag-App, e para a interpretação dos resultados gerados. Como consequência, cria-se um cenário de desigualdade na adesão ao MRV, uma vez que os grandes produtores tendem a apresentar maior capacidade de monitoramento em comparação aos pequenos agricultores.

As dificuldades enfrentadas no acompanhamento contínuo repercutem diretamente na confiabilidade e credibilidade do MRV, pois quando há lacunas de dados ou falhas na atualização das informações, as estimativas de redução de emissões tornam-se menos robustas e confiáveis, sendo sujeitas a dúvidas sobre sua validade tanto por organismos nacionais quanto por certificadoras internacionais. Isso compromete não apenas a transparência dos inventários de emissões do Brasil, mas também a inserção da agropecuária em mecanismos de mercado, como a geração de créditos de carbono. Do ponto de vista das políticas públicas, a fragilidade no monitoramento contínuo dificulta a operacionalização de programas como o crédito do ABC, uma vez que agentes financeiros demandam garantias de que os recursos concedidos estão, de fato, sendo aplicados em práticas de mitigação. Nesse sentido, estudos indicam que a ausência de mecanismos robustos de monitoramento tem levado muitos agentes financeiros a restringirem a oferta dessas linhas de crédito:

Estudos revelam que muitos agentes financeiros não oferecem essas linhas de crédito, pela dificuldade em monitorar as ações dos tomadores de financiamento e a forma como estes aplicaram o recurso em práticas de mitigação, como a recuperação de pastagens (OBSERVATÓRIO ABC, 2017, apud MANZATTO et al., 2020, p. 26).

Portanto, assegurar a consistência do acompanhamento ao longo do tempo é condição indispensável para que o MRV cumpra sua função de validar a efetividade das ações implementadas no setor agropecuário.

3.4 Verificação e cálculo final das reduções

Muitos dos entraves relacionados à confiabilidade dos dados, às limitações do sensoriamento remoto e aos custos de monitoramento já foram discutidos nos subtópicos anteriores (3.2 e 3.3), evidenciando que falhas no baseline e no acompanhamento contínuo repercutem diretamente na robustez do MRV. No entanto, na etapa de verificação, esses desafios se tornam ainda mais críticos, pois é nesse momento que os dados precisam ser auditados, confrontados com bases externas e validados por certificadoras nacionais e internacionais. Assim, além das fragilidades já mencionadas, surgem obstáculos adicionais relacionados à integração de diferentes sistemas de informação, à necessidade de auditorias híbridas (remotas e presenciais), à padronização metodológica e à credibilidade junto a inventários e mercados de carbono.

Embora o sensoriamento remoto represente um avanço significativo para a verificação das práticas agropecuárias, sua aplicação exclusiva não é suficiente para assegurar a confiabilidade dos resultados, sendo assim, em situações de inconsistência nos dados ou dúvidas sobre a correta implementação das ações de mitigação, faz-se necessárias auditorias presenciais em campo, realizadas por agentes públicos ou certificadoras privadas. Essa necessidade dá origem a um modelo de verificação híbrida, no qual sistemas digitais como o SATVeg, o Carbscan e o AgroTag realizam o monitoramento inicial, enquanto inspeções in loco são mobilizadas apenas em casos específicos. Apesar de conferir maior credibilidade ao processo, essa abordagem também impõe desafios de ordem prática, sobretudo pelo custo elevado das auditorias presenciais e pela dificuldade de aplicá-las em um país de dimensões continentais como o Brasil, como abordado por Manzatto et al.:

Uma dificuldade dessa forma de verificação está ligada aos custos incorridos, a depender da frequência necessária dessas ações. A integração dos dois sistemas permite a implantação de um sistema híbrido, com custos reduzidos em relação à inspeção in loco. Uma primeira verificação poderia ser realizada pelos sistemas remotos/digitais enquanto, para aquelas áreas que apresentem

dúvidas, seria deslocada uma equipe de campo para uma verificação mais detalhada (Manzatto et al., 2020, p. 25).

Outro desafio central da etapa de verificação refere-se à rastreabilidade e replicabilidade das metodologias empregadas, condição indispensável para que os resultados do MRV sejam aceitos por certificadoras internacionais e organismos multilaterais. Padrões como o *Verra*, o *Gold Standard* e o *Social Carbon* exigem que os cálculos de mitigação sejam auditáveis, baseados em métodos transparentes e capazes de serem replicados em diferentes contextos. No entanto, no caso da agropecuária brasileira, ainda existem fragilidades na padronização dos protocolos de verificação, que variam conforme a região, o bioma ou o sistema produtivo, como já mencionado em tópicos anteriores. Essa heterogeneidade dificulta a comparabilidade dos resultados e pode comprometer a credibilidade do país frente aos mercados globais de carbono, onde a consistência metodológica é requisito para a validação e comercialização de créditos.

Assim, a verificação não deve ser entendida apenas como a última etapa formal do MRV, mas como o elemento que conecta a mensuração e o monitoramento à governança climática, sendo condição indispensável para transformar esforços de mitigação em resultados reconhecidos e financiáveis.

3.5 Barreiras estruturais e institucionais ao MRV.

Um dos principais entraves estruturais para a consolidação do MRV na agropecuária brasileira está na fragmentação das bases de dados utilizadas para a mensuração e o monitoramento das emissões. Atualmente, informações relevantes encontram-se dispersas em diferentes sistemas, como o Cadastro Ambiental Rural (CAR), as estatísticas agropecuárias do IBGE, plataformas de sensoriamento remoto como o MapBiomas e o SATVeg, além dos inventários nacionais de emissões. A ausência de um sistema unificado e integrado dificulta a padronização metodológica, gera lacunas de informação e aumenta o risco de inconsistências entre as estimativas. Esse quadro compromete não apenas a comparabilidade dos resultados, mas também a possibilidade de construir séries históricas robustas e transparentes, essenciais para a credibilidade do MRV em nível nacional e internacional.

Outro obstáculo relevante ao fortalecimento do MRV diz respeito à fragilidade da governança e da coordenação institucional, onde a experiência do Plano ABC evidenciou as dificuldades de articulação entre diferentes esferas de governo e entre órgãos com competências sobrepostos, como o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), o então Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA) e as secretarias estaduais. A ausência de uma estrutura de governança claramente definida gera sobreposição de iniciativas, reduz a eficiência na implementação de ações e enfraquece a capacidade de acompanhamento sistemático das práticas no campo. Sem clareza institucional e mecanismos de coordenação efetivos, o MRV perde continuidade e escala, limitando seu potencial de orientar políticas públicas e de responder às exigências de transparência nos compromissos internacionais assumidos pelo Brasil. Essa constatação também foi destacada pelo Observatório ABC, ao apontar que o Plano apresentou lacunas de governança que impediram a tradução de decisões estratégicas em resultados concretos:

Apesar de ter sido construído de forma bastante participativa, o Plano ABC tem dificuldade de chegar até a ponta. Uma das causas disso são algumas lacunas na sua governança que dificultam que as decisões tomadas em nível estratégico sejam traduzidas em ações mensuráveis de redução de emissões de gases-estufa (OBSERVATÓRIO ABC, 2017, p. 6).

As limitações de recursos financeiros e de capacitação técnica constituem outro entrave para a consolidação de um sistema de MRV robusto no setor agropecuário, pois sua implementação em larga escala demanda investimentos contínuos em infraestrutura tecnológica, laboratórios de análise de solo, sistemas digitais de coleta de dados e redes de sensoriamento remoto. Como ressalta a FAO, *“this underutilization of agriculture's mitigation potential can be attributed to the higher costs of MRV in agriculture and mitigation...”* (FAO, 2023). Soma-se a isso a escassez de equipes técnicas especializadas e a necessidade de capacitação constante de consultores, extensionistas e produtores, de modo a assegurar o correto preenchimento das ferramentas e a interpretação adequada dos resultados. Essa carência de suporte técnico e financeiro limita a adesão dos produtores, em especial os de menor porte, e compromete a efetividade do MRV como instrumento de monitoramento de políticas climáticas.

As barreiras estruturais e institucionais enfrentadas pelo MRV repercutem diretamente na credibilidade do sistema e no acesso a financiamentos climáticos. A ausência de integração de dados, a fragilidade na governança e a escassez de recursos técnicos e financeiros reduzem a confiança de agentes nacionais e internacionais na efetividade das políticas de mitigação brasileiras. Esse cenário contribui para a hesitação de instituições financeiras em expandir linhas de crédito verde, como visto anteriormente neste estudo, já que não há garantias consistentes sobre a aplicação dos recursos em práticas de fato capazes de reduzir emissões. Do ponto de vista internacional, a falta de robustez do MRV compromete a posição do Brasil nos fóruns climáticos, dificultando a validação de seus resultados e a inserção plena em mercados globais de carbono. Assim, superar essas barreiras é condição indispensável para que o MRV cumpra sua função estratégica de conferir transparência às ações de mitigação e ampliar a credibilidade do setor agropecuário frente às exigências de governança climática global.

Capítulo 4 – O Mercado de Carbono e o Papel do MRV na Agricultura

4.1 Mercados de carbono: funcionamento e tipologias

Os mercados de carbono atuam como instrumentos centrais da governança climática internacional, ao permitir que reduções de emissões ou remoções de gases de efeito estufa sejam transformadas em créditos passíveis de comercialização, sendo que cada crédito representa uma tonelada de dióxido de carbono equivalente (tCO₂e) mitigada ou removida. Deste modo, estes créditos podem ser utilizados por governos, empresas ou instituições financeiras para o cumprimento de metas climáticas ou para atender compromissos voluntários de sustentabilidade. O fundamento econômico dos mercados de carbono está na lógica da precificação das externalidades ambientais: ao atribuir valor monetário à mitigação, cria-se um incentivo para a adoção de práticas menos intensivas em carbono e abre-se espaço para projetos capazes de gerar reduções adicionais comprovadas. Nesse sentido, a mudança climática representa um desafio econômico singular, uma vez que as emissões de gases de efeito estufa impõem custos à sociedade que não são refletidos nos preços de mercado, como destacado: “*Carbon pricing seeks to correct this by assigning a financial cost to emissions, ensuring that businesses and consumers account for the broader social and environmental impact of their activities*” (Vaibhav, 2025). Essa lógica busca corrigir a externalidade negativa associada às emissões, de modo que empresas e consumidores passem a internalizar os impactos sociais e ambientais de suas atividades.

A literatura diferencia dois tipos principais de mercado: os mercados regulados, também chamados de *compliance markets*, são aqueles instituídos por legislações nacionais ou por acordos multilaterais, em que os emissores estão sujeitos a limites obrigatórios de emissões e podem negociar créditos para cumprir suas metas. O exemplo mais robusto de mercado de carbono é o Sistema de Comércio de Emissões da União Europeia, que adota o modelo de *cap-and-trade*, no qual grandes emissores recebem permissões restritas de emissão e necessitam adquirir créditos adicionais quando ultrapassam seus limites. Estruturas semelhantes foram implementadas em outras regiões, como a Califórnia, o Japão e, mais recentemente, a China, que inaugurou em 2021 o maior mercado regulado de carbono do mundo.

A outra modalidade de mercado, os chamados mercados voluntários, operam fora de marcos regulatórios obrigatórios, sendo impulsionados por empresas e instituições que buscam neutralizar emissões ou agregar valor a seus produtos e serviços por meio de atributos ambientais. Nesses casos, os créditos são gerados a partir de projetos de mitigação aprovados por certificadoras privadas. Essa flexibilidade amplia a diversidade de iniciativas contempladas, abrangendo práticas agropecuárias, reflorestamento, energias renováveis e eficiência energética. No entanto, ela também expõe fragilidades estruturais, tanto no lado da oferta quanto da demanda, sobretudo em relação à padronização e à credibilidade dos créditos, persistindo dúvidas principalmente sobre como assegurar que os créditos representem reduções reais, adicionais e permanentes de emissões, em um ambiente marcado por negociações muitas vezes personalizadas e ausência de contratos padronizados. A existência de múltiplas entidades certificadoras, cada uma com metodologias próprias, reforça esse quadro de fragmentação, como visto no argumento: *“This heterogeneity complicates efforts to certify projects and prevents buyers from clear views on the quality of different credits”* (CSIS, 2024).

Em ambos os modelos, a confiança dos agentes econômicos depende de mecanismos robustos de monitoramento, relato e verificação (MRV), ou seja, a credibilidade do crédito de carbono está diretamente associada à capacidade de comprovar que a redução declarada ocorreu de fato, foi mensurada de acordo com metodologias aceitas internacionalmente e é verificável por auditorias independentes. Nesse sentido, o MRV funciona como elo de confiança entre os emissores, os compradores de créditos e os órgãos reguladores ou certificadores, garantindo que o mercado de carbono se mantenha transparente, rastreável e ambientalmente efetivo.

4.2 Experiências internacionais e a inserção da agricultura

A experiência internacional com mercados de carbono revela que, embora diferentes em desenho institucional, todos compartilham um mesmo elemento central: a credibilidade dos créditos depende diretamente da solidez dos sistemas de monitoramento, relato e verificação (MRV), como argumentado nos exemplos a seguir.

O Sistema Europeu de Comércio de Emissões (EU ETS), instituído em 2005, foi o primeiro grande mercado regulado e ainda é o mais robusto em operação, sendo estruturado no modelo de *cap-and-trade*, que estabelece limites de emissões para setores intensivos em carbono e permite a comercialização de permissões entre os agentes. Desde o início o EU ETS enfrentou fortes oscilações nos preços, o que levou a União Europeia a adotar mecanismos de estabilização e a aprimorar continuamente os critérios de mensuração e verificação. Com o tempo, criou-se uma arquitetura de governança que tornou o MRV um requisito central para assegurar a integridade do sistema, evitando fraudes e garantindo que cada crédito correspondesse efetivamente a uma tonelada de CO₂ equivalente mitigada, como ressaltado pela própria Comissão Europeia:

The EU ETS compliance cycle refers to the annual process of monitoring, reporting, and verification (MRV) of greenhouse gas emissions, including associated procedures. For the EU ETS to operate effectively, the MRV process must be robust, transparent, consistent and accurate (EUROPEAN COMMISSION, 2025).

Na Califórnia, o mercado regional de carbono foi lançado em 2012, integrando setores de energia, transporte e indústria, porém, uma característica essencial desse sistema é a possibilidade de utilização de offsets oriundos de atividades agrícolas e florestais, o que abriu espaço para projetos de sequestro de carbono no solo, manejo florestal sustentável e redução de emissões de metano em sistemas pecuários. Contudo, a experiência também mostrou os limites dessa integração: muitos créditos foram questionados quanto à adicionalidade e permanência, levando o estado a reforçar os protocolos de MRV com auditorias externas e metodologias específicas para cada tipo de projeto.

California law, specifically Assembly Bill (AB) 32 (Chapter 488, Statutes of 2006), directs that offsets developed for the Cap-and-Trade Program must be real, permanent, quantifiable, verifiable, enforceable, and additional to any GHG reduction otherwise required by law or regulation and any other GHG reduction that would otherwise occur (CALIFORNIA AIR RESOURCES BOARD, 2021, p1).

Esse movimento reforça a percepção de que, sem padronização e mecanismos de verificação independentes, a aceitação dos créditos agrícolas no mercado é reduzida.

O Japão adotou um modelo híbrido de política climática, com metas obrigatórias para grandes emissores com mecanismos voluntários de compensação. De forma a exemplificar e atenuar a importância dos sistemas MRV, projetos agroflorestais e de eficiência energética são aceitos desde que sigam rigorosas metodologias: precisam desenvolver um *Project Design Document* (PDD) com detalhamento técnico, passar por validação e verificação de terceiros independentes, e comprovar monitoramento contínuo antes da emissão dos créditos. O sistema JCM ilustra esse rigor, pois os métodos são aprovados por comitê binacional e todo o ciclo (desenho, implementação, verificação e emissão) obedece a esses protocolos (GOVERNMENT OF JAPAN, 2023).

A China, por sua vez, lançou em 2021 o maior mercado de carbono do mundo, cobrindo inicialmente o setor energético, responsável por mais de 40% das emissões do país, e, embora a agricultura ainda não esteja formalmente incluída, há discussões sobre a incorporação gradual de práticas agropecuárias e florestais como offsets. Em setembro de 2024, o governo anunciou que o sistema seria ampliado para setores intensivos em emissões, como aço, cimento e alumínio, o que poderia elevar sua abrangência para cerca de 60% das emissões nacionais. Apesar da escala e da perspectiva de expansão, analistas ressaltam que a elevada quantidade de permissões gratuitas tem limitado o impacto do mercado sobre as emissões efetivas de carbono, o que soma-se às críticas quanto à qualidade do monitoramento e à transparência dos dados reportados (REUTERS, 2025).

Para além dos mercados regulados, as experiências no âmbito voluntário ilustram as oportunidades e fragilidades da inserção agrícola, as certificações como a Bonsucro, no setor sucroenergético, e a *Round Table on Responsible Soy* (RTRS) demonstram como a busca por acesso a mercados internacionais induziu a adoção de padrões ambientais mais rigorosos. Em ambos os casos, a geração de créditos adicionais tornou-se possível, mas sempre condicionada a processos de verificação de campo e ao cumprimento de metodologias específicas. A experiência da Microsoft, que tentou adquirir 1,3 milhão de créditos de carbono de produtores rurais, mas conseguiu validar apenas cerca de 200 mil, evidencia a centralidade do MRV.

4.3 O mercado de carbono no Brasil: iniciativas e regulamentação em debate

No Brasil, a construção de um mercado nacional de carbono tem sido marcada por avanços graduais e pela predominância de iniciativas fragmentadas, de caráter voluntário ou vinculadas a setores específicos, em contraste com os sistemas robustos já consolidados na União Europeia ou na Califórnia. Esse quadro começou a se alterar em dezembro de 2024, quando o Congresso Nacional aprovou a lei que institui o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões (SBCE), estabelecendo pela primeira vez um marco regulatório para a precificação de carbono no país (BRASIL, 2024).

O SBCE estabelece as bases para um modelo de *cap-and-trade* com limites decrescentes de emissões, no qual grandes emissores estarão sujeitos a metas obrigatórias e poderão negociar créditos de carbono gerados em outros setores, inclusive na agropecuária. A aprovação da lei representa um marco regulatório importante, mas não elimina os desafios que se impõem para sua efetiva implementação. Entre eles destacam-se a definição clara de critérios de adicionalidade, permanência e verificabilidade, a compatibilização com iniciativas voluntárias já existentes e, sobretudo, a necessidade de mecanismos de monitoramento, relato e verificação (MRV) capazes de assegurar a credibilidade do mercado perante atores nacionais e internacionais (BRASIL, 2024).

Paralelamente ao avanço institucional com a criação do SBCE, o Brasil já vinha acumulando experiências em iniciativas privadas e setoriais, especialmente no setor sucroenergético, na pecuária e na silvicultura, no qual empresas e produtores desses segmentos desenvolveram projetos de compensação e geração de créditos em mercados voluntários internacionais. Essas práticas contribuíram para inserir o país na dinâmica global de comercialização de créditos de carbono, ainda que de forma restrita, com forte dependência de padrões externos e sem a coordenação de um marco regulatório nacional. A existência dessas iniciativas evidencia tanto o potencial do Brasil para se tornar um ator central nesse mercado quanto a necessidade de integrar esforços dispersos em um sistema regulado de maior escala.

4.4 Custos do MRV: barreira à expansão

A implantação de sistemas de monitoramento, relato e verificação (MRV) envolve custos significativos que muitas vezes superam os benefícios imediatos da adoção de práticas de mitigação.

Estudo da FGV (FGVces, 2013) buscou analisar os custos envolvidos no MRV de projetos de carbono, considerando os custos em duas categorias principais: os incorridos pelo regulador e aqueles arcados pelas partes reguladas. No primeiro caso, incluem-se gastos com pessoal, estrutura administrativa, sistemas de coleta de informações e auditorias técnicas. Já no segundo, destacam-se despesas com monitoramento, análises laboratoriais, aquisição de equipamentos e tempo dedicado por equipes internas à elaboração e envio dos relatórios (FGVces, 2013).

Além disso, os custos de conformidade variam fortemente conforme o porte e a complexidade da instalação, onde empresas de grande porte ou com processos intensivos em energia e emissões tendem a arcar com despesas anuais que podem alcançar centenas de milhares de reais, incluindo verificações independentes e aquisição de equipamentos de mensuração direta. Em contrapartida, mesmo instalações menores enfrentam custos proporcionais elevados, razão pela qual diferentes jurisdições internacionais buscaram desenvolver regras simplificadas e manuais específicos para pequenas empresas, a fim de reduzir a barreira de entrada (FGVces, 2013).

No caso brasileiro, a realidade é ainda mais desafiadora, uma vez que a estimativa mostra que tanto reguladores quanto regulados enfrentariam custos iniciais elevados, seguidos de despesas operacionais contínuas. Ou seja, enquanto os grandes agentes podem internalizar parte desses gastos, pequenos e médios produtores agrícolas correm maior risco de exclusão, dada a dificuldade em absorver investimentos recorrentes em análises laboratoriais, auditorias e capacitação técnica. Essa assimetria reforça a necessidade de políticas públicas e mecanismos financeiros que subsidiem o monitoramento, sob pena de transformar o MRV em um obstáculo à inclusão da agropecuária nos mercados regulados e voluntários de carbono (FGVces, 2013).

4.5 Monitoramento como elemento-chave para viabilizar a agricultura no mercado de carbono

Conforme discutido anteriormente, os custos do MRV representam um dos principais entraves à sua implementação, especialmente para pequenos e médios produtores, porém, tais barreiras financeiras não eliminam a necessidade do monitoramento: pelo contrário, reforçam a urgência de desenvolver instrumentos mais acessíveis e eficientes. A experiência internacional e nacional demonstra que não basta adotar práticas agrícolas de baixa emissão de carbono, faz-se necessário também comprovar de maneira transparente e verificável os resultados alcançados. Nesse sentido, o MRV constitui a base de credibilidade dos mercados de carbono, funcionando como elo de confiança entre produtores, certificadoras, governos e compradores de créditos.

As diferentes experiências internacionais reforçam essa constatação, como no Sistema Europeu de Comércio de Emissões (EU ETS), em que a exigência de monitoramento, relato e verificação robusto foi decisiva para evitar fraudes e assegurar que cada crédito correspondesse efetivamente a uma tonelada de CO₂ equivalente mitigada. A Califórnia, por sua vez, enfrentou questionamentos sobre adicionalidade e permanência dos *offsets* agrícolas, o que levou ao fortalecimento de auditorias externas e protocolos específicos, enquanto no Japão o rigor metodológico do *Joint Crediting Mechanism* (JCM), associado a processos contínuos de validação e verificação, exemplifica a busca por credibilidade em um arranjo híbrido de obrigações e incentivos.

Já na China, as críticas à qualidade dos dados e à falta de transparência mostram que um mercado de grande escala só conquista confiança internacional se amparado por sistemas de MRV robustos. Até mesmo em mercados voluntários, como nas certificações Bonsucro e RTRS ou na tentativa da Microsoft de adquirir créditos agrícolas, ficou claro que a viabilidade econômica da agricultura como ofertante de créditos depende, em última instância, da capacidade de comprovar científicamente a mitigação alcançada.

No caso brasileiro, essa questão assume dimensão ainda mais estratégica com as práticas difundidas pelo Plano ABC e pelo ABC+, como a recuperação de pastagens, a integração lavoura-pecuária-floresta e a adoção de bioinsumos. Estas práticas possuem elevado potencial de mitigação e podem ser convertidas em créditos de carbono, desde que apoiadas por métricas confiáveis de mensuração. A ausência histórica de um sistema nacional robusto de monitoramento limitou a efetividade das políticas setoriais e reduziu a atratividade dos créditos brasileiros em mercados internacionais. Com a recente criação do Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões (SBCE), torna-se indispensável que o país invista em instrumentos de MRV que atendam a padrões internacionalmente reconhecidos, garantindo adicionalidade, permanência e rastreabilidade das reduções reportadas. A capacidade de estruturar um MRV sólido será determinante para que o SBCE dialogue com mercados externos e ofereça incentivos econômicos concretos à agricultura de baixa emissão.

Além de requisito técnico, o MRV representa um fator econômico, pois assegura a qualidade dos créditos gerados e permite que produtores rurais tenham acesso a financiamentos verdes, linhas de crédito diferenciadas e mercados internacionais mais exigentes. Para pequenos e médios produtores, em especial, um sistema de monitoramento acessível e confiável pode viabilizar a entrada em cadeias de valor mais competitivas, transformando a adoção de práticas sustentáveis em incentivos econômicos tangíveis. Por outro lado, a inexistência de um arcabouço sólido de MRV mantém a agricultura brasileira em posição vulnerável, sujeita à desconfiança dos compradores e à dependência de certificações externas de alto custo.

Portanto, o fortalecimento do MRV é condição essencial para que o Brasil converta seu potencial de agricultura de baixo carbono em ativos legítimos no mercado global. Os custos destacados anteriormente indicam que o desafio não está apenas em implementar práticas sustentáveis, mas também em garantir que elas sejam mensuradas e verificadas com credibilidade. Assim, conciliar redução de custos e robustez metodológica será determinante para que o MRV se torne, ao mesmo tempo, viável economicamente e efetivo como pilar da política climática e da inserção competitiva da

agropecuária em cadeias globais cada vez mais exigentes em termos de sustentabilidade.

Conclusão

O percurso desenvolvido neste trabalho evidencia que a consolidação de uma agricultura de baixa emissão de carbono no Brasil depende, de maneira decisiva, da qualidade do monitoramento, do relato e da verificação das práticas implementadas. A análise mostrou que, embora o país tenha avançado significativamente na formulação de políticas públicas, como o Plano ABC e sua evolução para o ABC+, os obstáculos metodológicos, financeiros e institucionais que permeiam o MRV permanecem como o principal desafio para a credibilidade das metas assumidas.

Ao analisar a trajetória dos acordos internacionais, desde Kyoto até Paris, fica claro que os mecanismos de mercado foram criados como instrumentos para viabilizar a mitigação de emissões, mas sua efetividade está condicionada à confiança gerada pelos sistemas de mensuração. No caso brasileiro, a heterogeneidade dos sistemas produtivos, as limitações na coleta de dados, custos de monitoramento e a ausência de integração entre bases institucionais comprometem a padronização das informações e dificultam a inserção plena da agropecuária nos mercados globais de carbono.

Por outro lado, a experiência acumulada ao longo da última década também demonstra que há potencial de superação desses entraves, como a incorporação de novas tecnologias digitais, o fortalecimento da assistência técnica, a capacitação de agentes locais e a articulação interinstitucional. Estas podem conferir maior robustez ao MRV e ampliar a transparência dos resultados, ou seja, o monitoramento não deve ser visto apenas como um requisito administrativo, mas como elemento estratégico para orientar políticas públicas, atrair investimentos e agregar valor à produção nacional.

Conclui-se, portanto, que o futuro da agricultura de baixa emissão no Brasil está intrinsecamente ligado à capacidade do país em construir sistemas de MRV sólidos, transparentes e reconhecidos internacionalmente. Somente a partir desse pilar será possível transformar o potencial da agropecuária em resultados efetivos de mitigação,

assegurando não apenas o cumprimento das metas climáticas, mas também a inserção competitiva e sustentável do Brasil no mercado global de carbono.

Referências Bibliográficas

ANDRADE, José Célio Silveira; COSTA, Paulo. Mudança climática, Protocolo de Kyoto e mercado de créditos de carbono: desafios à governança ambiental global. *Organizações & Sociedade*, v. 15, n. 45, p. 29-45, abr./jun. 2008.

BARDAN, Roxana. *Temperatures rising: NASA confirms 2024 warmest year on record*. NASA, 10 jan. 2025. Disponível em: <https://www.nasa.gov/news-release/temperatures-rising-nasa-confirms-2024-warmest-year-on-record/>

BRASIL. Banco Central do Brasil. Resolução nº 3.896, de 17 de agosto de 2010. Institui, no âmbito do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), o Programa para Redução da Emissão de Gases de Efeito Estufa na Agricultura (Programa ABC). *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, 17 ago. 2010. Disponível em: https://www.bcb.gov.br/pre/normativos/res/2010/pdf/res_3896_v1_o.pdf.

BRASIL. Decreto nº 7.390, de 9 de dezembro de 2010. Regulamenta a Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, 10 dez. 2010. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/decreto/d7390.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/decreto/d7390.htm).

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Ações do Plano ABC*. Brasília: MAPA, [s.d.]. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/planoabc-abcmais/plano-abc/acoes-do-plano>.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Objetivos e diretrizes do Plano ABC+*. Brasília: MAPA, [s.d.]. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/planoabc-abcmais/objetivos-e-diretrizes>.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Programas e estratégias do Plano ABC+*. Brasília: MAPA, [s.d.]. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/planoabc-abcmais/abc/programas-e-estragetias>.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Tecnologias do Plano ABC+ (SPSABC)*. Brasília: MAPA, [s.d.]. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/planoabc-abcmais/abc/tecnologias-do-abc-spsabc>.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. *Protocolo de Kyoto*. Brasília: MCTI, [s.d.]. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/cgcl/paginas/teste2>.

BRASIL. Ministério da Fazenda. *Brazilian Congress approves law establishing the Brazilian Emissions Trading System*. Brasília: Ministério da Fazenda, 20 dez. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/fazenda/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/transformacao-ecologica/english-version/news/brazilian-congress-approves-law-establishing-the-brazilian-emissions-trading-system#:~:text=The%20SBCE%20introduces%20a%20declining,with%20nature%20and%20its%20ecosystems>.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Brasil anuncia metas de mitigação de emissão de gases-estufa para a COP15*. Brasília: MMA, 2009. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/noticias/brasil-anuncia-metas-de-mitigacao-de-emissao-de-gasesestufa-para-a-cop15>.

CALIFORNIA AIR RESOURCES BOARD. *California's Compliance Offset Program*. Sacramento: CARB, 2021. Disponível em: <https://ww2.arb.ca.gov/>.

CENTER FOR STRATEGIC AND INTERNATIONAL STUDIES (CSIS). *What's Plaguing Voluntary Carbon Markets?* Washington, DC: CSIS, 2024. Disponível em: <https://www.csis.org/analysis/whats-plaguing-voluntary-carbon-markets>.

COP30 BRASIL. *Nationally Determined Contributions (NDCs)*. Publicado em: 10 mar. 2025. Disponível em: <https://cop30.br/en/about-cop30/nationally-determined-contributions-ndcs>

DCLIMATE. *MRV: the key to unlocking the voluntary carbon market*. dClimate Blog, 2023. Disponível em: <https://blog.dclimate.net/mrv-the-key-to-unlocking-the-voluntary-carbon-market/#:~:text=O%20MRV%20%C3%A9%20essencial%20para,dados%20e%20valida%C3%A7%C3%A3o%20de%20metodologias>.

EUROPEAN COMMISSION. *EU Emissions Trading System (EU ETS)*. Climate Action, 2025. Disponível em: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets_en.

FAO. *Agrifood Systems in the Voluntary Carbon Market*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Dec. 2023.

FGV - FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS. *Custos de transação de sistemas de Monitoramento, Relato e Verificação (MRV): estudo comparativo e implicações para o Brasil*. FGV/Centro de Estudos em Sustentabilidade (CES), 2013.

GOVERNMENT OF JAPAN. *Joint Crediting Mechanism (JCM)*. Tóquio: Government of Japan, nov. 2023. Disponível em:

https://www.jcm.go.jp/opt/all/about/202311_JCM_goj_eng.pdf.

MANZATTO, Celso V.; PEROSA, Bruno B.; ASSAD, Maria-Lenor L.; GURGEL, Angelo C.; et al. *Relatório Final – Monitoramento, Relato e Verificação da Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (ABC)*. Brasília: MAPA/EMBRAPA, 2020.

OBSERVATÓRIO ABC. *Quem cumpre as decisões? Agricultura de Baixa Emissão de Carbono*. Brasília: Observatório ABC, 2017.

OLIVEIRA, Yandra Patrícia Lima de. Desafios do mercado de carbono após o Acordo de Paris: uma revisão narrativa. *Meio Ambiente (Brasil)*, v. 4, n. 1, p. 02-20, 2022. Disponível em: <http://lattes.cnpq.br/9561921728504702>.

REUTERS. *China's carbon market to introduce absolute emissions caps from 2027*. Reuters, 26 ago. 2025. Disponível em: <https://www.reuters.com/sustainability/climate-energy/chinas-carbon-market-introduce-absolute-emissions-caps-2027-2025-08-26/>.

SEEG – Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa. *Plataforma SEEG: dados de emissões por setor e série histórica*. São Paulo: Observatório do Clima, 2024. Disponível em: <https://plataforma.seeq.eco.br>.

SEEG – Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa. *Relatório Analítico – Emissões no Brasil de 1970 a 2023*. 12. ed. São Paulo: Observatório do Clima, 2024. Disponível em: <https://plataforma.seeq.eco.br>.

SENADO FEDERAL. *Protocolo de Kyoto*. Brasília: Senado Federal, [s.d.]. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/entenda-o-assunto/protocolo-de-kyoto>.

SILVA, João. *The Kyoto Protocol: A Review and Perspectives*. [S.I.]: [s.n.], [s.d.].

SKRIP, Megan. *Monitoring smallholder fields from space is still a challenge due to coarse resolution and infrequent observations*. CNR Geospatial News, 20 jan. 2022. Disponível em: <https://cnr.ncsu.edu/geospatial/news/2022/01/20/monitoring-small-farms/>

SOUZA, Maria Cristina Oliveira; CORAZZA, Rosana Icassatti. *Do Protocolo de Kyoto ao Acordo de Paris: uma análise das mudanças no regime climático global a partir do estudo da evolução de perfis de emissões de gases de efeito estufa*. Desenvolvimento e Meio Ambiente, v. 42, p. 52-80, dez. 2017.

UOL EDUCAÇÃO. *Protocolo de Kyoto*. [S.I.]: UOL Educação, [s.d.]. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/protocolo-kyoto.htm>.

UOL EDUCAÇÃO. *Protocolo de Kyoto e Acordo de Paris*. [S.I.]: UOL Educação, [s.d.]. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/protocolo-kyoto.htm#:~:text=Protocolo%20de%20Kyoto%20e%20Acordo,clim%C3%A1ticos%20agravados%20por%20essas%20emiss%C3%B5es.>

UNITED NATIONS. *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*. Disponível em: https://unfccc.int/kyoto_protocol.

UNITED NATIONS. *Kyoto Protocol*. UNFCCC, [s.d.]. Disponível em: <https://unfccc.int/documents/2409>.

UNITED NATIONS. *Paris Agreement*. Paris: United Nations, 2015. Disponível em: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>.

VAIBHAV, Harsh. *The history and legacy of carbon pricing around the world*. Earth.org, 4 mar. 2025. Disponível em: <https://earth.org/the-history-and-legacy-of-carbon-pricing-around-the-world/>

VIVES, Gemma Torras. *Why data infrastructure is key for a transparent carbon market*. World Bank Blogs, 07 mar. 2023. Disponível em: <https://blogs.worldbank.org/en/climatechange/why-data-infrastructure-key-transparent-carbon-market>

WAYCARBON. *O que é a metodologia MRV em um planejamento climático?* WayCarbon, [s.d.]. Disponível em: <https://waycarbon.com/pt/blog/o-que-e-a-metodologia-mrv-em-um-planejamento-climatico/>.

WORLD BANK. *Why data infrastructure is key for a transparent carbon market*. World Bank Blogs, 7 mar. 2023. Disponível em: <https://blogs.worldbank.org/en/climatechange/why-data-infrastructure-key-transparent-carbon-market>.