

Brasil 2045

CONSTRUINDO UMA POTÊNCIA AMBIENTAL

VOLUME 3

Bases para proposta de 2ª NDC para o Brasil 2030-2035

Nota Técnica
Agosto de 2024

Brasil 2045

Construindo uma potência ambiental
Volume 3

**Bases para proposta de 2ª NDC
para o Brasil (2030-2035)**

Nota Técnica
Agosto de 2024



OBSERVATÓRIO
DO CLIMA



AUTORES



David Tsai

Iema/OC

Ceecee Holz

Climate Equity Reference Project

Fábio Ishisaki

OC

Renata Potenza

Gabriel Quintana

Marina Piatto

Anderson Matheus Cardoso

Imaflora

Felipe Barcellos e Silva

Helen Sousa

Ingrid Graces

Ricardo Baitelo

Iema

Bárbara Zimbres

Ane Alencar

Ipam

Iris Coluna

ICLEI-SAMS

Alexandre Prado

Rariany Monteiro

Flávia Martinelli

Ricardo Fujii

WWF Brasil

Mark William Lutes

WWF

Thaynah Gutierrez

Rede por Adaptação Antirracista

Mariana Belmont

Geledés Instituto da Mulher Negra

Shiguelo Watanabe Jr.

Instituto Talanoa/ClimalInfo

Taciana Stec

Instituto Talanoa

Victor Hugo Argentino

Instituto Pólis

Stela Herschmann

Suely Araújo

Claudio Angelo

OC

Com contribuições do Grupo de Trabalho em Energia, Grupo de Trabalho Clima e Oceano, Grupo de Trabalho de Gênero e Justiça Climática e Grupo de Trabalho 2045 do Observatório do Clima.

REVISORES



Leonardo Nascimento

NewClimate Institute

Marine Lecerf

Oceans & Climate Platform

Carlos Rittl

Wildlife Conservation Society

SUMÁRIO

1. CONTEXTO DA PROPOSTA DE META DE EMISSÕES	06
1.1 Introdução: as NDCs do passado	07
1.2. Equidade e responsabilidade histórica	09
1.3. O mandato do Balanço Global	10
2. PROPOSTA ATUALIZADA DO OC PARA META DE EMISSÕES BRASILEIRAS EM 2035 COMPATÍVEL COM 1,5°C DE LIMITE PARA O AQUECIMENTO GLOBAL ATÉ 2010	12
2.1. Definindo o fair share do Brasil: uma nova abordagem	13
2.2. Premissas desta NDC	16
3. CENÁRIO DE EMISSÕES E REMOÇÕES PARA O ATINGIMENTO DA META PROPOSTA PARA A NDC	20
3.1. Principais ações de mitigação consideradas	21
3.1.1. Mudanças de Uso da Terra e Florestas	21
3.1.2. Agropecuária	21
3.1.3. Energia e Processos Industriais e Uso de Produtos	22
3.1.4. Resíduos	23
3.2. Resultados gerais de emissões e remoções do cenário e metas propostas de emissões e remoções para o horizonte da NDC	24
3.3. Energia e Processos Industriais e Uso de Produtos (PIUP)	26
3.3.1. Pressupostos do cenário	26
3.3.2. Escopo das emissões de Energia e PIUP e resultados gerais	29
3.3.3 Transporte de cargas	32
3.3.4 Transporte de passageiros	34
3.3.5 Cimento, química, outras matérias primas e indústrias	37
3.3.6 Ferro-gusa e aço e outras metalúrgicas	39
3.3.7 Produção de combustíveis	41
3.3.8 Geração de eletricidade	42
3.3.9 Edificações	45
3.3.10 Agropecuária	47
3.3.11 Produção e uso de HFCs	48



3.4. Agropecuária	50
3.4.1. Mitigação das emissões da agropecuária	53
3.4.2. Dados de atividade de agricultura e insumos agropecuários	55
3.4.3. Dados de atividade de pecuária	56
3.4.4. Balanço de emissões de GEE	58
3.4.5. Áreas de Pastagem	63
3.4.6. Sistemas Integrados de Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF)	64
3.4.7. Sistemas Agroflorestais (SAF)	65
3.4.8. Florestas Plantadas (FP)	66
3.4.9. Lavouras cultivadas sob Sistema Plantio Direto (SPD) e sob Plantio Convencional	67
3.4.10. Terminação Intensiva (TI)	69
3.4.11. Tratamento de Dejetos Animais (TDA)	69
3.4.12. Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)	69
3.4.13. Conversões e usos da terra pelo setor Agropecuário	70
3.5. Mudanças de Uso da Terra e Florestas	71
3.5.1. Eliminação progressiva do desmatamento	72
3.5.2. Recuperação de vegetação	72
3.5.3. Florestas plantadas e sistemas agroflorestais	72
3.5.4. Outras mudanças de uso da terra	73
3.5.5. Remoções por vegetação primária em áreas protegidas	73
3.5.6. Queimadas em áreas de vegetação nativa	73
3.5.7. Mudanças da cobertura e uso da terra no Brasil	73
3.5.8. Balanço de emissões do setor de MUT	74
3.6. Resíduos	76
3.6.1. Resíduos sólidos	78
3.6.2. Efluentes líquidos	79
3.6.3. Balanço de emissões do setor de Resíduos	79
4. ADAPTAÇÃO	81
5. JUSTIÇA CLIMÁTICA	86
6. OCEANO E ZONAS COSTEIRAS	89
REFERÊNCIAS	94

Brasil 2045

1

#

+

x

**CONTEXTO
DA PROPOSTA
DE META DE
EMISSIONES**





1.1 Introdução: as NDCs do passado

Em 2015 e 2020 o Observatório do Clima apresentou propostas de Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) para o Brasil. A primeira, divulgada em junho de 2015, seguia as orientações para a confecção de NDCs do “Chamado de Lima para a Ação Climática”, principal decisão da COP20, a conferência do clima de 2014. A partir de uma série de análises sobre repartição justa de esforços de mitigação, e com base nas trajetórias globais de emissões até 2030 que dariam à humanidade uma chance de pelo menos 66% de limitar o aquecimento global abaixo de 2°C, o OC propôs que o Brasil adotasse um teto de emissões de 1 GtCO₂e para o ano de 2030, para toda a economia¹. A NDC brasileira, publicada pelo governo em setembro, trouxe uma meta absoluta para toda a economia: 37% de redução nas emissões até 2025 em relação a 2005 (consistente com 1,3 GtCO₂e líquidas). Apresentou também uma meta indicativa para 2030 (43% de redução, consistente com 1,2 GtCO₂e líquidas).

A decisão 1/CP.21, que adotou o Acordo de Paris, na COP21, em dezembro de 2015, requereu às Partes com metas para 2025 que apresentassem até 2020 metas para 2030, e às partes com metas para 2030 que as atualizassem naquele mesmo ano. Havia, portanto, a necessidade de transformar a meta indicativa do Brasil em compromisso – e alinhá-la com a ciência mais recente. Em 2018, o IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas) publicou seu relatório especial “Aquecimento global de 1,5°C”², enumerando os efeitos muito mais graves da mudança do clima que adviriam com um aquecimento global de 2°C em comparação com 1,5°C em relação à era pré-industrial. O relatório foi o ponto de virada para que o objetivo de estabilizar a temperatura da Terra no limite mais ambicioso do Acordo de Paris se transformasse na meta a perseguir pelas nações signatárias do tratado.

Em dezembro de 2020, final do prazo estipulado pela decisão 1/CP.21, o Brasil fez sua primeira atualização na NDC. O governo ratificou a meta indicativa para 2030 de 43% de redução, mas não apenas não a alinhou à ciência mais recente como também deixou de ajustar o percentual de reduções à luz do Terceiro Inventário Nacional, publicado em 2016. Com isso, o país reduziu, em termos absolutos, em até 400 MtCO₂e³ a ambição de sua meta.

Na véspera da apresentação da atualização da NDC pelo governo, o Observatório do Clima apresentou uma proposta de NDC alinhada com 1,5°C para 2030⁴. Novamente, o pleito era por um teto de emissões naquele ano, de 400 MtCO₂e líquidas, uma redução de 83% em relação a 2005.

¹ Observatório do Clima, *Proposta do Observatório do Clima para a Contribuição Nacionalmente Determinada Pretendida do Brasil*. Junho de 2015. Disponível em <https://oc.eco.br/wp-content/uploads/2015/06/proposta-indc-oc.pdf>

² IPCC, *Special Report: Global Warming of 1.5oC*. Summary for Policymakers. <https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/spm/>

³ Ver Observatório do Clima, *NDC e “pedalada” de carbono: como o Brasil reduziu a ambição de suas metas no Acordo de Paris (2020)*. <https://www.oc.eco.br/wp-content/uploads/2020/12/ANA%CC%81LISE-NDC-1012FINAL.pdf> e Unep, *Emissions Gap Report 2021*. <https://www.unep.org/pt-br/resources/emissions-gap-report-2021>

⁴ <https://www.oc.eco.br/wp-content/uploads/2020/12/Prposta-OC-NDC-2030-Final.pdf>

A primeira proposta de NDC do OC levava em conta critérios de responsabilidade histórica e capacidade nacional incluídos em uma série de calculadoras de equidade. Esse tipo de iniciativa busca dividir o esforço global de mitigação entre os países numa abordagem “top-down”, na qual, grosso modo, o limite de emissões em um determinado ano-alvo é repartido entre os países de acordo com seu grau de desenvolvimento, sua população e seu peso no histórico de emissões de gases de efeito estufa, a partir de uma linha de base que considera que nenhuma política de corte de emissões é adotada⁵. Apesar de imperfeito, esse método de “effort-sharing” é amplamente adotado pela sociedade civil por apresentar de forma mais fiel a necessidade da atmosfera e as responsabilidades dos países. Ele contrasta com a abordagem “bottom-up” do Protocolo de Kyoto e do Acordo de Paris, na qual os esforços de mitigação são definidos pelos países e – no caso de Paris – comparados posteriormente à necessidade do clima.

Após um exercício de benchmarking, a rede do Observatório do Clima optou por basear sua proposta inicial na Cerf (Climate Equity Reference Framework Calculator)⁶, uma iniciativa de um consórcio internacional liderado pelo Stockholm Environmental Institute e pela Eco-Equity.

A primeira NDC adotava os seguintes pressupostos:

- O país cumpriria até 2020 as metas da Política Nacional sobre Mudança do Clima.
- As emissões nacionais seriam decrescentes entre 2020 e 2030.
- A média per capita de emissões do Brasil seria inferior à mundial.
- O país zeraria o desmatamento na Amazônia em 2030, recuperaria florestas e armazenaria carbono em solos agrícolas em zonas de pastagens degradadas.

A atualização de 2020 da proposta da rede para torná-la compatível com 1,5°C foi feita com base em parâmetros estabelecidos pelo Pnuma (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente) no Emissions Gap Report 2019. Segundo o Pnuma, para termos significativas chances de limitar o aquecimento global abaixo dos 1,5°C até 2100, as emissões globais deveriam ser limitadas a 25 GtCO₂e em 2030⁷ (39% menos do que o cenário de emissões compatível com o aquecimento global abaixo de 2°C até 2100 e 54% abaixo do cenário de plena implementação das NDCs) e neutralidade de carbono em 2050. O cálculo da meta foi, portanto, baseado na seguinte equação:

$$M_{oc\ 1.5^{\circ}C} = (M_{oc\ 2.0^{\circ}C} - RemAP2015) * 0,61$$

Onde:

Moc1.5°C – Proposta de Meta do OC para 2030 compatível com limite de aquecimento global de 1.5°C, expressa em MtCO₂e

⁵Ver <https://climateequityreference.org/calculator-information/gdp-and-emissions-baselines/>

⁶<https://calculator.climateequityreference.org/>

⁷Ajustado para 33 bilhões de toneladas em versões posteriores do relatório. (N.A.)



Moc2.0°C - Proposta de Meta do OC apresentada em 2015 para 2030 compatível com limite de aquecimento global de 2.0°C, expressa em MtCO₂e

RemAP2015 – Remoções de carbono da atmosfera por áreas protegidas no Brasil em 2015, expressas em MtCO₂e

0,61 – fator de incremento de ambição, equivalente à redução em 39%, conforme cenários do IPCC e Emissions Gap Report de 2019

A meta justa para o Brasil limitar suas emissões líquidas de gases de efeito estufa em 2030 dentro de uma trajetória global que oferecesse maiores chances (66% de probabilidade) de limitar o aquecimento global a 1,5°C até 2100 seria, portanto, 400 MtCO₂e em 2030, **incluídas, nesse cálculo, as projeções de remoções de carbono da atmosfera por florestas dentro de áreas protegidas.**

1.2. Equidade e responsabilidade histórica

Segundo o CAIT/WRI, o Brasil é o sétimo maior emissor de gases de efeito estufa do planeta, sexto quando se exclui a União Europeia. O SEEG (Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Observatório do Clima) mostra que as emissões per capita do Brasil estão consistentemente acima da média mundial: em 2022, as emissões brutas per capita foram de 11,4 toneladas, e as líquidas⁸, 8,3 toneladas, contra uma média global de 6,1 toneladas. Excluindo o desmatamento, porém, as emissões per capita do país caem para 5,3 toneladas⁹.

Como leva em conta apenas as emissões de origem fóssil, a Climate Equity Reference Calculator não captura o papel do desmatamento nas emissões atuais do país, e tampouco nas emissões históricas. Acaba, portanto, sendo excessivamente generosa com países que têm a maior parte de suas emissões por uso da terra, mudança de uso da terra e florestas (LULUCF, na sigla em inglês), como o Brasil, a Indonésia e o Congo. Embora haja desde 2014 análises indicando que o Brasil está entre os cinco maiores emissores históricos de gases de efeito estufa¹⁰ (devido ao desmatamento na Mata Atlântica nos séculos 19 e 20 e na Amazônia e no Cerrado a partir da segunda metade do século 20), análises da NDC brasileira do ponto de vista do *fair share* – ou seja, do quanto o país teria de aumentar a ambição de suas metas considerando sua responsabilidade histórica no aquecimento global observado e da capacidade do país – acabam por subestimar a justa contribuição brasileira ao negligenciar as emissões por desmatamento. Para 2030, uma análise que utilizou o Cerf e dois outros benchmarks de equidade

⁸ Aqui considerando as remoções por áreas protegidas.

⁹ SEEG/Observatório do Clima, *Análise das emissões de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas climáticas do Brasil (1970-2022)*. 2023.

¹⁰ Mathews, H. D. et al., 2014. National contributions to observed global warming. *Environ. Res. Lett.* 9 014010

mostrou que a contribuição justa do Brasil em 2030 seria uma emissão per capita de 2,86 toneladas (contra 5,3 atuais)¹¹. Apenas para comparação, o *fair share* dos Estados Unidos seria uma emissão negativa de 14,37 toneladas per capita, e o da Alemanha, uma emissão negativa de 8,82 toneladas. Esse viés, menos evidente em 2015, quando os orçamentos de carbono eram maiores e as NDCs eram alinhadas com o limite mais frouxo de temperatura de 2°C, torna-se crítico em 2024, quando o mundo precisa fazer reduções dramáticas de emissões, da ordem de 43% até 2030 e de 60% até 2035, em relação a 2019, se quiser ter uma chance igual ou maior que 50% de limitar o aquecimento da Terra a 1,5°C¹².

1.3. O mandato do Balanço Global

O relatório *Emissions Gap* (Lacuna de Emissões), publicado anualmente pelo Pnuma, serve para medir a distância entre as políticas nacionais de redução de emissões (mitigação) de gases de efeito estufa e a necessidade de um mundo com o aquecimento global estabilizado, como preconiza o Acordo de Paris. Em sua última edição, em 2023, o relatório estimou as emissões globais em 2022 (incluindo LULUCF) em 57,4 bilhões de toneladas de gás carbônico equivalente (GtCO₂e). Em 2035, o nível de emissões consistente com a estabilização em 1,5°C é cerca de 25 GtCO₂e. Portanto, a lacuna de emissões até 2035 é de cerca de 32 bilhões de toneladas¹³.

Segundo a UNFCCC, a Convenção do Clima das Nações Unidas, a soma das NDCs de todos os países submetidas e/ou atualizadas até setembro de 2023 (excluindo LULUCF) reduziria a lacuna de emissões em apenas 5,3% em 2030 em relação a 2019, na melhor das hipóteses (compare-se com a necessidade de 43% de redução nesse período apontada pelo IPCC). Esse valor é consistente com um aquecimento global de 2,1°C a 2,8°C no fim do século, muito longe do 1,5°C¹⁴.

O Acordo de Paris é baseado numa abordagem de *pledge-and-review*: países definem nacionalmente suas ofertas de mitigação (*pledges*) e a soma das promessas nacionais é cruzada de tempos em tempos com a realidade (*review*) de forma a orientar o esforço agregado em direção ao objetivo do acordo. A cada ano são publicados relatórios-síntese da ambição agregada das NDCs pela UNFCCC. E a cada cinco anos é realizado um balanço global, ou avaliação global (*Global Stocktake*, doravante GST), para reconhecer as lacunas de ambição e de implementação e para orientar o novo ciclo de NDCs, que devem valer para o período 2030-2035.

¹¹ Holz C., *Are G20 countries doing their fair share of climate mitigation?* Oxfam discussion papers, sep. 2023.

¹² IPCC AR6, Synthesis Report - Summary for Policymakers. https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf

¹³ Unep, *Emissions Gap Report 2023 - Broken record*. Disponível em <https://www.unep.org/interactives/emissions-gap-report/2023/>

¹⁴ UNFCCC, NDC Synthesis Report 2023. Disponível em <https://unfccc.int/ndc-synthesis-report-2023#Projected-GHG-Emission-levels>



O primeiro GST foi encerrado em 2023 em Dubai, na COP28, sob a sombra de um relatório-síntese das NDCs que mostrava pouca ambição conjunta e pouca implementação das metas – e na esteira dos eventos climáticos extremos daquele que até ali era o ano mais quente da história. Delineado na decisão 1/CMA.5, ele reconhece a necessidade de acelerar os esforços de mitigação nesta década, e convoca os países a adotar uma série de medidas, entre elas:

- Eliminar gradualmente (*transition away from*) os combustíveis fósseis dos sistemas energéticos de maneira justa, ordenada e equitativa, acelerando a ação nesta década crítica, de forma a zerar emissões líquidas em 2050, em linha com a ciência;
- Triplicar as energias renováveis e duplicar a taxa anual de eficiência energética até 2030;
- Parar e reverter o desmatamento até 2030;
- Acelerar a redução de emissões de gases que não o CO₂, em especial o metano, até 2030.

Além disso, todos os países são estimulados (*encouraged*) a apresentar, no próximo ciclo, NDCs com metas absolutas para toda a economia, o que até agora vinha sendo obrigação apenas de países desenvolvidos, bem como instados a aumentar, em 2024, a ambição de suas NDCs para 2030.

O GST 1 também sedimentou, no parágrafo 4 da Decisão 1/CMA.5, que a meta de 1,5°C, objetivo “aspiracional” do Acordo de Paris, passa a ser o alvo a perseguir pela comunidade internacional no esforço multilateral de combater a crise do clima. Até então, esse objetivo de temperatura havia sido expresso apenas em decisões de capa (nas COPs 26 e 27), preâmbulos políticos às decisões de negociação das COPs.

A mensagem do GST para as NDCs 2030-2035, portanto, é de renovada urgência e de ambição máxima, uma vez que a janela para manter o 1,5°C no horizonte está se fechando rapidamente – e mesmo agora os custos das medidas de mitigação e de adaptação são elevados, preço a pagar pelas décadas de inação. Por essa razão o Observatório do Clima optou, mais uma vez, por fazer uma proposta de NDC que parta da necessidade da atmosfera e busque estabelecer qual é a justa contribuição do Brasil para atendê-la.

Brasil 2045

2

+
x

PROPOSTA ATUALIZADA DO OC

para meta de emissões
brasileiras em 2035 compatível
com 1,5°C de limite para o
aquecimento global até 2010





2.1. Definindo o *fair share* do Brasil: uma nova abordagem

De forma a manter a consistência com as propostas de NDCs anteriores, o OC optou por usar o Cerf como benchmark de equidade e responsabilidade histórica. No entanto, restava o problema de como refletir a real responsabilidade do país numa calculadora de equidade que contabilizava emissões de LULUCF em 2015, mas deixou de fazê-lo por uma série de razões¹⁵.

A solução encontrada foi desenvolver uma versão “personalizada” da Climate Equity Reference Calculator. Ela habilitaria os dados históricos de emissões por uso da terra, bem conhecidos para o Brasil (embora com incertezas para os outros países tropicais), e em seguida calcularia o esforço de mitigação para 2035 nos demais setores, assumindo que em 2030 o país zere suas emissões por desmatamento, conforme compromisso nacional expresso no Plano de Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia (Brasil, 2023), no discurso do presidente Luiz Inácio Lula da Silva durante a COP27, no Egito, e na Declaração de Líderes de Glasgow sobre Florestas, da qual o Brasil é signatário. A descrição completa da metodologia aplicada está no memorando que acompanha esta nota técnica (Holz, 2024).

Para facilitar esses cálculos, o banco de dados central da calculadora foi alimentado com séries temporais de emissões históricas de LULUCF. O Global Carbon Budget¹⁶ recentemente começou a relatar séries temporais de emissões históricas de LULUCF nacionais de várias fontes (Gasser et al. 2020¹⁷; Hansis et al. 2015¹⁸; Houghton e Castanho 2023¹⁹). Para o Brasil especificamente, uma fonte de dados doméstica de alta qualidade está disponível no SEEG. No entanto, seu escopo temporal é limitado aos anos de 1990-2022.

Assim, enquanto os dados do SEEG foram usados para o Brasil no período de 1990-2022, os dados para outros países e anos foram retirados da base de dados BLUE (Hansis et al. 2015), do Global Car-

¹⁵ Ver: <https://climateequityreference.org/calculator-information/the-climate-equity-reference-calculator-database/>

¹⁶ Friedlingstein, Pierre; Michael O'Sullivan; Matthew W. Jones; Robbie M. Andrew; Dorothee C. E. Bakker; Judith Hauck; Peter Landschützer; et al. (2023) “Global Carbon Budget 2023” in *Earth System Science Data*, , 15(12), 5301–5369. [doi: 10.5194/essd-15-5301-2023]

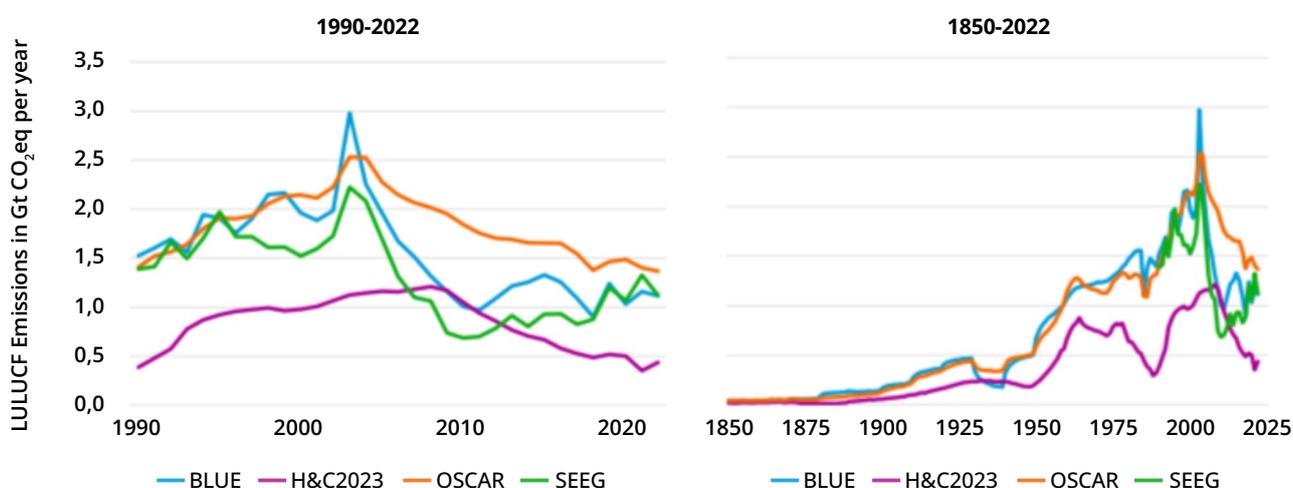
¹⁷ Gasser, Thomas; Léa Crepin; Yann Quilcaille; Richard A. Houghton; Philippe Ciais and Michael Obersteiner (2020) “Historical CO₂ emissions from land use and land cover change and their uncertainty” in *Biogeosciences*, , 17(15), 4075–4101. [doi: 10.5194/bg-17-4075-2020]

¹⁸ Hansis, Eberhard; Steven J. Davis and Julia Pongratz (2015) “Relevance of methodological choices for accounting of land use change carbon fluxes” in *Global Biogeochemical Cycles*, , 29(8), 1230–1246. [doi: 10.1002/2014GB004997]

¹⁹ Houghton, Richard A. and Andrea Castanho (2023) “Annual Emissions of Carbon from Land Use, Land-Use Change, and Forestry from 1850 to 2020” in *Earth System Science Data*, 15(5), 2025–2054. [doi: 10.5194/essd-15-2025-2023]

bon Budget (Friedlingstein et al. 2023). A BLUE foi selecionada em detrimento das outras duas fontes de dados porque fornece a correspondência mais próxima com o SEEG para 1990-2022. Uma comparação dos dados de emissões de LULUCF do Brasil entre o conjunto de dados do SEEG e as três fontes de dados do GCB também é mostrada na figura abaixo.

Figura 1: Comparação entre bases de dados de emissões históricas de uso da terra
(Fonte: Holz, 2024)

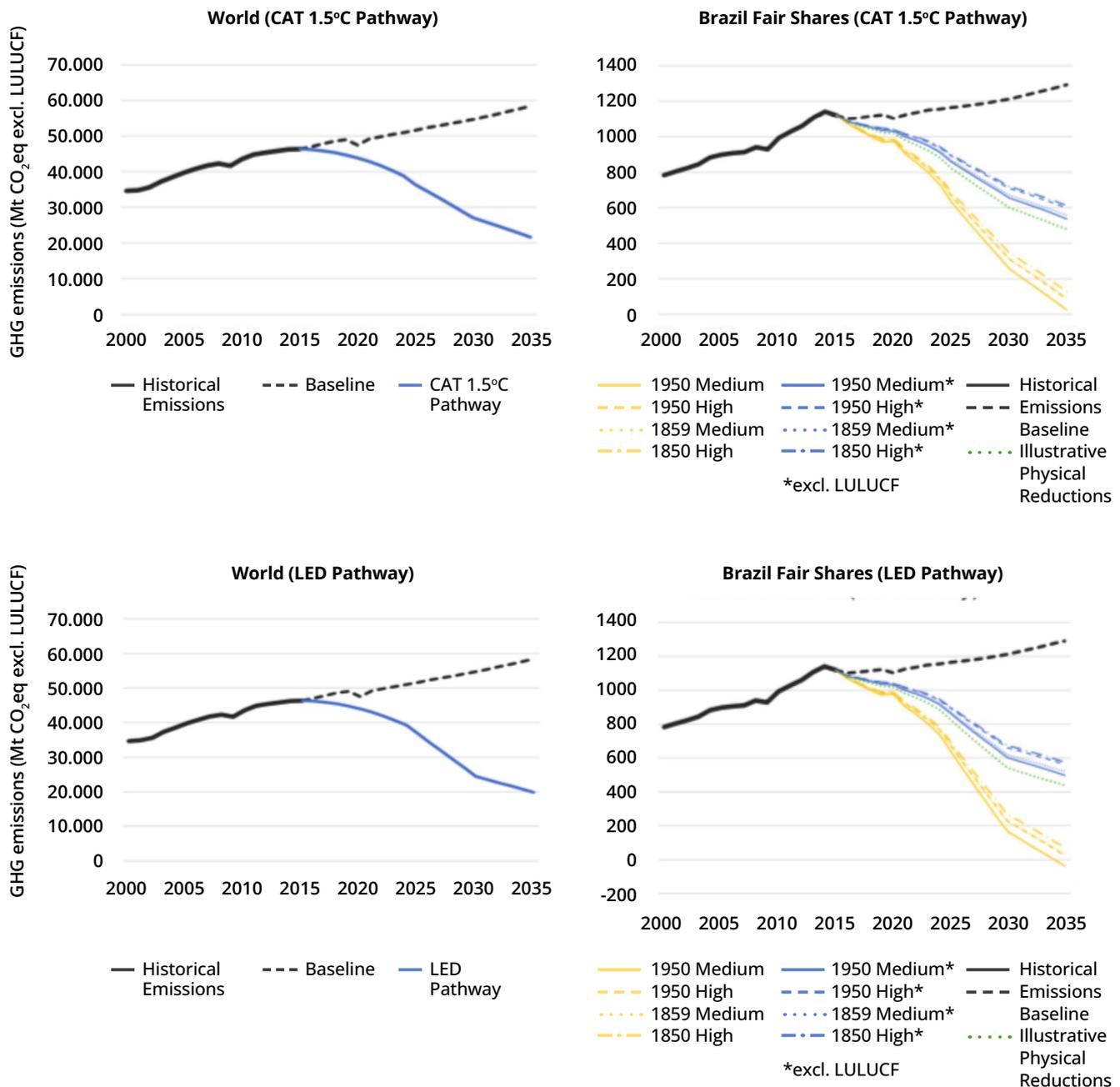


Para calcular o *fair share* do Brasil consistente com 1,5°C em seus setores não-LULUCF, primeiro, o esforço global de mitigação precisa ser definido. No exercício que deu origem a esta proposta de NDC, ele é definido como a mitigação entre as projeções de referência (*baseline*, fixo, onde um cenário global contrafactual sem nenhuma política de mitigação é traçado²⁰) e as trajetórias de mitigação (para setores não-LULUCF) de dois cenários globais de emissão: a trajetória de Baixa Demanda de Energia (*Low Energy Demand*, ou LED) – integrante do Sexto Relatório de Avaliação do IPCC (IPCC 2023) – e também a “Trajetória Mediana de 1,5 °C” do Climate Action Tracker (CAT 2023). A Figura 2 abaixo (painéis a e c) mostra essas trajetórias de mitigação global no contexto das projeções de referência – o caminho do CAT exige um corte de emissões de 28 GtCO₂eq abaixo até 2030 e 37 GtCO₂eq até 2035, enquanto o caminho LED exige 31 GtCO₂eq e 39 GtCO₂eq, respectivamente.

²⁰ Ver <https://climateequityreference.org/calculator-information/gdp-and-emissions-baselines/>



Figura 2: Trajetórias globais de mitigação e os “fair shares” do Brasil (Fonte: Holz, 2024)



A Figura 2 também mostra os resultados dos cálculos da contribuição justa do Brasil (painéis b e d) nessas duas trajetórias. Em cada conjunto de linhas azuis e amarelas são mostradas quatro combinações diferentes de perspectivas específicas de como capacidade e responsabilidade devem ser definidas no contexto de compartilhamento equitativo de esforços (quatro “marcos de equidade”). As legendas para as linhas mostram a data de início para o cálculo da responsabilidade histórica (1950 e 1850) bem como

a versão de “progressividade” (média e alta) usada ao calcular a capacidade (e responsabilidade). As medidas de capacidade de agir são dadas pelo Cerf a partir de um limiar de renda de US\$ 7.500 por pessoa por ano. Quanto maior a população de um país com renda abaixo desse limiar, menor a capacidade desse país de empreender ação climática. “Baixa progressividade” significa que toda renda acima disso é contabilizada como capacidade nacional. “Alta progressividade”, inclui um segundo limiar, estabelecido em US\$ 50.000 por pessoa por ano, para diferenciar ainda mais o tratamento das rendas em diferentes níveis no contexto de capacidade. Acima disso, 100% da renda conta como capacidade nacional; entre os dois limiares há um gradiente.

Quando as emissões históricas de uso da terra são incluídas, a responsabilidade do Brasil muda significativamente. O conjunto de linhas azuis em cada um dos painéis b e d mostram o “fair share” sem LULUCF, enquanto as linhas amarelas incluem o desmatamento. A responsabilidade histórica do país passa, respectivamente, da faixa de 1,8% a 2% dos esforços globais para 3,1% a 3,3%.

Cruzando a responsabilidade histórica com as diferentes trajetórias globais de mitigação, e considerando cenários nos quais a “história” começa em 1950 ou 1850, ou a “progressividade” (capacidade do país, definida pela renda) é média ou alta, Holz (2024) estimou uma gama de “fair shares” para o Brasil nos demais setores da economia que vão de emissões negativas já em 2035, no cenário mais ambicioso, a 117 MtCO₂e, no cenário conservador. Em 2035, para a trajetória CAT de 1,5°C e dependendo do marco de equidade escolhido, a parcela justa de mitigação do Brasil implica uma redução nos setores não-LULUCF de entre 87% e 98% abaixo dos níveis de 2005, enquanto para na trajetória LED as reduções de justas seriam entre 93% e 106% abaixo dos níveis de 2005.

De posse dos números, a equipe do SEEG realizou um exercício de cenário, desagregado em cada um dos setores da economia (mudança de uso da terra e florestas, agropecuária, energia, processos industriais e resíduos), com metas setoriais de redução de emissões e de aumento de remoções que precisariam ser adotadas para chegar o mais próximo possível da parte que cabe ao país no esforço global. O *fair share* do Brasil, portanto, foi usado como baliza para um esforço de cálculo que olha para a economia real e tenta se aproximar ao máximo dele considerando opções de mitigação existentes e escaláveis. O resultado é a meta de mitigação ora proposta pelo OC: chegar a 2035 com emissões líquidas de 200 milhões de toneladas de CO₂ equivalente (MtCO₂e).

2.2. Premissas desta NDC

A proposta do Observatório do Clima para uma NDC 2030-2035 consistente com a contribuição justa do Brasil para um mundo de 1,5°C parte de alguns pressupostos, alguns deles também adotados nos exercícios anteriores:

- a) O Brasil atingirá o desmatamento zero e combaterá a degradação em todos os seus biomas em 2030.



- b) A meta de restauração do passivo do Código Florestal será inteiramente cumprida.
- c) O carbono estocado em solos agrícolas, atualmente não contabilizado nos inventários nacionais de emissões, mas estimado pelo SEEG desde 2015, passará a constar das Comunicações Nacionais do Brasil.
- d) O Brasil seguirá a recomendação da Agência Internacional de Energia (2021) em seu cenário NZE (*net zero emissions*) de não licenciar novos projetos de petróleo, gás fóssil e carvão mineral.
- e) As emissões reportadas serão líquidas, incluindo carbono nos solos agrícolas e remoções por florestas secundárias, como nas propostas de 2015 e 2020, mas, diferentemente desta última, excluindo remoções por áreas protegidas.

As premissas “a” e “e” serão detalhadas abaixo. As premissas “a” e “b” já foram adotadas parcial ou totalmente pelo atual governo.

DESMATAMENTO ZERO

Não há uma definição de desmatamento zero (DZ) pacificada nas políticas públicas no Brasil. No anexo da iNDC, a Contribuição Nacionalmente Determinada Pretendida que se tornou a primeira NDC do país, o compromisso era de alcançar “o desmatamento ilegal zero até 2030 e a compensação das emissões de gases de efeito de estufa provenientes da supressão legal da vegetação até 2030; ou seja, cumpria-se o Código Florestal, admitindo-se, porém, a possibilidade de perder excedentes de vegetação nativa que chegam a 43 milhões de hectares somente na Amazônia e no Cerrado.

Em 2023, o PPCDAm (Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal) adotou em sua quinta fase uma definição de DZ semelhante à da NDC, falando na “eliminação do desmatamento ilegal e (na) compensação da supressão legal de vegetação nativa e das emissões de gases de efeito estufa delas provenientes, através do fortalecimento da implementação da legislação florestal e da recuperação e aumento de estoque da vegetação nativa por meio de incentivos econômicos para a conservação e manejo florestal sustentável”²¹.

A fim de escapar da armadilha conceitual do “desmatamento ilegal zero”, esta NDC propõe uma vedação total ao desmatamento no país – por meio de uma combinação de aplicação da legislação e incentivos econômicos –, admitindo, porém, uma supressão residual de vegetação nativa de no máximo 1.000 quilômetros quadrados ao ano por intervenções de interesse social ou utilidade pública, declinando ainda mais após 2035. A expansão horizontal da fronteira agrícola fica, portanto, encerrada.

²¹ Brasil, 2023. *Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal, 5ª fase (2023-2027)*. <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/combate-ao-desmatamento/amazonia-ppcdam-1/5a-fase-ppcdam.pdf>

REMOÇÕES POR ÁREAS PROTEGIDAS

A Comunicação Nacional do Brasil à UNFCCC reporta emissões líquidas de gases de efeito estufa, descontando remoções por florestas secundárias e as remoções por áreas protegidas (unidades de conservação e terras indígenas). Estas últimas foram de 386 milhões de toneladas no Quarto Inventário Nacional, valor que vem se mantendo constante desde o Terceiro Inventário.

O Brasil considera áreas protegidas e terras indígenas como florestas “manejadas”, já que há um esforço de política pública para mantê-las sob proteção. Dessa forma, é autorizado pelo IPCC a reivindicar as remoções por essas florestas maduras como “antrópicas”, abatendo-as da contabilidade nacional. O OC replica essa metodologia nos reportes anuais do SEEG, de forma a tornar seus dados comparáveis com os do governo. Assim, em 2022, tem-se emissões brutas de 2,3 bilhões de toneladas de CO₂e e emissões líquidas de 1,7 bilhão de toneladas de CO₂e. No entanto, o OC expressa discordância sobre esses números de remoção por áreas protegidas: primeiro, porque não se sabe qual é a real remoção feita por essas florestas maduras, embora a literatura aponte que florestas na Amazônia podem remover até 1,3 toneladas de CO₂ por hectare/ano.²² Depois, áreas protegidas vêm sendo invadidas, desmatadas e degradadas, o que reduz sua capacidade de remover carbono²³.

O atingimento do desmatamento zero no Brasil traz, ainda, uma dificuldade filosófica para as remoções por áreas protegidas: no momento em que um esforço de política pública zera toda a perda de cobertura vegetal nativa no país, poder-se-ia argumentar que todos os 500 milhões de hectares de vegetação nativa no Brasil estariam “sob manejo”, portanto, praticando ativamente remoções antrópicas (já que todas elas estariam sob o guarda-chuva de um conjunto de políticas públicas visando ao desmatamento zero) e levando o país a um nível irreal de emissões negativas. Tal raciocínio *ad absurdum* ilustra a dificuldade do conceito de remoção por áreas protegidas, que, na visão do OC, deveria ser eliminado das comunicações nacionais.

Apenas a título de ilustração, a tabela abaixo mostra qual seria a NDC proposta pelo Observatório do Clima caso o “deságio” das áreas protegidas fosse aplicado nos anos de 2030 e 2035, mesmo assumindo que nenhuma outra área protegida seria criada daqui até 2030.

²²Phillips, O., et al., “Carbon uptake by mature Amazon forests has mitigated Amazon nations’ carbon emissions”. *Carbon Balance and Management*, Volume 12, article number 1, (2017)

²³Lapola, D M, Pinho, P, Barlow, J, Aragão, L E, Berenguer, E, Carmenta, R, ... & Walker, W S (2023) “The drivers and impacts of Amazon forest degradation” in *Science*, 379 (6630), eabp8622. [doi: 10.1126/science.abp8622]

**Quadro 1: Metas da NDC contabilizando remoções por áreas protegidas**

	2030	2035
Meta (MtCO ₂ e)	400	200
Remoções por áreas protegidas (MtCO ₂ e)	-386	-392
Total com áreas protegidas (MtCO ₂ e)	-14	-192

Tem-se, portanto, que a adição das remoções por áreas protegidas num cenário de NDC compatível com o *fair share* do Brasil num mundo de 1,5°C poderia levar o país a emissões negativas já em 2030. Embora tal cenário fosse, evidentemente, desejável, o OC não o considera cientificamente adequado.

Brasil 2045

3

+
x

CENÁRIO DE EMISSÕES E REMOÇÕES

para o atingimento da meta
proposta para a NDC





Nesta seção é apresentado um cenário de emissões e remoções de gases de efeito estufa (GEE) decomposto por setores, que indica um caminho de atingimento do patamar de emissões líquidas compatível com a meta proposta pelo Observatório do Clima para a NDC do Brasil.

O exercício de elaboração deste cenário tomou como base as estimativas de emissões da coleção 11.2 do SEEG e, tal qual o SEEG, teve como responsáveis as seguintes organizações integrantes do OC: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (Ipam), para o setor de Mudanças de Uso da Terra e Florestas, Instituto de Manejo e Certificação Florestal e Agrícola (Imaflora), para o setor de Agropecuária, Instituto de Energia e Meio Ambiente (Iema), para os setores de Energia e Processos Industriais e Uso de Produtos e Governos Locais Pela Sustentabilidade América do Sul (ICLEI), para o setor de Resíduos.

A seção 3.1 apresenta as principais ações de mitigação consideradas no cenário. A seção 3.2 apresenta as emissões e remoções do cenário sintetizadas. As seções 3.3 a 3.6 apresentam, para cada um dos setores de emissão, as principais premissas, metodologia e resultados.

3.1. Principais ações de mitigação consideradas

Aqui são listadas as ações de mitigação consideradas no cenário, para cada um dos setores de emissão, até 2035.

3.1.1. Mudanças de Uso da Terra e Florestas

- Eliminação do desmatamento em todos os biomas, restringindo a área anual desmatada no país a no máximo 1.000 km² a partir de 2030.
- Recuperação de todo o passivo ambiental²⁴ do país, de 21 milhões de hectares segundo o Código Florestal, até 2035, levando ao crescimento de vegetação secundária.

3.1.2. Agropecuária

- Recuperação de 22,5 milhões de hectares de solos com indicativos de degradação²⁵;

²⁴ Passivo ambiental, no âmbito do Código Florestal (Lei 12.651/2012), se refere às áreas que foram convertidas de seu estado natural sem que houvesse autorização de supressão para tal. Devem, portanto, ser recuperadas pelo responsável para fins de regularização ambiental da propriedade rural.

²⁵ Ação de mitigação quantificada contabilizando-se as emissões e remoções devido ao carbono no solo, não contabilizadas no Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (emissões e remoções NCI - Não Contabilizadas no Inventário).

- Expansão adicional²⁶ de 18 milhões de hectares de sistemas de Integração-Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF);
- Implementação de 1 milhão de hectares adicionais de Sistemas Agroflorestais (SAF);
- Expansão adicional de 5 milhões de hectares de Florestas Plantadas (FP);
- Adoção de práticas de Sistema de Plantio Direto (SPD) em 80% da área agrícola, sendo desse total pelo menos 80% com Plantio Direto (PD) e 20% com SPD completo, considerando a expansão da área plantada destinada à agricultura (aproximadamente 24,3 milhões de hectares);
- O abate de 7,5 milhões de bovinos com Terminação Intensiva (TI), terminados com adoção de confinamento, semiconfinamento e com suplementação;
- Para o Tratamento de Dejetos Animais (TDA), alcançar a expansão para 40,5% de uso de biodigestor em relação aos demais sistemas de manejo de dejetos animais, com a conversão total de lagoas anaeróbicas para biodigestores na suinocultura, totalizando a média nacional de 46,4% de adoção de biodigestor;
- Expansão adicional de 19 milhões de hectares com uso de Fixação Biológica Nitrogênio (FBN).

3.1.3. Energia e Processos Industriais e Uso de Produtos

- **Transportes:** Aumento da eficiência energética nos novos veículos convencionais seguindo a tendência histórica. Incremento gradual de veículos híbridos, elétricos a bateria e a hidrogênio no total de novas vendas, chegando ao valor acumulado de 5,2 milhões de veículos híbridos, 7,6 milhões de elétricos a bateria e 51,5 mil a hidrogênio vendidos entre 2025 e 2035. Disponibilidade de 3,5 bilhões de litros de diesel verde em 2035. Crescimento da parcela de biodiesel no óleo diesel comercial até atingir 20%, em 2030. Uso ampliado de etanol em substituição à gasolina, chegando a abastecer 100% dos veículos flex em 2035. Melhoria da mobilidade urbana de passageiros, com diminuição do uso do transporte individual motorizado e aumento da utilização dos modos coletivo e ativo. Para isso, deverão ser construídos, de forma adicional aos valores de 2015, quatro mil quilômetros em vias dedicadas a sistemas BRT (*bus rapid transit*), mil em trilhos de metrô e outros 95 mil quilômetros em ciclovias. Dessa forma, o crescimento da quilometragem percorrida por automóveis será limitado a até 15% entre 2015 e 2035, enquanto aquela trafegada por ônibus urbanos mais do que dobrará no mesmo período. O transporte aéreo passa a contar com a adição de SAF (combustível de aviação sustentável) ao querosene de aviação a partir de 2027 (atingindo 8% do volume de querosene consumido em 2035).

²⁶ No setor de agropecuária, a expressão “adicional” se refere ao que havia no ano de 2022.



- **Indústria:** Aumento do uso de eletricidade e de biomassas já empregadas (bagaço de cana, lixívia e carvão vegetal). Em 2035, o consumo de biogás e biometano passa a representar 3,9 milhões de toneladas equivalentes de petróleo. Início da utilização de hidrogênio verde em 2030. Redução do consumo de derivados de petróleo entre 2022 e 2035 em mais de 50%. Aposentadoria gradual do uso de carvão mineral e derivados para fabricação de aço e outros produtos metalúrgicos. Combustíveis fósseis limitados a suprir cerca de 15% da demanda energética direta da indústria em 2035. Aumento da eficiência média industrial em 3% entre 2022 e 2035. Controle do uso e das emissões de HFCs (gases refrigerantes), cumprindo a Emenda de Kigali do Protocolo de Montreal.
- **Produção de combustíveis:** As produções de petróleo, gás fóssil, carvão mineral e de seus derivados serão limitadas ao atendimento da demanda doméstica estimada.
- **Geração de eletricidade:** Congelamento da potência instalada de hidrelétricas a partir de 2022 (110 GW). Todas as usinas movidas a carvão mineral são completamente aposentadas até 2027, enquanto as outras termelétricas a combustíveis fósseis têm a potência total fixada em 26,5 GW (valor de 2022). As capacidades de usinas eólicas e solares fotovoltaicas alcançam, respectivamente, 70 GW e 95 GW em 2035 (em 2022, tanto as eólicas quanto as solares totalizaram 24 GW de potência). Centrais elétricas a biomassa permanecem crescendo, atingindo um incremento de mais de 50% em potência instalada entre 2022 e 2035.
- **Edificações:** Eliminação do uso da lenha para cocção residencial em territórios urbanos até 2030, bem como diminuição gradual da demanda rural. Aquecimento direto solar passa a representar 20% do consumo energético residencial em 2035.
- **Agropecuária:** Ganho de 4% ao ano em eficiência energética até 2030. Aumento do uso de eletricidade em cerca de 25% entre 2022 e 2035, substituindo a queima de óleo diesel. Uso de biodiesel, adicionado ao diesel de petróleo, nas mesmas proporções adotadas na atividade de transportes (15% do volume da mistura entre biodiesel e diesel de petróleo em 2025, chegando ao limite de 20% em 2030).

3.1.4. Resíduos

- Universalização da cobertura do serviço de coleta de efluentes domésticos;
- Encerramento de lixões até 2028;
- Aumento na taxa de recuperação de recicláveis - 24% até 2035;
- Aumento na taxa de recuperação de resíduos orgânicos por meio de compostagem e digestão anaeróbia, 18% até 2035;
- Percentual de biogás aproveitado energeticamente em aterros sanitários e na digestão anaeróbia - 58% até 2035;

- Instalação de centrais de tratamento de efluentes líquidos domésticos com processos aeróbios e reatores anaeróbios com foco na captura de biogás, além da otimização dos sistemas existentes, seja para aumentar a eficiência do tratamento ou de queimadores;
- Não inclusão de rotas de tratamento térmico na gestão de resíduos sólidos.

3.2. Resultados gerais de emissões e remoções do cenário e metas propostas de emissões e remoções para o horizonte da NDC

O Quadro 2 sintetiza os totais de emissões e remoções do cenário elaborado para os anos de 2025, 2030 e 2035, apresentando também as estimativas históricas de 2005, 2010, 2015 e 2020. Os resultados do cenário consistiram em emissões líquidas de 368 MtCO₂e em 2030 e 171 MtCO₂e em 2035. Destaca-se que, no setor de Mudanças de Uso da Terra e Florestas, não foram consideradas as remoções por áreas protegidas, em razão das grandes incertezas envolvidas (ver seção 2.2). Já no setor de Agropecuária, foram consideradas as emissões e remoções de CO₂ relacionadas a solos manejados, fontes que não são ainda contabilizadas no Inventário Nacional mas que se apresentam relevantes no balanço total de carbono, sendo reportadas no SEEG (ver seção 3.4).

Quadro 2: Quadro geral de emissões e remoções por ano (cenário)

Valores em MtCO ₂ e (GWP AR-5)	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Emissões	2769	1832	2201	2289	1992	1279	1244
MUT	1697	684	928	1064	725	61	61
Energia	318	372	452	387	389	312	249
PIUP	76	85	92	88	89	93	96
Resíduos	61	70	82	91	89	81	66
Agropecuária	519	534	552	576	646	693	743
Agropecuária NCI* (carbono no solo)	100	86	95	82	54	39	29
Remoções	-329	-426	-518	-614	-750	-911	-1073
MUT	-138	-178	-213	-239	-312	-412	-511
Agropecuária NCI* (carbono no solo)	-191	-248	-305	-376	-438	-500	-562
Emissões líquidas	2440	1405	1682	1674	1242	368	171

*Consideradas as emissões e remoções de CO₂ a partir da variação do carbono no solo através do seu manejo. Tais emissões e remoções não são contabilizadas no Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (emissões e remoções NCI - Não Contabilizadas no Inventário).

O Quadro 3 sintetiza os totais de emissões e remoções do cenário elaborado por quinquênio.

**Quadro 3: Quadro geral de emissões e remoções por quinquênio (cenário)**

Valores em MtCO ₂ e (GWP AR-5)	2006 a 2010	2011 a 2015	2016 a 2020	2021 a 2025	2026 a 2030	2031 a 2035
Emissões	10363	10325	11083	11420	7828	6274
MUT	4896	4126	4893	5017	1632	304
Energia	1725	2182	2048	2048	1717	1367
PIUP	386	461	440	455	459	474
Resíduos	330	383	438	451	434	354
Agropecuária	2584	2717	2825	3121	3370	3613
Agropecuária NCI* (carbono no solo)	443	456	439	329	216	162
Remoções	-1941	-2413	-2864	-3429	-4235	-5042
MUT	-809	-999	-1138	-1365	-1860	-2357
Agropecuária NCI* (carbono no solo)	-1132	-1414	-1726	-2064	-2375	-2685
Emissões líquidas	8422	7912	8219	7991	3593	1232

*Consideradas as emissões e remoções de CO₂ a partir da variação do carbono no solo através do seu manejo. Tais emissões e remoções não são contabilizadas no Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (emissões e remoções NCI - Não Contabilizadas no Inventário).

A partir dos resultados do cenário são estabelecidas as metas da proposta de NDC do Observatório do Clima para 2030 e 2035 - valores máximos de emissões e os valores mínimos de remoções por setor e totalizados, no Quadro 4. Do mesmo modo, são estabelecidas as metas de emissões e remoções acumuladas nos quinquênios 2026 a 2030 e 2031 a 2035.

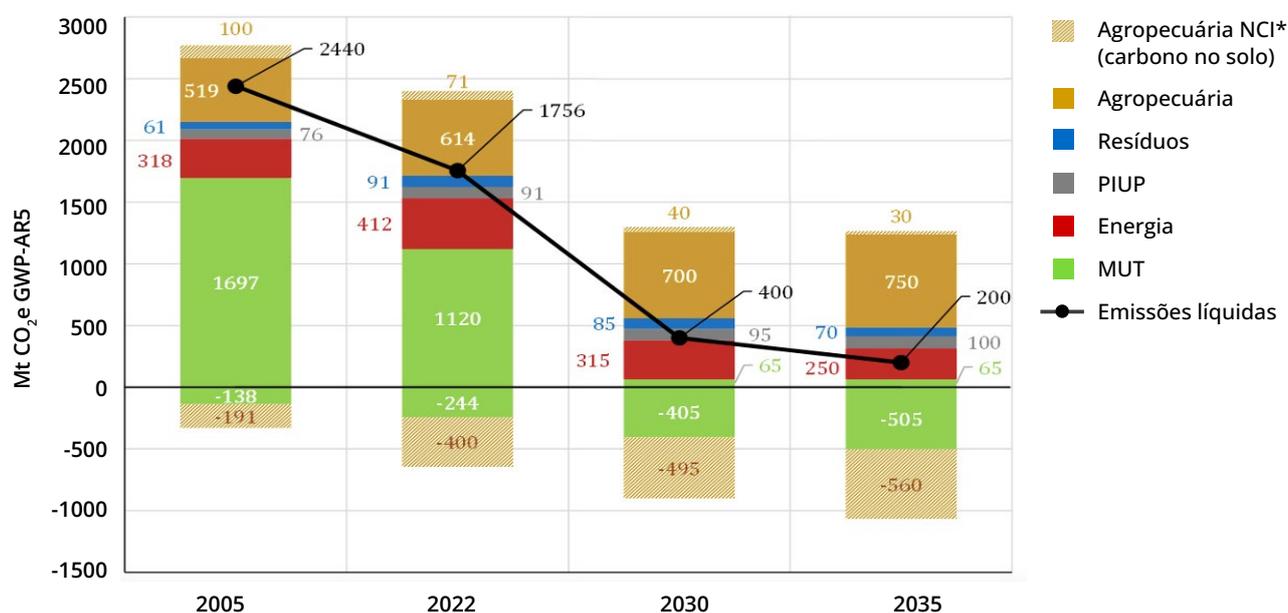
Quadro 4: Metas de emissões e remoções em 2030 e 2035 e nos quinquênios 2026 a 2030 e 2031 a 2035

Valores em MtCO ₂ e (GWP AR-5)	2030	2035	2026 a 2030	2031 a 2035
Emissões	1300	1265	8200	6600
MUT	65	65	1700	400
Energia	315	250	1800	1400
PIUP	95	100	500	500
Resíduos	85	70	500	400
Agropecuária	700	750	3400	3700
Agropecuária NCI* (carbono no solo)	40	30	300	200
Remoções	-900	-1065	-4100	-4900
MUT	-405	-505	-1800	-2300
Agropecuária NCI* (carbono no solo)	-495	-560	-2300	-2600
Emissões líquidas	400	200	4100	1700

*Consideradas as emissões e remoções de CO₂ a partir da variação do carbono no solo através do seu manejo. Tais emissões e remoções não são contabilizadas no Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (emissões e remoções NCI - Não Contabilizadas no Inventário).

A Figura 1 ilustra as emissões e remoções em 2005 (ano de referência para o estabelecimento das metas da 1ª NDC brasileira), em 2022 (dados da última coleção do SEEG, exceto para as emissões NCI da Agropecuária, cuja estimativa foi atualizada para o presente exercício), em 2030 e 2035 (anos para os quais o presente exercício estabelece metas de emissões e remoções).

Figura 1: Emissões e remoções em 2005 e 2022 e metas de emissões e remoções por setor e total líquida para 2030 e 2035



3.3. Energia e Processos Industriais e Uso de Produtos (PIUP)

3.3.1. Pressupostos do cenário

Nos setores de Energia e Processos Industriais, o Brasil deve envidar esforços para atender à crescente demanda de energia ao mesmo tempo em que promove uma ambiciosa transição energética, substituindo as fontes fósseis por renováveis. Para tanto, deve haver compromissos claros, traduzidos em incentivos e investimentos públicos e privados, com políticas públicas eficazes, debatidas com a sociedade e os setores envolvidos, evitando erros em projetos que desrespeitam salvaguardas socioambientais básicas.

Em atendimento à necessidade de transição, ao mandato do GST (*Global Stocktake*) e ao cenário de net zero da Agência Internacional de Energia, o Brasil deve parar a expansão da exploração de combustíveis fósseis, reduzindo incentivos volumosos (OC, 2024) para esse setor e evitando abertura de quais-



quer novas fronteiras. A transição energética toma velocidade em todo o mundo e deve resultar, nos próximos anos, em uma menor demanda mundial por petróleo, o que afetará as exportações brasileiras e colocará em xeque investimentos caros em novas fronteiras exploratórias. Para superar esses riscos e promover uma completa descarbonização da matriz energética brasileira até 2045, é preciso uma mudança no portfólio de investimentos da Petrobras para que a petroleira se torne, cada vez mais, uma empresa de energia voltada para fontes renováveis.

Porém, o avanço da energia renovável por si só não é suficiente em um país marcado por profundas desigualdades sociais, regionais e raciais. No Brasil, os investimentos em infraestrutura e modernização tecnológica devem necessariamente vir acompanhados do combate à pobreza, que deve entrar definitivamente na agenda governamental e ser parâmetro para políticas públicas.

Também é crucial reconfigurar as cidades em busca de justiça territorial e habitacional, que deve se traduzir em mais habitação de interesse social em áreas centrais, redução das viagens e distâncias percorridas e tarifa zero no transporte público combinada com eletrificação de frotas. São questões diretamente relacionadas ao setor de transporte de passageiros, que deve focar na introdução de veículos mais eficientes de zero emissão ao mesmo tempo em que prioriza o transporte coletivo — ônibus, metrô, VLT, entre outros — em detrimento do individual. Além disso, a eletrificação das frotas deve ser combinada com uma mudança de paradigma no planejamento urbano, com foco em cidades mais compactas que priorizem deslocamentos curtos a pé ou em bicicleta. Menos automóveis, menos poluição atmosférica e sonora e mais saúde para a população.

No entanto, o transporte de cargas, majoritariamente rodoviário e intensivo no uso de combustíveis fósseis, é a maior fonte de emissões de gases de efeito estufa dos setores de Energia e Processos Industriais. Os desafios para mitigar suas emissões são enormes, de modo que é imprescindível abraçar um leque de alternativas que contemplem diferentes tipos de veículos pesados que precisam percorrer longas distâncias a um custo moderado. O diesel de origem fóssil deverá ser substituído por biocombustíveis — biodiesel e diesel verde produzidos de forma sustentável —, além de combustíveis sintéticos, hidrogênio verde e motores híbridos ou elétricos.

No subsetor elétrico, deve haver, primeiramente, foco no fornecimento energético equitativo e a preços acessíveis, com garantia contínua de energia limpa e de qualidade em todo o território nacional, inclusive com alternativas para áreas remotas sem fornecimento via Sistema Interligado Nacional (SIN). Isso deve ser combinado com metas claras de redução da pobreza energética, como o fim do uso precário da biomassa tradicional para subsistência de famílias mais pobres, além de tornar acessível a geração distribuída para famílias de baixa renda.

Na descarbonização desse subsetor, a distância a ser percorrida é mais curta, tendo em vista que a matriz elétrica brasileira já é majoritariamente renovável. Porém, é preciso rumar à transição completa com a desativação das termelétricas a carvão mineral até 2027 e reverter a contratação

de térmicas a gás inflexíveis, mantendo as existentes de forma flexível em resposta a crises do sistema, apenas como reserva de capacidade.

Em paralelo à descarbonização, o Brasil não deve realizar novos investimentos em energia nuclear para geração de energia elétrica, seja pelos elevados riscos ambientais associados ao material radioativo, seja pelas grandes desvantagens econômicas para a população. As usinas de Angra 1 e 2 vendem, em 2024, sua energia a uma tarifa de R\$ 355/MWh, sem considerar encargos e tributos (Aneel, 2023); se concluída, Angra 3 custará R\$ 43 bilhões a mais que outras alternativas, o que representaria um impacto de 2,9% nas tarifas de energia, segundo o TCU (EPBR, 2024). Para comparação, 31 projetos de energia eólica e solar venceram um leilão da Aneel em 2021 com uma tarifa média de pouco mais de R\$ 160/MWh, para operar a partir de 2026 (EPE, 2021).

Também deve-se restringir a construção e operação de novas Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), com a vedação total da sua operação na região amazônica, além de proibir novos megaprojetos e avaliar o descomissionamento dos já existentes. Empreendimentos de hidrelétricas de porte médio podem seguir sendo considerados junto com projetos de geração eólica e solar, desde que observada uma série de salvaguardas para evitar impactos socioambientais. Isso significa partir da premissa de que **a transição energética brasileira deve ser justa e popular**, com ampla participação das comunidades afetadas pelos novos empreendimentos, um arcabouço regulatório robusto e processos de licenciamento ambiental rigorosos, de modo a proteger áreas preservadas e socialmente sensíveis.

A indústria é sabidamente uma atividade de difícil redução de emissões, mas que já possui alternativas para a sua descarbonização, como o investimento em eficiência energética, em reciclagem e na utilização de energia renovável. Nesse subsetor, deve haver a substituição progressiva dos combustíveis fósseis por eletricidade, biomassa e outras fontes renováveis de energia. Para tanto, será necessária a efetivação de políticas públicas e investimentos em novas frentes de transição energética voltadas à indústria, como o hidrogênio verde, o biometano e o carvão vegetal.

Há iniciativas que visam à reindustrialização brasileira, especialmente por políticas públicas como o Plano de Transformação Ecológica e o Nova Indústria Brasil, que trazem diretrizes tanto econômicas quanto de desenvolvimento da atividade produtiva. O setor industrial brasileiro deve se pautar na inovação tecnológica, investimentos verdes para a sua modernização e mudança de foco para uma produção de baixa emissão de carbono, que seja focada na sua descarbonização progressiva, efetiva e ambiciosa, com incentivos àqueles que produzem de forma mais sustentável e estejam buscando soluções para combater a crise climática.

O Brasil deve limitar suas emissões de gases de efeito estufa no setor de Processos Industriais e Uso de Produto com os devidos aportes financeiros públicos e privados para que haja as alterações tecnológicas e a obtenção dos insumos necessários, responsáveis do ponto de vista ambiental e também climático.



Quanto aos hidrofluorcarbonos (HFCs), o país deve reduzir a sua importação em 10% em 2029, 30% em 2035; 50% em 2040; e 80% em 2045, em relação à linha de base de 79,5 milhões de toneladas de CO₂e (média de 2020, 2021 e 2022), conforme cronograma de redução da produção e consumo dos HFCs aprovado pela Emenda de Kigali do Protocolo de Montreal.

Por fim, a extração e produção mineral para a indústria também deve seguir os parâmetros da responsabilidade climática e social, com atenção às boas práticas, contribuindo para a agenda de descarbonização da economia brasileira, focando nas melhores alternativas locais dos projetos (com respeito às comunidades locais e às áreas protegidas e de especial sensibilidade), bem como nos melhores arranjos produtivos. A extração de minerais estratégicos ou críticos, que servem de matérias-primas para a produção de itens essenciais para a transição energética, como baterias e painéis solares, não deve colocar em lados opostos a atuação contra emergência climática e os direitos fundamentais da sociedade. Assim, os métodos extrativos e produtivos do setor minerário devem ser adaptados à realidade da crise climática global, alterando-se os focos de investimentos e de projetos em vigor ou futuros.

A indústria brasileira também deve se preocupar em diminuir as desigualdades sociais e combater o racismo ambiental, inserindo a busca por justiça climática em sua agenda. Isso é especialmente importante na tomada de decisão sobre empreendimentos e suas implicações em áreas protegidas e sensíveis, territórios de povos e comunidades tradicionais, além de áreas que interferem no bem-estar da população local. Deve-se, mais um vez, apostar em uma ampla participação das comunidades afetadas, além de entidades e da própria sociedade civil.

3.3.2. Escopo das emissões de Energia e PIUP e resultados gerais

No setor de Energia, estão alocadas as emissões de gases de efeito estufa provenientes da queima de combustíveis para consumo final energético, como a combustão de gasolina em automóveis, ou para transformação de energia, como a queima de gás natural em usinas termelétricas para geração de eletricidade. Além disso, também estão reunidas nesse setor as emissões fugitivas, que ocorrem devido a escapes, intencionais ou não, de gases durante a produção de combustíveis, como o vazamento de metano (CH₄) durante a exploração de petróleo. O setor de Energia foi responsável pela emissão de 412,5 milhões de toneladas de CO₂e (GWP-AR5) em 2022, o equivalente a 18% do total de emissões brutas do Brasil.

Já no setor de Processos Industriais e Uso de Produtos (PIUP) alocam-se as emissões que ocorrem devido a transformações físico-químicas inerentes à fabricação de materiais e/ou produtos industriais, como o beneficiamento de minério de ferro em aço. Nesse setor, também existem emissões associadas ao uso de produtos, como gases refrigerantes, utilizados em geladeiras, aparelhos de ar condicionado etc. Em 2022, 90,8 milhões de toneladas de CO₂e foram estimadas dentro de PIUP, correspondendo a 4% do total nacional.

Esses dois setores possuem dinâmicas de evolução de emissões similares, fortemente correlacionadas com resultados do Produto Interno Bruto (PIB) e do desenvolvimento técnico-industrial do país. Além disso, existem atividades industriais que emitem tanto devido à queima de combustíveis (setor de Energia) quanto a transformações físico-químicas (PIUP), como é o caso da produção de cimento, ou que utilizam fontes energéticas como parte de processos industriais, como é o caso do uso de coque de carvão mineral para fabricação de ferro-gusa e aço.

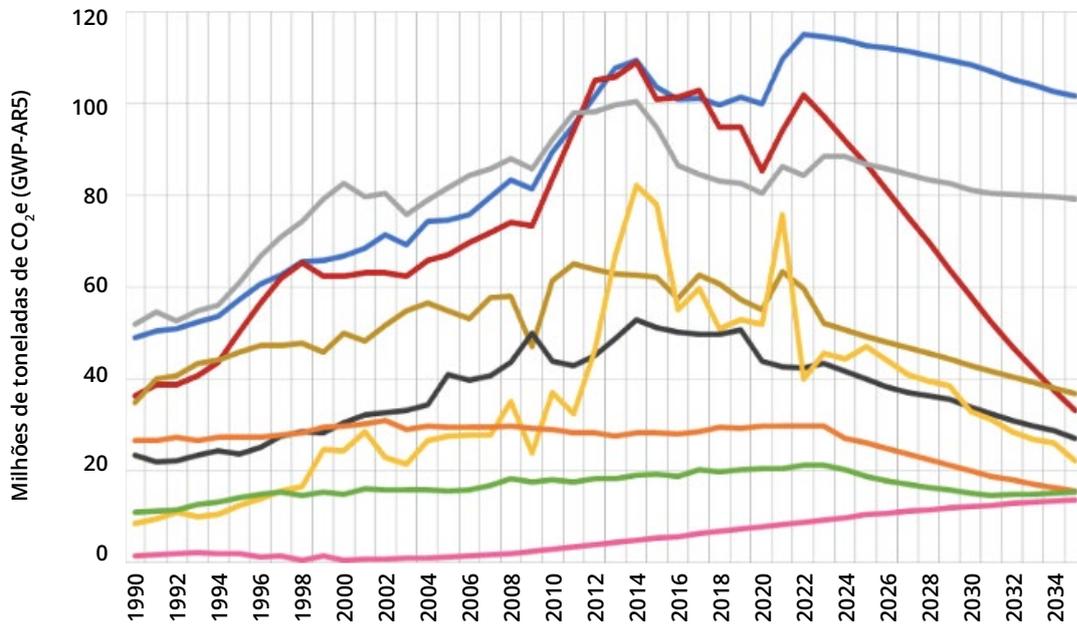
Por esses motivos, os setores de Energia e Processos Industriais serão aqui tratados de forma conjunta, agregados por meio de nove grandes atividades emissoras: (i) Transporte de cargas; (ii) Transporte de passageiros; (iii) Cimento, química, outras matérias primas e indústrias; (iv) Ferro-gusa e aço e outras metalúrgicas; (v) Produção de combustíveis; (vi) Geração de eletricidade; (vii) Edificações; (viii) Agropecuária; e (ix) Produção e uso de HFCs.

De maneira ampla, dados relacionados à produção industrial ou ao uso de energia nessas atividades foram projetados de 2023 até 2035 por meio de suas correlações com o PIB do Brasil. As taxas futuras de evolução do PIB (crescimento de 2,1% ao ano entre 2023 e 2035 para o PIB Geral e de 1,9% para o PIB Industrial) foram calculadas a partir da média entre a tendência linear dos dados históricos (1960-2022) e a projeção média de crescimento da EPE (2024). Observou-se, além disso, a relação histórica (1970-2022) de resultados do PIB com variáveis de atividades industriais ou energéticas e foi assumida uma relação tendencial futura (2023-2035); depois, já tendo valores futuros do PIB (2023-2035), foi possível determinar valores futuros também para tais variáveis.

Por fim, para cada atividade geral de Energia e PIUP foram definidas ações que suprissem as demandas projetadas, mas que também mitigassem emissões: diminuição da intensidade de uso de tecnologias emissoras, aumento do emprego de fontes renováveis de energia, aprimoramento tecnológico, incremento de eficiência energética etc. Os métodos, premissas e ações norteadoras adotadas serão melhor explicitados nos próximos subtópicos, e os resultados gerais alcançados no cenário podem ser observados nas figuras e na tabela a seguir.



Figura 2: Emissões históricas e projetadas de Energia e PIUP segundo atividades gerais

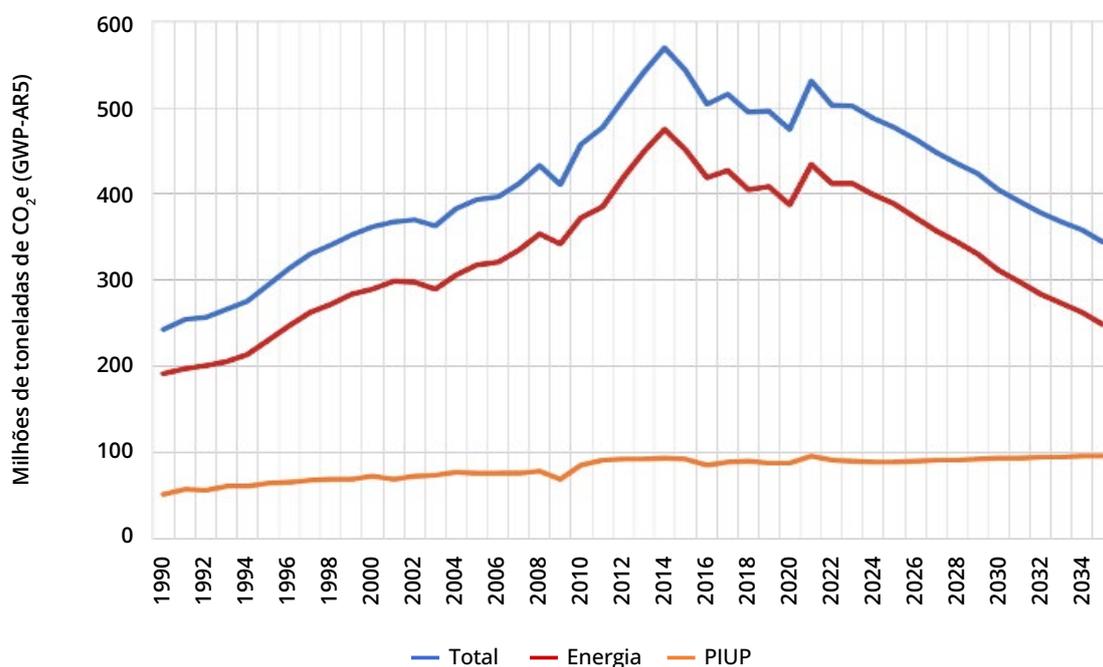


Resultados e participações (2035)

- Transporte de cargas: 101,6 MtCO₂e (29%)
- Transporte de passageiros: 33,2 MtCO₂e (10%)
- Edificações: 15,6 MtCO₂e (5%)
- Cimento, química, outras matérias primas e indústrias: 79,3 MtCO₂e (23%)
- Produção de combustíveis: 27,1 MtCO₂e (8%)
- Agropecuária: 15,3 MtCO₂e (4%)
- Ferro gusa e aço e outras metalúrgicas: 36,8 MtCO₂e (11%)
- Geração de eletricidade: 22,1 MtCO₂e (6%)
- HFCs: 13,8 MtCO₂e (4%)

Quadro 5: Estimativas históricas (2005, 2010, 2015 e 2020 a 2022) e projeções (2023 a 2035) das emissões, em milhões de toneladas de CO₂e, de Energia e PIUP segundo setores e atividades gerais

	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Transporte de carga	74,6	89,6	103,7	100,1	109,8	115,0	114,7	113,9	112,8	112,1	111,4	110,5	109,6	108,4	107,1	105,5	104,2	102,7	101,6
Transporte de passageiros	67,0	83,6	100,9	85,4	94,2	101,8	97,3	92,1	86,8	81,2	75,4	69,6	63,8	58,0	52,4	47,1	42,1	37,5	33,2
Cimento, química, outras matérias primas e indústrias	81,7	92,2	94,9	80,6	86,3	84,4	88,6	88,6	86,9	85,9	84,7	83,5	82,6	81,2	80,5	80,2	80,0	79,9	79,3
Ferro gusa e aço e outras metalúrgicas	54,8	61,5	62,3	55,1	63,3	59,8	52,2	50,7	49,3	48,1	46,9	45,6	44,3	43,1	41,8	40,6	39,3	38,0	36,8
Produção de combustíveis	41,1	44,0	51,3	44,0	42,6	42,5	43,4	41,8	40,0	38,4	37,1	36,4	35,7	34,0	32,5	31,0	29,8	28,9	27,1
Geração de eletricidade	27,7	37,0	78,0	51,9	75,9	40,0	45,5	44,5	47,0	44,1	41,0	39,5	38,6	33,0	31,3	28,5	26,9	26,2	22,1
Edificações	29,4	29,0	28,2	29,8	29,8	29,8	29,9	27,2	26,0	24,8	23,6	22,4	21,2	20,0	18,8	18,0	17,2	16,4	15,6
Agropecuária	15,7	18,2	19,3	20,5	20,6	21,2	21,2	20,2	18,9	17,7	17,1	16,4	15,8	15,2	14,7	14,8	15,0	15,1	15,3
Produção e uso de HFCs	1,2	2,8	5,4	7,8	8,2	8,7	9,3	9,9	10,4	10,8	11,1	11,5	11,9	12,3	12,6	12,9	13,2	13,5	13,8
Total (Energia e PIUP)	393,2	457,8	544,1	475,1	530,8	503,3	502,0	488,7	478,1	463,2	448,3	435,5	423,5	405,2	391,5	378,4	367,7	358,3	344,8
Total (Setor de Energia)	317,6	372,4	451,9	387,4	434,3	412,5	412,2	399,4	389,2	372,8	357,1	344,1	330,9	312,1	297,8	284,2	272,8	262,9	249,2
Total (Setor de PIUP)	75,6	85,4	92,2	87,7	96,5	90,8	89,8	89,3	88,9	90,4	91,2	91,4	92,6	93,1	93,7	94,2	94,8	95,4	95,6

Figura 3: Emissões históricas e projetadas de Energia e PIUP segundo setores

3.3.3 Transporte de cargas

A metodologia de estimativa de emissões históricas e projetadas dos transportes rodoviários foi baseada no Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários 2013 Ano-Base 2012 (MMA, 2014).

Inicialmente, foram reunidas as estatísticas históricas de vendas anuais de caminhões e comerciais leves novos, que foram inteiramente considerados como veículos de carga. Para cada uma dessas categorias também foram levantadas, ano a ano, as participações de diferentes tecnologias de propulsão – diesel, elétrico a bateria, hidrogênio, gasolina, etanol, flex fuel, híbrido a gasolina e híbrido flex fuel plug-in – em relação ao total de unidades vendidas (Anfavea, 2023).

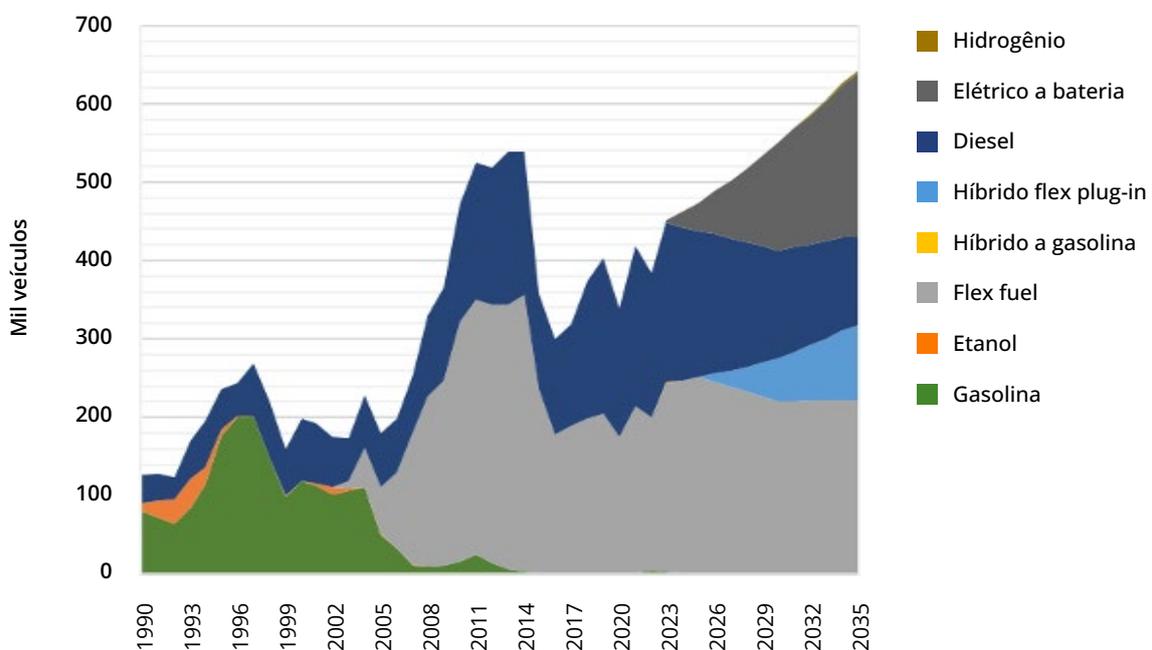
As vendas futuras (2023 a 2035) dessas duas categorias veiculares (caminhões e comerciais leves) foram projetadas de acordo com a tendência de evolução da relação entre quantidade anual de unidades vendidas e o PIB per capita do Brasil, sendo que as previsões de crescimento populacional do país estavam disponíveis no portal do IBGE (2018), enquanto a projeção do PIB adotada está explanada no tópico anterior deste relatório. O Plano Estadual de Energia 2050 de São Paulo (Semil, 2023) forneceu a participação de cada tecnologia de propulsão nas vendas de 2030 e 2040, possibilitando que também fossem determinados os perfis tecnológicos para os anos entre 2023 e 2029, assim como entre 2031 e 2035, interpolando linearmente os valores de 2022 (vendas verificadas), 2030 e 2040 (vendas projetadas). O cenário aqui descrito apenas desconsiderou as participações futuras de vendas de veículos a biogás indicadas pela Semil (2023), uma vez que foi feita a opção de direcionar esse combustível para outros fins



(geração de eletricidade e indústria). Por isso, a parcela de mercado prevista pelo Plano de Energia de SP para novas unidades a biogás foi, aqui, atribuída a veículos a combustão.

Com isso, chegou-se aos valores de 149 mil caminhões e 642 mil comerciais leves sendo vendidos em 2035, sendo que, respectivamente, 20% e 32,5% dessas vendas serão de modelos elétricos a bateria. A venda acumulada de veículos elétricos a bateria chegará a 202 mil caminhões e 1,4 milhões de comerciais leves até 2035. A figura a seguir ilustra o perfil tecnológico de venda obtido nesse exercício para a categoria de comerciais leves.

Figura 4: Histórico (1990 a 2022) e projeção (2023 a 2035) das vendas anuais de novos veículos comerciais leves segundo tecnologias de propulsão



Sobre os valores acumulados de vendas, aplicam-se curvas de sucateamento, determinando a quantidade de veículos que, conforme categoria (caminhão ou comercial leve) e idade, permanecem na frota circulante ao longo dos anos. São, então, aplicadas novas curvas, desta vez de intensidade de uso, relacionando quilometragem anual percorrida por cada veículo também com sua categoria e idade. Por fim, multiplicam-se as quilometragens obtidas pela demanda energética (J/km) dos veículos da frota (MMA, 2014), obtendo o consumo final energético do transporte de cargas. Vale mencionar que os valores de demanda energética por quilômetro percorrido foram considerados progressivamente menores com o passar dos anos, extrapolando-se a tendência histórica observada, o que se reflete em economia de energia e diminuição de emissões até 2035.

Com o objetivo de reduzir emissões, parte da demanda de veículos com motor diesel deve ser suprida por biodiesel e diesel verde. Isso levando em conta que o biodiesel chegará a representar 15% do volume de

óleo diesel comercializado em 2025 e 20% em 2030 – utilizando como referência o Projeto de Lei nº 528, de 2020, atualmente em tramitação no Senado Federal (2024). Considera-se também que a oferta de diesel verde, a ser utilizado tanto no transporte de cargas (maior parte) quanto no de passageiros, será de 700 milhões de litros em 2031, chegando a 3,5 bilhões em 2035 – valores definidos ao assumir um crescimento linear da produção desse biocombustível entre 2030 e 2040, ano para o qual o Cebri (2023) projetou a produção de 7 bilhões de litros de diesel verde em seu cenário ambicioso.

Já para os comerciais leves flex, priorizou-se o uso de etanol, adotando uma oferta anual, projetada entre 2023 e 2035 a partir de informações da Conab (2024) e da EPE (2023b), que possibilita que a frota desses veículos seja totalmente abastecida pelo biocombustível em 2035.

De forma menos detalhada, dada sua menor relevância em termos de emissões, a demanda energética dos transportes ferroviário e hidroviário (com exceção da cabotagem de petróleo), totalmente alocados na classificação cargas, foi projetada a partir da tendência histórica de relação entre o uso de energia em embarcações ou locomotivas e o PIB do país (EPE, 2023a; World Bank, 2023). No transporte hidroviário, foi ainda estimado, simplificadamente, que 48% de seu consumo energético em 2017 se deveu à cabotagem de petróleo, sendo, portanto, possível calcular um índice médio de consumo de combustíveis para cabotagem de petróleo por número de barris produzidos (EPE, 2023a; EPL, 2021; ICCT, 2024). Com esse índice, projetou-se a retração do consumo energético dessa parcela do transporte hidroviário em função da diminuição da demanda por petróleo perseguida no cenário aqui descrito (vide tópico 3.3.7, sobre produção de combustíveis).

Dessa forma, com o consumo anual de combustíveis no transporte de cargas já estimado, foram aplicados fatores de emissão provenientes do SEEG, obtendo-se um resultado de 101,6 milhões de toneladas de CO₂e emitidas em 2035. Trata-se de uma redução de 13,4 MtCO₂e (-12%) em relação às emissões verificadas para o ano de 2022. A curva de emissões para a atividade de transporte de cargas pode ser observada na figura 2 e os resultados detalhados por modo (rodoviário, ferroviário e hidroviário) estão apresentados na tabela abaixo.

Quadro 6: Estimativas históricas (2005, 2010, 2015 e 2020 a 2022) e projeções (2023 a 2035) das emissões, em milhões de toneladas de CO₂e, de Transporte de cargas segundo modos de viagem

	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Rodoviário	68,1	81,9	96,3	93,1	102,9	108,2	107,9	107,0	105,9	105,3	104,6	103,7	102,7	101,6	100,2	98,7	97,3	96,0	94,7
Hidroviário	3,6	4,5	4,2	3,7	3,7	3,6	3,6	3,6	3,6	3,5	3,6	3,5	3,6	3,5	3,7	3,5	3,6	3,4	3,5
Ferrovário	2,8	3,2	3,1	3,3	3,2	3,3	3,3	3,3	3,3	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4
Total (Transporte de cargas)	74,6	89,6	103,7	100,1	109,8	115,0	114,7	113,9	112,8	112,1	111,4	110,5	109,6	108,4	107,1	105,5	104,2	102,7	101,6

3.3.4 Transporte de passageiros

As estimativas de emissões de gases de efeito estufa gerados devido à atividade de transporte rodoviário de passageiros seguiram a mesma abordagem metodológica aplicada ao de cargas.



Logo, levantou-se, como primeira etapa, os históricos de vendas de veículos novos, segundo as três categorias de passageiros: automóveis, ônibus e motocicletas. As vendas por categoria foram projetadas até 2035, incorporando as circunstâncias do cenário de transferência modal em cidades compactas elaborado pelo ITDP e pela UC Davis (2024), que considera um relevante incremento do número de viagens urbanas realizadas a pé, por bicicleta e/ou por transporte coletivo. Com isso, observou-se, por um lado, a diminuição da taxa de crescimento das vendas de automóveis e motocicletas e, por outro, um maior avanço daquela referente a ônibus. O número de automóveis vendidos subiu de 1,6 milhões de unidades em 2022 para 2,1 milhões em 2035 (+30%) e o de motocicletas diminuiu de 1,4 milhão para 1,2 milhão no mesmo período (-8%). No entanto, as vendas de ônibus foram de 17,3 mil exemplares em 2022 para 43,6 mil em 2035 (+152%), um crescimento percentual expressivamente maior.

Conforme projeções elaboradas no Plano Estadual de Energia 2050 de São Paulo (Semil, 2023), as vendas anuais de automóveis, ônibus e motocicletas foram distribuídas nas diferentes tecnologias de motorização: gasolina, etanol, flex fuel, híbrido a gasolina, híbrido flex fuel, híbrido plug-in flex, diesel, gás, elétrico a bateria, e H2. Frisa-se, apenas, que o Plano de Energia de SP considera que uma fração do mercado de novos ônibus será de veículos a biogás; porém, essa parcela de vendas de ônibus a gás foi, no cenário aqui descrito, inteiramente direcionada aos veículos diesel, entendendo que o biogás teria uma utilização mais estratégica nas atividades de geração de eletricidade e indústria.

A tabela abaixo demonstra as participações de diferentes tecnologias de propulsão para o caso das vendas de automóveis. Os valores para o ano de 2022 são referentes às estatísticas verificadas pela Anfavea (2023), enquanto as porcentagens de 2030 e 2040 são provenientes da Semil (2023). As frações para os anos intermediários (2023 a 2029 e 2031 a 2035) foram obtidas interpolando linearmente os números de 2022, 2030 e 2040.

Quadro 7: Vendas de automóveis novos e participações de diferentes tecnologias de motorização

	2022 (Anfavea, 2023)	2030 (Projeção Observatório do Clima)	2035 (Projeção Observatório do Clima)
Vendas de automóveis novos (milhões de veículos)	1,6	2,1	2,1

Participação nas vendas (por tecnologia de motorização)	2022 (Anfavea, 2023)	2030 (Semil, 2023)	2035 (Interpolação Observatório do Clima)	2040 (Semil, 2023)
Gasolina	3%	0%	0%	0%
Etanol	0,002%	0%	0%	0%
Flex fuel	91%	60%	49,5%	39%
Híbrido a gasolina	3%	0%	0%	0%
Híbrido flex fuel	0%	15%	17,5%	20%
Híbrido plug-in flex fuel	0%	10%	12,5%	15%
Diesel	3%	0%	0%	0%
Gás	0%	0%	0%	0%
Elétrico a bateria	0%	15%	20%	25%
H2	0%	0%	0,5%	1%

Com a multiplicação entre vendas acumuladas e taxas de sucateamento/aposentadoria (conforme ano de fabricação e categoria de veículo), obteve-se a frota circulante em um determinado ano. Agora é possível encontrar a quilometragem total percorrida pelos diferentes veículos em circulação ao multiplicar, dessa vez, as taxas de intensidade de uso (km/veículo/ano) pela frota que fora estimada (MMA, 2014).

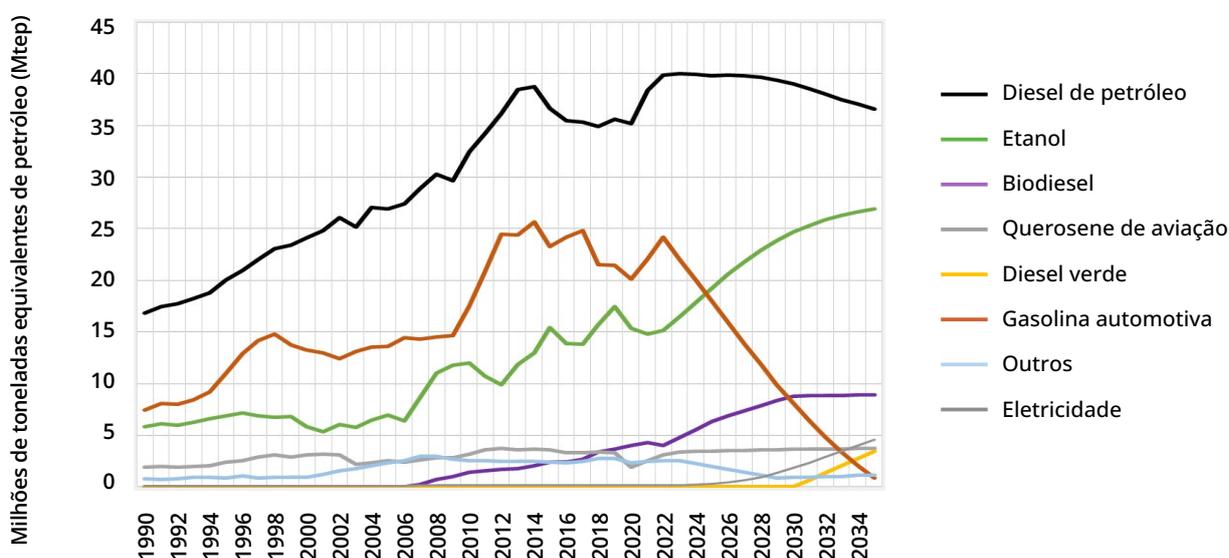
As quilometragens então obtidas foram ainda reajustadas a partir do cenário de priorização da mobilidade coletiva e ativa do ITDP e da UC Davis (2024). Dessa maneira, a quilometragem percorrida pelo transporte individual motorizado cresceu de forma menos acentuada do que a percorrida por ônibus urbanos.

Tendo a quilometragem anual percorrida por combinação de categoria veicular (automóvel, ônibus ou motocicleta) e tecnologia de propulsão/motorização, foi possível calcular, utilizando índices de autonomia (energia consumida por quilometragem percorrida), a demanda energética do transporte rodoviário de passageiros.

Esse resultado foi complementado pela demanda energética do modo aéreo, que, por simplificação, é aqui inteiramente considerado como transporte de passageiros. A demanda por combustíveis de aviação foi projetada seguindo a tendência da sua relação com o PIB brasileiro. Adotou-se também que o SAF (*sustainable aviation fuel*) passará a ser misturado ao querosene de aviação a partir de 2027, quando substituirá 1% da demanda por esse combustível fóssil. Avançando um ponto percentual ao ano, o SAF chegará a substituir 8% da demanda por querosene para aeronaves em 2035 (Senado Federal, 2024).

Segmentando por fonte, a próxima figura ilustra a soma da demanda energética no transporte de passageiros com aquela referente ao deslocamento de cargas (vide tópico anterior). Chama atenção a grande queda do consumo de gasolina, fruto de uma maior penetração de tecnologias de baixas emissões na frota de veículos leves, bem como do aumento de viagens realizadas por meio de transportes ativos e coletivos.

Figura 5: Histórico (1990 a 2022) e projeção (2023 a 2035) do consumo de combustíveis em toda atividade de transportes (passageiros e cargas)





Aplicando os devidos fatores de emissão sobre os consumos de energéticos no transporte de passageiros, encontram-se, por fim, as emissões provenientes da queima de combustíveis em automóveis, ônibus, motocicletas e aeronaves. Em 2035, conforme tabela a seguir, a projeção é que esses veículos emitam 33,2 milhões de toneladas de CO₂e. Essa marca é 67% menor do que o total emitido pelo deslocamento de pessoas em 2022, configurando o maior percentual de redução de emissões entre todas as atividades dos setores de Energia e PIUP.

Quadro 8: Estimativas históricas (2005, 2010, 2015 e 2020 a 2022) e projeções (2023 a 2035) das emissões, em milhões de toneladas de CO₂e, de Transporte de passageiros segundo modos de viagem

	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Rodoviário	59,2	73,8	89,9	79,6	86,5	92,3	86,8	81,5	76,2	70,4	64,6	58,6	52,7	46,9	41,2	35,8	30,8	26,1	21,8
Aéreo	7,8	9,8	11,0	5,8	7,7	9,5	10,5	10,5	10,7	10,8	10,8	11,0	11,1	11,1	11,2	11,2	11,3	11,4	11,4
Total (Transporte de passageiros)	67,0	83,6	100,9	85,4	94,2	101,8	97,3	92,1	86,8	81,2	75,4	69,6	63,8	58,0	52,4	47,1	42,1	37,5	33,2

3.3.5 Cimento, química, outras matérias primas e indústrias

Na atividade geral de “Cimento, química, outras matérias primas e indústrias” estão reunidas as emissões tanto de Energia quanto de Processos Industriais e Uso de Produtos (PIUP) referentes aos oito seguintes segmentos industriais: cimento, química, alimentos e bebidas, papel e celulose, cerâmica, mineração e pelletização, têxtil, e outras indústrias. Ao todo, essa atividade foi responsável pela emissão de 84,4 milhões de toneladas de CO₂e em 2022.

Esses oito segmentos industriais estão agrupados nessa mesma atividade geral por terem sido tratados sob uma mesma abordagem metodológica para projeção de emissões. Frisa-se, porém, que o carbono proveniente da queima de combustíveis em centrais elétricas autoprodutoras associadas a tais indústrias foi classificado como pertencente à atividade “Geração de eletricidade” e, portanto, não está aqui contabilizado.

Como primeira etapa da metodologia, foram determinadas as demandas energéticas futuras (2023-2035) de cada uma das categorias industriais citadas no primeiro parágrafo deste tópico. Tal cálculo foi possível por meio das respectivas tendências de evolução da relação entre demanda energética (EPE, 2023a) e resultados do PIB industrial (Mapa, 2024; World Bank, 2023). Assim, tendo em mãos essas tendências (tep/R\$) e projeções do PIB industrial do país até 2035 (R\$), encontram-se as curvas de demanda energética futura (tep).

Como havia informações disponíveis e dado o maior peso desta indústria nas emissões, foi empregada uma análise específica para o caso do uso de energia em cimenteiras: considerou-se a relação entre produção de cimento (Snic, 2023) e demanda energética (EPE, 2023a), ao invés da relação entre PIB de toda a indústria brasileira e a demanda energética somente da fabricação de cimento.

Como as projeções adotadas tanto para o PIB industrial quanto para a produção de cimento são ascendentes, com crescimento médio de 1,9% ao ano entre 2023 e 2035 para o primeiro e 2,5% para a segunda, o total de energia demandada pela atividade de “Cimento, química, outras matérias primas e indústrias” aumentou de forma consoante. Por isso, procurando reduzir essa demanda energética e, conseqüentemente, emissões, assumiu-se um ganho médio indicativo de eficiência, em termos de energia consumida por unidade de PIB industrial produzida (tep/R\$), de 1% entre 2023 e 2035.

Para a demanda ainda restante, analisou-se a matriz energética de cada uma das oito indústrias citadas anteriormente, buscando, conforme tendências observadas ou informações de literatura, aumentar o uso de eletricidade e biomassas ao mesmo tempo em que a utilização de fontes fósseis é diminuída. Para as indústrias de cimento, químicos, alimentos e bebidas, e papel e celulose, foi adotado como referência o plano de descarbonização da indústria dos Estados Unidos elaborado pelo grupo *Renewable Thermal Collaborative - RTC* (2022).

Com isso, os seguintes exemplos de premissas de descarbonização puderam ser adotados: (i) zerar o consumo de derivados de petróleo e carvão mineral até 2030 e de gás natural até 2035 na indústria de alimentos e bebidas, cimento, e papel e celulose; (ii) diminuição do consumo de gás natural e início da utilização de hidrogênio verde na indústria química até 2035 (RTC, 2022).

Por fim, os devidos fatores de emissão foram aplicados sobre os consumos anuais estimados para os diferentes combustíveis, resultando nas emissões relacionadas à queima de combustíveis (setor de Energia). Já as emissões futuras ligadas ao setor de PIUP da atividade “Cimento, química, outras matérias primas e indústrias” foram estimadas, de maneira simplificada, por meio da relação histórica dessas emissões com o PIB industrial ou com a produção de cimento. Não foram aqui, portanto, assumidas ações para redução de emissões relacionadas especificamente a processos industriais.

Dessa maneira, conforme ilustrado na figura 2 e organizado na tabela que encerra este tópico, a emissão total alcançada em 2035 foi de 79,3 MtCO₂e, valor 6% e 3% menor que o verificado para essa atividade em 2022 e 2005, respectivamente.

A categoria de produção de cimento é a única que não apresenta decréscimo de emissões entre 2035 e 2022; pelo contrário, é possível notar um aumento de 26%. Apesar de as emissões relacionadas à queima de combustíveis em cimenteiras terem sido reduzidas por meio das ações citadas anteriormente, o mesmo não aconteceu com aquelas relacionadas a processos industriais nessa indústria, causando tal incremento. As emissões de CO₂ de PIUP em cimenteiras são inerentes a transformações de matérias-primas que culminam na fabricação do cimento (produto final), e a única tecnologia atualmente vislumbrada para abatê-las é o CCS (*carbon capture and storage*). Todavia, o Observatório do Clima tem como premissa a não utilização do CCS como uma solução de mitigação, já que a promessa de emprego desse mecanismo ainda não se provou viável tecno-economicamente e tem sido, na prática, usada como justificativa para a inação de setores emissores.



Quadro 9: Estimativas históricas (2005, 2010, 2015 e 2020 a 2022) e projeções (2023 a 2035) das emissões, em milhões de toneladas de CO₂e, de Cimento, química, outras matérias primas e indústrias segundo categorias de produção

	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Cimento	23,6	36,0	38,7	35,5	37,4	34,2	38,4	38,5	38,8	39,2	39,6	40,1	40,6	40,9	41,4	41,8	42,3	42,9	43,1
Química	24,4	18,0	17,5	14,9	16,3	15,8	15,4	15,1	14,8	14,5	14,1	13,5	13,0	12,5	12,3	12,1	11,9	11,7	11,5
Outras matérias primas e indústrias	33,7	38,1	38,7	30,1	32,6	34,4	34,8	35,0	33,3	32,2	31,1	30,0	28,9	27,8	26,8	26,3	25,8	25,3	24,7
Total (Cimento, química, outras matérias primas e indústrias)	81,7	92,2	94,9	80,6	86,3	84,4	88,6	88,6	86,9	85,9	84,7	83,5	82,6	81,2	80,5	80,2	80,0	79,9	79,3

3.3.6 Ferro-gusa e aço e outras metalúrgicas

A principal fonte de emissões na atividade de “Ferro-gusa e aço e outras metalúrgicas” é o processo industrial de redução química de minérios para fabricação de metais (produtos finais), utilizando combustíveis reductores que, hoje, em sua maioria, são fósseis. Em 2022, 74% das emissões da metalurgia foram provenientes do consumo de combustíveis reductores fósseis, o que equivale a 44,5 MtCO₂e. Desse montante, 88% acontece na indústria de ferro-gusa e aço. Portanto, a redução das emissões de “Ferro-gusa e aço e outras metalúrgicas” passa, necessariamente, pela implementação de alternativas tecnológicas que possibilitem a diminuição do uso de combustíveis fósseis em aciarias (essencialmente carvão mineral e derivados).

Para aposentadoria da rota de produção de aço via uso de combustíveis reductores fósseis nos chamados altos-fornos siderúrgicos, já existem opções: (i) alto-fornos dedicados ao uso de carvão vegetal como combustível reductor; (ii) redução direta com uso de gás natural e/ou hidrogênio; (iii) novos processos de redução de fundição; e (iv) reciclagem com uso de forno a arco elétrico (rota já utilizada no Brasil) (E+, 2022; Hebeda *et al*, 2023).

O artigo “*Pathways for deep decarbonization of the Brazilian iron and steel industry*” (Hebeda *et al*, 2023) apresenta cenários de adoção de diferentes rotas tecnológicas de produção de ferro e aço, com vistas à reduzir a intensidade de carbono dessa indústria. No chamado “cenário de profundo desenvolvimento sustentável” da siderurgia, os autores projetam uma relevante queda da produção de aço utilizando altos-fornos a carvão mineral e derivados, enquanto cresce o emprego de outras rotas menos emissoras (citadas no parágrafo anterior). Assim, enquanto o cenário prevê um crescimento de cerca de 35% na quantidade (em massa) de aço produzido no país como um todo entre 2022 e 2035, o montante de aço proveniente especificamente da rota com alto-forno e carvão mineral teria uma redução de aproximadamente 65% no mesmo período (Hebeda *et al*, 2023).

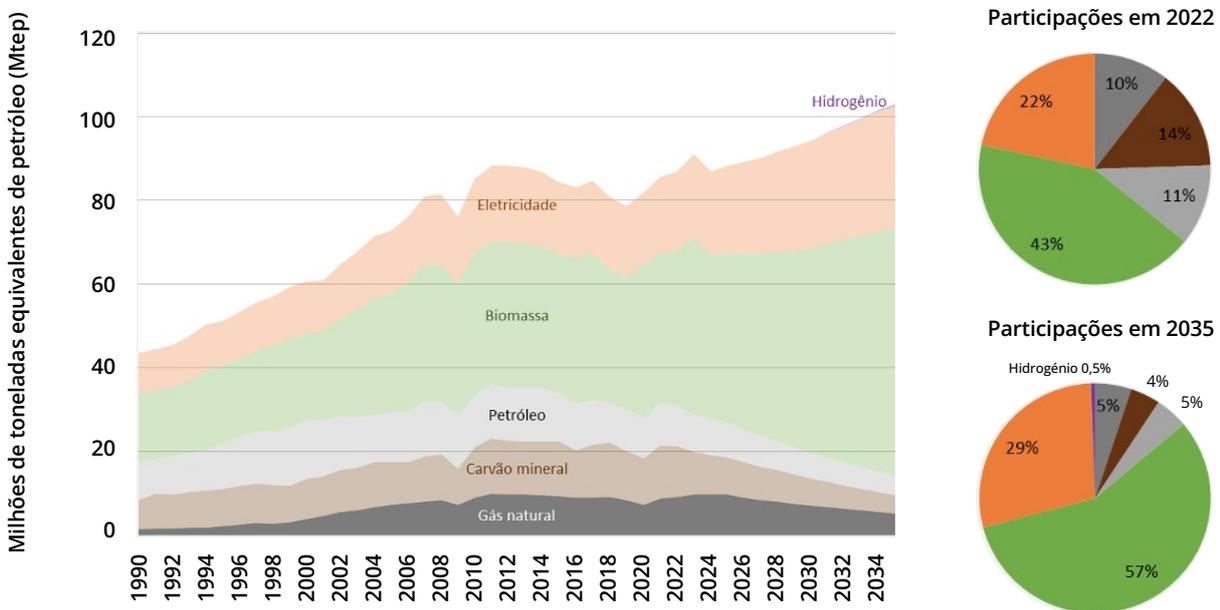
O consumo anual de fontes energéticas indicado no artigo como necessário para a concretização do “cenário de profundo desenvolvimento sustentável” foi, então, integralmente adotado nesta proposta de NDC do Observatório do Clima – frisa-se que tal consumo contempla tanto o uso final de energia (setor de Energia) quanto o uso de insumos para transformação de materiais/redução química do minério de ferro (setor de PIUP). Sobre tal consumo, foram aplicados fatores de emissão

provenientes do SEEG. Obteve-se, como resultado, uma diminuição de 30% nas emissões de Energia e PIUP da siderurgia entre 2022 e 2035.

Para as demais atividades metalúrgicas (produção de alumínio, magnésio, ferro ligas, não ferrosos e outros), considerou-se a demanda total futura por energia aumentando de maneira consoante com o PIB industrial, de maneira análoga à abordagem descrita no tópico anterior, sobre “Cimento, química, outras matérias primas e indústrias”. A partir disso, foi aplicada uma curva linear de diminuição do uso de combustíveis fósseis, de forma que tal consumo chegasse a zero em 2050 e fosse gradualmente substituído por carvão vegetal, biometano e eletricidade. As emissões associadas ao uso desse mix de combustíveis foram, então, calculadas; bem como complementadas, ainda, com a projeção, de acordo com o PIB industrial, das emissões de PIUP na metalurgia não relacionadas ao uso de combustíveis redutores (como aquelas provenientes do uso de SF₆ na produção de magnésio).

A próxima figura, resultado das metodologias descritas neste tópico e no anterior, mostra a matriz de energéticos utilizados na indústria como um todo (“Cimento, química, outras matérias primas e indústrias” e “Ferro gusa e aço e outras metalúrgicas”). Destaca-se que os combustíveis fósseis, que representavam 35% da matriz industrial em 2022, passam a somar apenas 14% em 2035.

Figura 6: Histórico (1990 a 2022) e projeção (2023 a 2035) do consumo de energéticos na indústria, destacando eletricidade, hidrogênio e as fontes primárias dos combustíveis utilizados



Voltando a apenas a atividade geral de “Ferro-gusa e aço e outras metalúrgicas”, a tabela seguinte apresenta os resultados de emissões de CO₂e obtidos. Vale frisar, por fim, que as emissões indiretas relacionadas à geração da eletricidade utilizada na metalurgia não estão consideradas aqui, mas sim dentro da atividade de “Geração de eletricidade”.



Quadro 10: Estimativas históricas (2005, 2010, 2015 e 2020 a 2022) e projeções (2023 a 2035) das emissões, em milhões de toneladas de CO₂e, de Ferro gusa e aço e outras metalúrgicas segundo categorias de produção

	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Produção de ferro gusa e aço	43,5	47,6	49,1	43,9	50,9	48,2	41,2	40,1	39,0	38,1	37,1	36,1	35,1	34,0	33,0	32,0	31,0	30,0	29,0
Outros da metalurgia	11,3	13,9	13,2	11,1	12,4	11,6	11,0	10,6	10,3	10,0	9,8	9,5	9,3	9,0	8,8	8,5	8,3	8,0	7,8
Total (Ferro gusa e aço e outras metalúrgicas)	54,8	61,5	62,3	55,1	63,3	59,8	52,2	50,7	49,3	48,1	46,9	45,6	44,3	43,1	41,8	40,6	39,3	38,0	36,8

3.3.7 Produção de combustíveis

As emissões de gases de efeito estufa da produção de combustíveis estão relacionadas aos processos de exploração e refino de petróleo e gás fóssil, bem como à produção de outros combustíveis, como carvão mineral, carvão vegetal e álcool. Para calcular as trajetórias das emissões nos próximos anos, foi considerada no modelo a demanda interna desses combustíveis para atender aos demais setores. A partir do consumo necessário para atender à demanda, foram calculadas as emissões associadas para a produção e exploração dos combustíveis.

O cálculo da demanda é baseado nas necessidades internas do país, com uma previsão de redução nas exportações e importações nos próximos anos. Nesse sentido, o modelo assume uma produção apenas considerando o atendimento do mercado interno brasileiro, sem considerar uma expansão na exploração para fins de exportação.

Mesmo com o crescimento total na demanda energética doméstica, resultado do crescimento econômico e populacional projetado para o Brasil, foram adotadas premissas que visam à redução das emissões, como a priorização de combustíveis menos emissores e a avaliação do crescimento da capacidade de produção nacional de outras fontes.

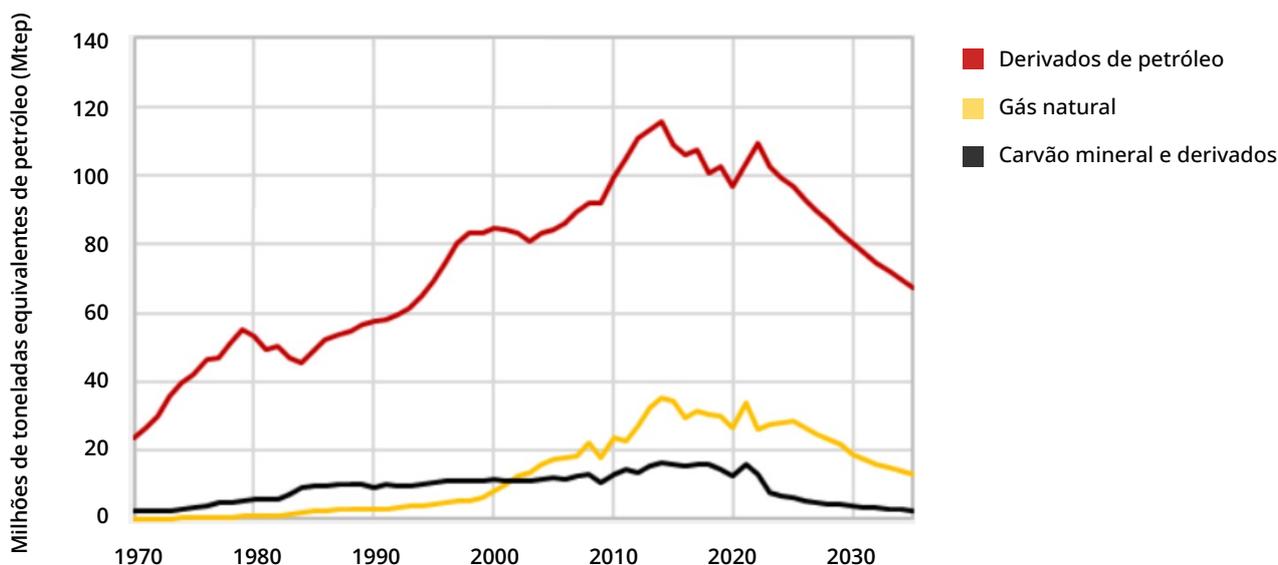
Assim, o cálculo da produção de combustíveis fósseis é uma saída do modelo atrelado ao cálculo do consumo desses combustíveis, de modo que as premissas adotadas em outros setores, como as mudanças modais no transporte, o aumento da eficiência energética e a substituição por outras fontes energéticas, impactam diretamente na estimativa da produção desses combustíveis.

Já a estimativa da produção de biocombustíveis, cuja expansão é desejável, foi realizada segundo premissas de capacidade produtiva e tendências de indicadores de produtividade. Com o objetivo de garantir a segurança energética e atender à demanda em meio à redução na produção de combustíveis fósseis, o modelo indica um crescimento significativo na produção de etanol. Esse aumento ocorre, principalmente, para suprir a demanda do setor de transporte de passageiros. Espera-se que a produção de etanol de cana-de-açúcar duplique até 2035, alcançando cerca de 60 milhões de metros cúbicos.

Com esse cenário proposto, o modelo prevê uma redução na demanda total de consumo de petróleo e seus derivados nos próximos anos, indicando uma diminuição na produção desses combustíveis e, conseqüentemente, nas emissões associadas. O consumo total de combustíveis fósseis, carvão mineral,

petróleo, gás natural e derivados, terá uma redução de 42%, sendo o carvão mineral a fonte energética com a maior redução comparado a 2022, chegando a quase 80%.

Figura 7: Histórico (1970 a 2022) e projeção (2023 a 2035) do consumo total de petróleo, gás natural, carvão mineral e derivados



Assim, as emissões provenientes da produção de combustíveis são estimadas em torno de 27 MtCO₂e em 2035, um valor 36% menor do que as emissões de 2022, ano base para os cálculos. A tabela abaixo apresenta os resultados alcançados para os demais anos projetados (2023 a 2035).

Quadro 11: Estimativas históricas (2005, 2010, 2015 e 2020 a 2022) e projeções (2023 a 2035) das emissões, em milhões de toneladas de CO₂e, da produção de combustíveis

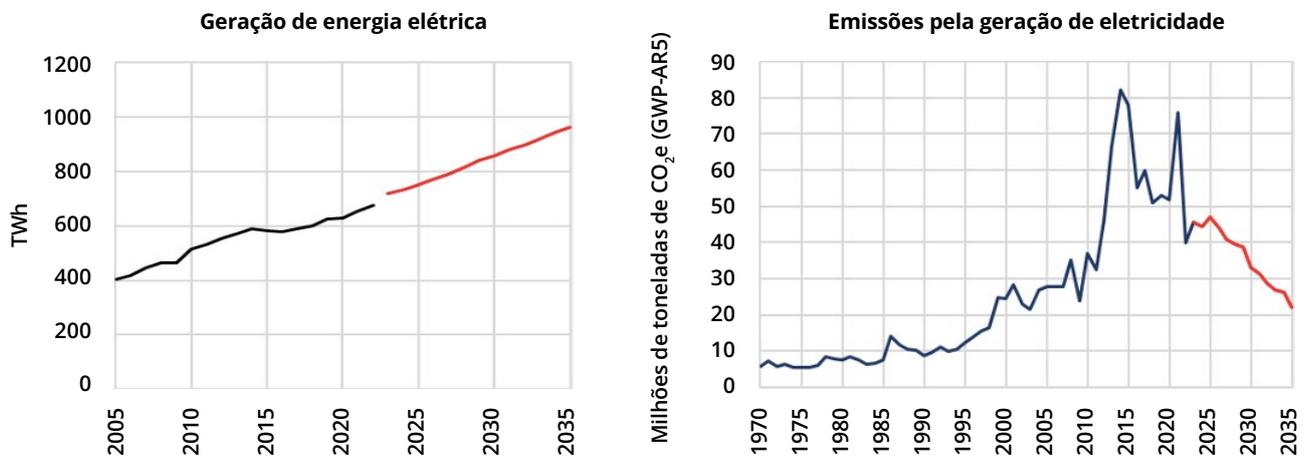
	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Exploração, transporte e refino de petróleo, gás natural e derivados	37,4	39,6	47,8	40,7	39,1	39,1	40,6	39,1	37,6	36,2	35,1	34,3	33,5	31,7	30,1	28,5	27,2	26,3	24,4
Produção de carvão mineral e outros	2,0	2,7	1,8	1,6	1,7	1,7	1,1	0,8	0,5	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Produção de combustíveis renováveis	1,6	1,7	1,7	1,7	1,7	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,5	2,6	2,7
Total (Produção de combustíveis)	41,1	44,0	51,3	44,0	42,6	42,5	43,4	41,8	40,0	38,4	37,1	36,4	35,7	34,0	32,5	31,0	29,8	28,9	27,1

3.3.8 Geração de eletricidade

Para projetar a trajetória das emissões na geração de eletricidade, o primeiro passo foi modelar a demanda total do país, resultado das necessidades elétricas de diversos setores, para os próximos anos. A projeção de crescimento das frotas de veículos elétricos, o aumento do uso de eletricidade na indústria e outras tendências de utilização influenciam diretamente a demanda total de geração, cujo aumento está ligado às emissões de GEE. Além disso, as projeções de crescimento do PIB também contribuem para que essa demanda seja ainda mais elevada.



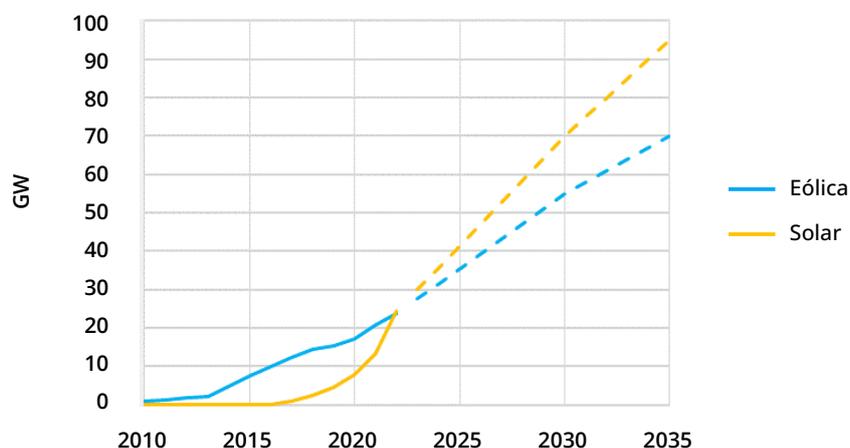
Figura 8: Histórico (2005 a 2022) e projeção (2023 a 2035) da geração de energia elétrica e Histórico e projeção das emissões associadas, em milhões de toneladas de CO₂e



Para suprir essa demanda projetada, foram aplicados critérios de priorização tecnológicas onde energias fósseis, como o gás natural, vieram a ser adicionadas por último. Assim, as seguintes premissas foram consideradas para o cálculo da oferta necessária de eletricidade e da resultante trajetória de emissão: (i) crescimento da participação das energias renováveis; (ii) fator de capacidade médio dos últimos anos para hidrelétricas; e (iii) aposentadoria de usinas termelétricas a carvão mineral até 2027, junto à redução/estagnação das termelétricas dependentes de outros combustíveis fósseis.

Nos últimos anos, foi observado um crescimento expressivo na geração de eletricidade proveniente de fontes eólicas e solares que pode ser ainda maior na próxima década, de acordo com análises apresentadas em documentos da EPE (2023b), Absolar (2023) e outras organizações. Com base nessas projeções e em uma avaliação prospectiva de novos incentivos para essas fontes, o modelo prevê um aumento significativo nas capacidades instaladas até 2035, alcançando 70 GW para energia eólica e 95 GW para energia solar.

Figura 9: Histórico (2010 a 2022) e projeção (2023 a 2035) do potencial de geração energia elétrica de fontes eólicas e solares

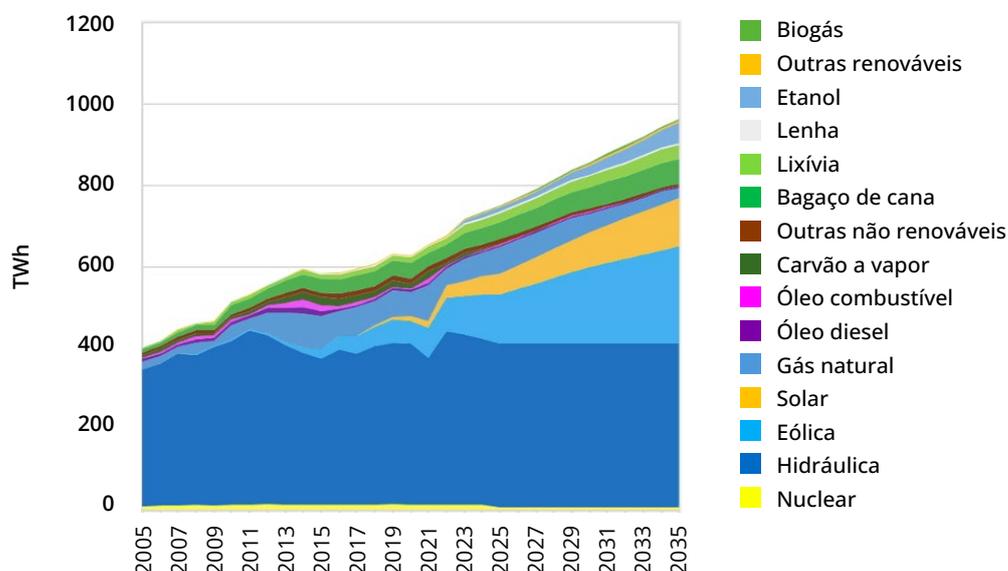


De forma conservadora, foi adotado para as hidrelétricas um fator de capacidade médio baseado nos últimos anos (EPE, 2023a), buscando levar em conta um cenário de alterações climáticas desfavoráveis ao regime de chuvas – no período considerado, destaca-se a crise hídrica de 2021. Tendo em mente os riscos e danos ambientais para novos projetos hidrelétricos, a capacidade instalada total foi mantida constante sem a inclusão de empreendimentos futuros. Assim, é previsto que tais usinas diminuam de 63% em 2022 para 42% em 2035 sua participação na geração de eletricidade, já que há uma diversidade de outras fontes em expansão.

Sobre o uso de combustíveis fósseis, como carvão mineral, óleo combustível e diesel, foram assumidas ações para sua redução e/ou eliminação. Dada a alta intensidade de emissão de gases de efeito estufa e poluentes atmosféricos locais, considerou-se a aposentadoria do uso de carvão até 2027. Além disso, assumiu-se a redução gradual na aplicação do óleo combustível e diesel, até estarem zerados em 2050. Em contrapartida, assumiu-se o aumento do uso de biomassas, como o bagaço de cana, como tendência na geração de eletricidade, chegando a 61 TWh até 2035, o dobro do ano de 2022. Além disso, considerando o excedente de etanol projetado (já descontando os usos nos transportes e outros subsetores), assumiu-se que o biocombustível também poderia ser usado em parques termelétricos. Por fim, a geração pelas termelétricas a gás natural foi calculada para cobrir a demanda total crescente descoberta pelas demais fontes, o que resultou num patamar de geração com trajetória descendente no período projetado.

Vale mencionar que, para os próximos anos, é previsto um maior emprego do biogás na produção de eletricidade, resultado de implementações tecnológicas para aproveitamento dos gases tratados de aterros, conforme assumido no setor de resíduos (seção 3.6). O modelo indica também um aumento na produção desse biocombustível estimulado pelas estimativas de crescimento da produção de cana-de-açúcar para atender à demanda de etanol no transporte. Esse crescimento impulsiona, então, a produção de biogás associado à indústria da cana, o que também possibilita o uso desse biocombustível na geração de eletricidade, substituindo uma parcela do gás natural atualmente utilizado. Na figura abaixo é apresentada a geração de eletricidade por fonte.

Figura 10: Histórico (2005 a 2022) e projeção (2023 a 2035) da geração de energia elétrica por fonte





Assim, conforme as premissas estabelecidas para a geração de eletricidade, a tabela abaixo detalha as emissões provenientes do uso de combustíveis não renováveis e biomassa. A projeção de emissão para 2035 é de 22,1 milhões de toneladas de CO₂e, representando uma redução de quase 45% em relação às emissões de 2022.

Quadro 12: Estimativas históricas (2005, 2010, 2015 e 2020 a 2022) e projeções (2023 a 2035) das emissões, em milhões de toneladas de CO₂e da geração de eletricidade

	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Não renováveis	27,5	36,6	77,5	51,3	75,4	39,5	44,9	43,8	46,3	43,4	40,2	38,8	37,8	32,2	30,4	27,7	26,1	25,3	21,2
Biomassa	0,2	0,4	0,5	0,6	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9
Total (Geração de eletricidade)	27,7	37,0	78,0	51,9	75,9	40,0	45,5	44,5	47,0	44,1	41,0	39,5	38,6	33,0	31,3	28,5	26,9	26,2	22,1

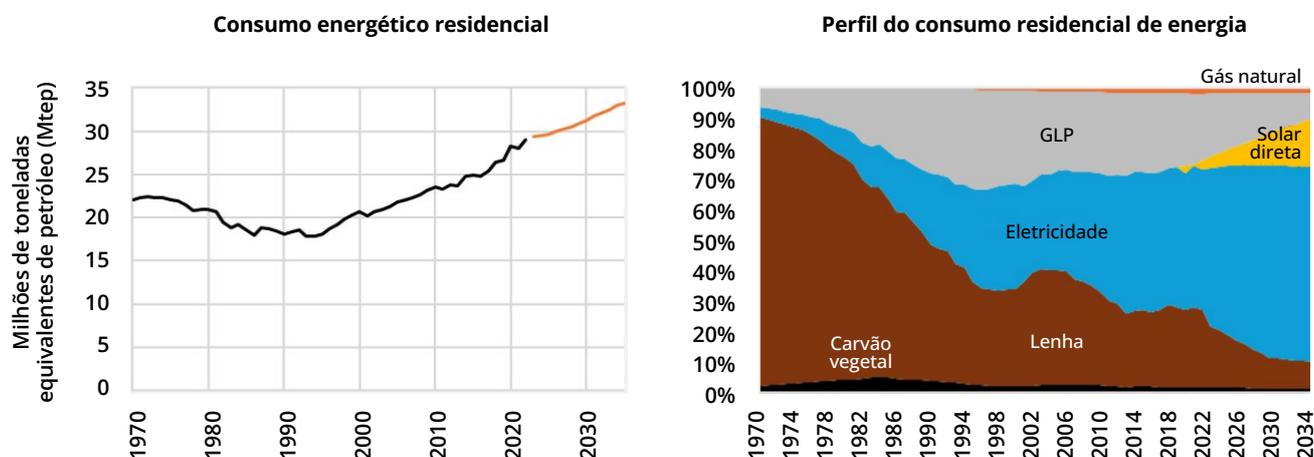
3.3.9 Edificações

As emissões decorrentes das atividades de edificações estão principalmente ligadas ao consumo de combustíveis para uso residencial, como GLP, lenha e carvão vegetal, utilizados para aquecimento e preparo de alimentos. Em 2022, as atividades de uso residencial representaram mais de 90% das emissões do setor de edificações (27,2 MtCO₂e). As emissões provenientes do uso de energia em estabelecimentos comerciais e públicos completam o total emitido na atividade de edificações, com, respectivamente, 2,1 e 0,8 MtCO₂e estimadas para 2022.

Para as projeções futuras das emissões de edificações, foram consideradas premissas que restringem o uso de combustíveis mais emissores, como o GLP, cuja eliminação está prevista até 2045, e a eliminação do uso de lenha em áreas urbanas até 2030. Apesar de uma redução observada até 2013 no Brasil, nos últimos anos, devido a fatores econômicos, o uso de lenha tem aumentado. Isso reflete em maiores emissões de CO₂e já que o uso precário desse combustível, apesar de renovável, está associado a altas taxas de emissão de metano (CH₄), gás com potencial de aquecimento do planeta dezenas de vezes maior do que o dióxido de carbono (CO₂). Considerando as projeções de crescimento do PIB e um cenário econômico favorável, assume-se uma redução do uso de lenha e também de outras fontes mais emissoras, além do aumento da utilização de eletricidade na atividade de cocção, diminuindo as emissões totais do setor. Já em relação ao uso de aquecimento solar, que já vem crescendo nos últimos anos, foi considerado que esse passará a representar 20% do consumo energético residencial até 2035.

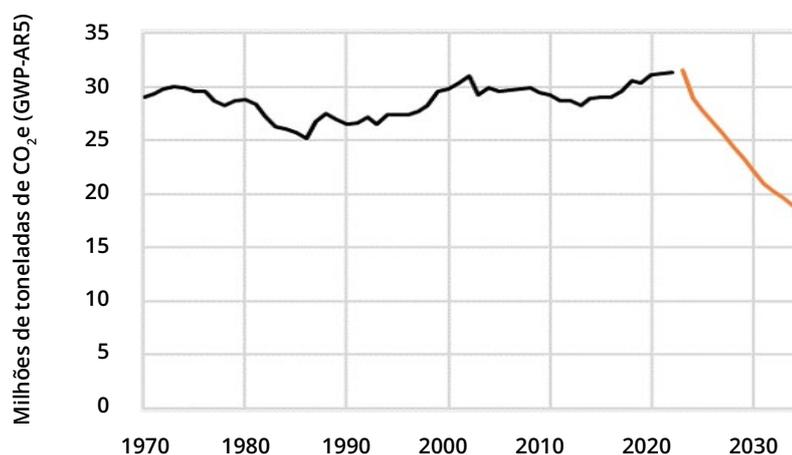
Como ilustração, a figura abaixo mostra o crescimento do consumo energético residencial projetado a partir do crescimento do PIB (à esquerda) e o perfil desse consumo por fonte energética (à direita).

Figura 11: Histórico (1970 a 2022) e projeção (2023 a 2035) do consumo energético residencial e histórico (1970 a 2022) e projeção do perfil do consumo energético residencial (% baseada em tep)



Dessa forma, as emissões totais dos setores em 2035 serão de 15,6 MtCO₂e, representando uma redução de mais de 48% nas emissões totais do setor (vide figura e tabela a seguir). Essa redução é impulsionada pelas premissas projetadas, especialmente para as atividades residenciais, que apresenta a maior parcela das emissões do setor.

Figura 12: Histórico (1970 a 2022) e projeção (2023 a 2035) das emissões em edificações



Quadro 13: Estimativas históricas (2005, 2010, 2015 e 2020 a 2022) e projeções (2023 a 2035) das emissões, em milhões de toneladas de CO₂e, em edificações

	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Residencial	25,7	26,2	25,8	27,7	27,4	27,2	27,2	24,5	23,3	22,0	20,8	19,5	18,2	16,9	15,7	14,8	13,9	13,1	12,2
Comercial	2,0	1,6	1,5	1,3	1,6	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	2,0	2,0	2,1	2,1	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4
Público	1,7	1,2	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0
Total (Edificações)	29,4	29,0	28,1	29,8	29,8	29,8	29,9	27,2	26,0	24,8	23,6	22,4	21,2	20,0	18,8	18,0	17,2	16,4	15,6

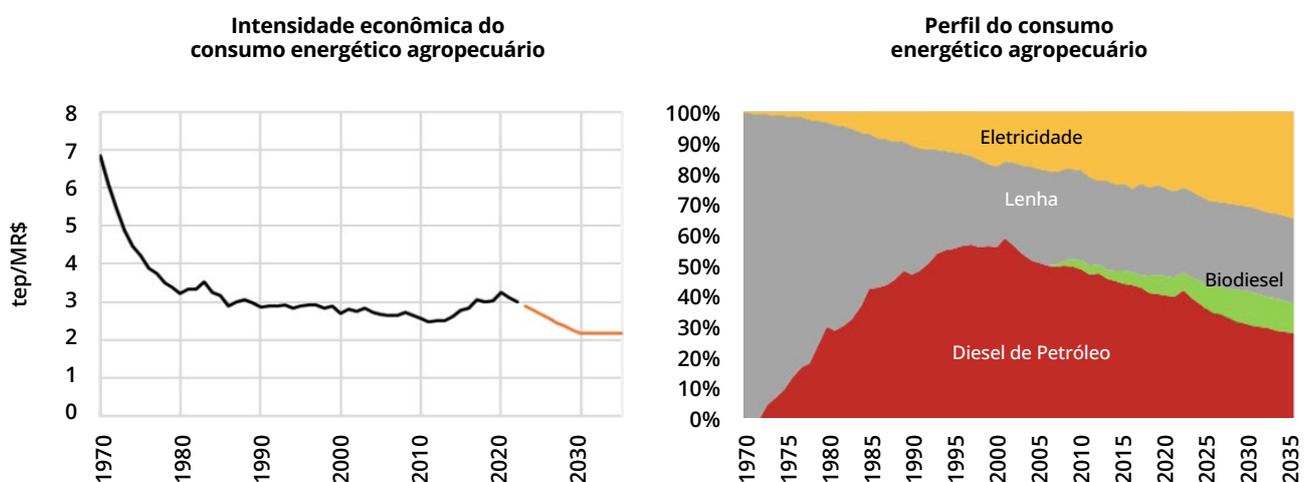


3.3.10 Agropecuária

A projeção da demanda energética na atividade agropecuária foi realizada relacionando o crescimento do PIB e as variações históricas de crescimento energético desse subsetor, conforme observado no Balanço Energético Nacional (EPE, 2023a).

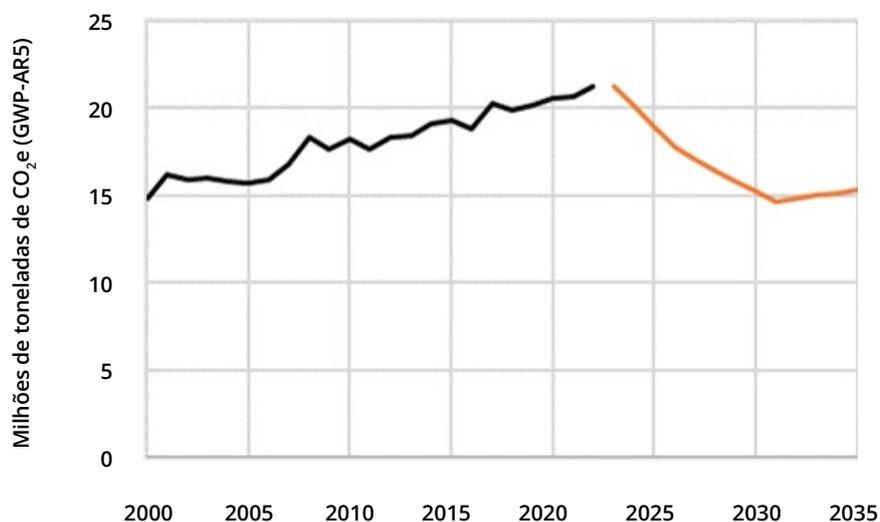
Para a construção do cenário de emissões, foram avaliadas as participações dos combustíveis utilizados, considerando a premissa do uso crescente de eletricidade, acompanhado, assim, da redução da participação do uso da lenha e do diesel. Além disso, assim como nos transportes, foi considerado o aumento na porcentagem de biodiesel, consoante com o Projeto de Lei Combustível do Futuro, segundo o qual em 2030 a parcela do biocombustível deve representar 20% do volume total da mistura de diesel. Também foi considerado um aumento de eficiência energética geral de 4% ao ano entre 2022 e 2030.

Figura 13: Histórico (1970 a 2022) e projeção (2023 a 2035) da intensidade econômica do consumo energético agropecuário e histórico (1970 a 2022) e projeção (2023 a 2035) do perfil do consumo energético agropecuário (% baseada em tep)



Com as premissas estabelecidas, o setor de agropecuária, responsável por 21,2 MtCO₂e emitidas em 2022, passará a emitir 15,3 MtCO₂e em 2035, representando uma redução de aproximadamente 28% das emissões no setor, conforme é possível observar na figura abaixo.

Figura 14: Histórico (2000 a 2022) e projeção (2023 a 2035) das emissões da agropecuária dentro do setor de Energia



Quadro 14: Estimativas históricas (2005, 2010, 2015 e 2020 a 2022) e projeções (2023 a 2035) das emissões, em milhões de toneladas de CO₂e no setor de agropecuária

	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Total (Agropecuária)	15,7	18,2	19,3	20,5	20,6	21,2	21,2	20,2	18,9	17,7	17,1	16,4	15,8	15,2	14,7	14,8	15,0	15,1	15,3

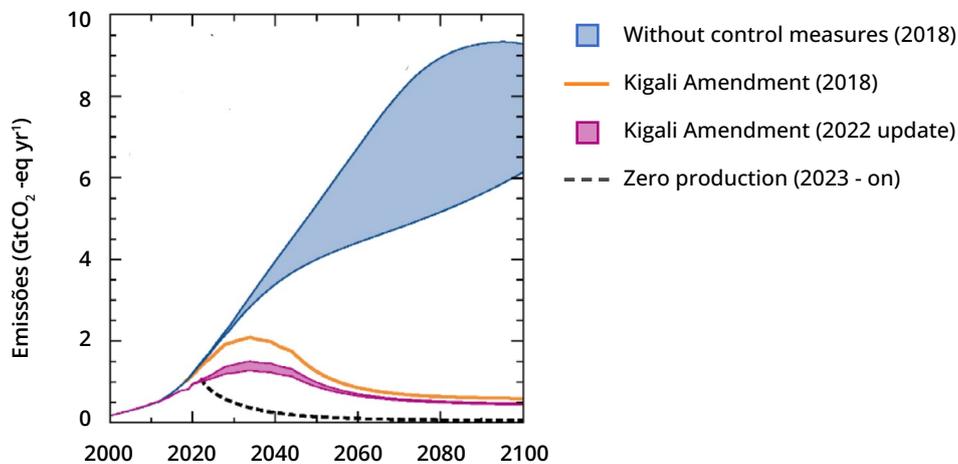
3.3.11 Produção e uso de HFCs

Os hidrofluorcarbonetos (HFCs) são gases, amplamente utilizados em refrigeração, com potenciais de aquecimento do planeta muito maiores que o CO₂. Para a projeção das emissões de HFCs, foi adotado um método simplificado em relação àquele adotado para estimar as emissões históricas no Inventário Nacional e no SEEG, devido à ausência de dados disponíveis para replicar o método, principalmente a falta de informações históricas sobre a importação desses gases. Isso impossibilitou uma avaliação completa do tipo *bottom-up*. Desse modo, para a construção do presente cenário, a partir dos valores históricos brasileiros e do total global, estimou-se a tendência de participação do Brasil nessas emissões no futuro. Então, utilizaram-se as projeções globais de emissões referentes ao uso desses gases oriundas da OMM (Organização Meteorológica Mundial) e da Noaa (*National Oceanic and Atmospheric Administration*), considerando o atendimento da emenda de Kigali (figura 3.3.10.1).

A emenda de Kigali, assinada pelo Brasil e outros países em 2016, estabelece metas graduais de redução na importação de HFCs até 2045. Nos anos iniciais, as metas são mais conservadoras, evoluindo progressivamente até alcançar uma redução de cerca de 85% até 2045 (BRASIL, 2023; REDE KIGALI, 2023).

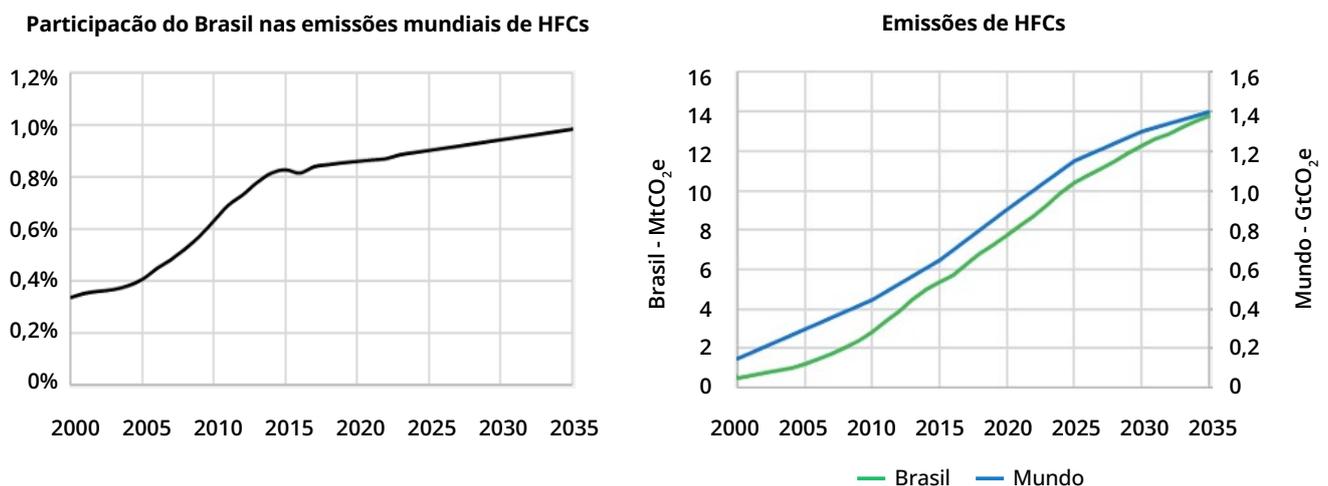


Figura 15: Histórico (2000 a 2021) e projeção (2022 a 2050) das emissões, em milhões de toneladas de CO₂e, referentes ao uso mundial de HCFs (OMM, 2022)



Utilizando esses dados mundiais projetados, foi aplicada a tendência futura de participação brasileira no total global a ser emitido anualmente, considerando dados históricos entre 2015 e 2020 (figura 3.3.10.2). Assim, projeta-se que o Brasil será responsável por cerca de 1% das emissões totais pelo uso de HCFs até 2035.

Figura 16: Histórico (2000 a 2021) e projeção (2022 a 2035) da participação do Brasil nas emissões mundiais de HCFs; e histórico (2000 a 2021) e projeção (2022 a 2035) da emissões, em milhões de toneladas de CO₂e, referentes ao uso mundial e brasileiro de HCFs



Conforme as projeções elaboradas pela OMM (2022), mesmo com as medidas de Kigali, o modelo indica um crescimento mundial das emissões até 2035, seguido por uma redução mais significativa nos anos posteriores. Assim, para a atividade geral de "Produção e uso de HCFs", a tabela a seguir apresenta os resultados de emissões de CO₂e obtidos. No Brasil, o cenário estima que as emissões totais no consumo desses gases chegarão a quase 14 MtCO₂e em 2035.

Quadro 15: Estimativas históricas (2005, 2010, 2015 e 2020 a 2022) e projeções (2023 a 2035) das emissões, em milhões de toneladas de CO₂e, de produção e uso de HFCs

	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Total (Produção e uso de HFCs)	1,2	2,8	5,4	7,8	8,2	8,7	9,3	9,9	10,4	10,8	11,1	11,5	11,9	12,3	12,6	12,9	13,2	13,5	13,8

3.4. Agropecuária

O setor agropecuário foi responsável por 27% das emissões de GEE geradas pelo Brasil em 2022, conforme estimado pela última coleção do SEEG, divulgada no final de 2023. Essas emissões são provenientes das atividades da produção da atividade de pecuária e da agricultura, contabilizando as emissões de metano, óxido nitroso e dióxido de carbono, resultantes da fermentação entérica, manejo de dejetos dos animais, cultivo de arroz irrigado, queima de resíduos da cana-de-açúcar e da forma de como os solos agrícolas são manejados.

A transformação da agricultura e dos sistemas alimentares representa uma oportunidade única para mitigação, adaptação, resiliência, segurança alimentar e nutricional, bem como meios de subsistência. O Brasil deve priorizar abordagens com alto potencial de mitigação e adaptação, como a transição do uso de combustíveis fósseis nos sistemas alimentares e a transição para a mitigação das emissões da agricultura, ampliando a produção de alimentos pela agricultura familiar, orgânica e de base ecológica, conservando e restaurando ecossistemas.

Dado esse cenário e o peso do agronegócio no contexto socioeconômico brasileiro, o Estado precisa adotar medidas concretas para promover a agricultura e pecuária de baixo carbono e avaliar os custos ocultos do atual modelo de produção e consumo. Em primeiro lugar, é necessária uma revisão dos subsídios, dando prioridade aos pequenos produtores, à agricultura familiar e às iniciativas de redução de emissões. Sobretudo é preciso redirecionar os subsídios às commodities agrícolas em geral para agricultura em áreas com presença de algum nível de degradação.

Os recursos do Plano Safra devem ser repassados, na medida do possível, exclusivamente para ações e iniciativas de baixo carbono, visando um equilíbrio no acesso aos recursos entre a agricultura familiar e o agronegócio. O [Plano Safra 2024/2025](#) foi lançado com um financiamento de R\$ 400,59 bilhões, um valor 10% maior do que o Plano Safra anterior. Porém, o valor destinado ao Renovagro (novo nome do Programa ABC) foi de R\$ 7,68 bilhões, o que equivale a menos de 2% do montante total.

As normas atuais do Plano Safra precisam mudar para que ele se torne um programa de financiamento de iniciativas de agricultura de baixo carbono. Até 2030, todo crédito rural destinado a custeio (plantio) e transição (recuperação de áreas) precisa estar atrelado ao Plano ABC+ (especialmente com aumento das áreas de recuperação de pastagens, sistemas integrados e agroflorestais). Da mesma forma, o financiamento de equipamentos e infraestrutura para a agricultura pode ser feito com foco na redução



de emissões. A Linha ModerFrota, do Plano Safra, deve ter um plano para focar em veículos elétricos ou com emissão reduzida.

Devem ser estabelecidas linhas robustas de crédito rural que incluam a obrigatoriedade de redução de emissões de gases de efeito estufa e controle rigoroso do desmatamento, em todos os biomas, incluindo a integração de bases de dados (Ibama, órgãos estaduais de Meio Ambiente, Serviço Florestal Brasileiro e Banco Central) para detectar ilegalidades e impedir que linhas de crédito público sejam utilizados para alimentar a destruição de florestas e biomas.

Também é preciso capacitar técnicos e instituições financeiras para facilitar o acesso aos recursos. As regras atuais dificultam o acesso para a agricultura familiar, sendo que a valorização e fortalecimento da agricultura familiar devem figurar como prioridades. Equivalências entre programas como o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) e o Renovagro são essenciais para garantir o acesso equitativo aos recursos.

É essencial que os sistemas de financiamento sejam mais transparentes, especialmente o do Banco Central. Devem ser implementados campos obrigatórios sobre ganhos de redução de emissões, que possam ser disponibilizados para toda a sociedade e ofereçam maior transparência de como os sistemas de financiamento estão apoiando o alcance das metas. O Plano Safra também deve disponibilizar o detalhamento de seus recursos para que se possa fazer um monitoramento do que está sendo financiado.

Em paralelo, precisam acontecer outras ações que estimulem a redução de emissões e o uso sustentável de recursos, como a eliminação da queima de resíduos agrícolas, o investimento em tecnologias como abate precoce (via uma política nacional para redução da idade de abate de bovinos para 24 meses), a agricultura de precisão e o uso de técnicas de conservação de solo. A diminuição da dependência de agrotóxicos e o fomento ao uso de bioinsumos também minimizaria o impacto ambiental das atividades agropecuárias. Até 2035, é ideal que haja um aumento expressivo no mercado de bioinsumos, conectado com a diminuição do uso de agrotóxicos e fontes sintéticas de fertilizantes. Ainda, deve-se ampliar os subsídios para produtos que reduzem a fermentação entérica, ampliando-se as políticas direcionadas a sistemas diversificados de produção como ILPF e SAF para melhorar os sistemas produtivos sustentáveis, garantir a segurança alimentar e reduzir a aplicação de agroquímicos e adubos sintéticos.

Na COP26, em Glasgow, o Brasil assinou o Compromisso Global do Metano, que pretende reduzir em 30% as emissões desse gás até 2030. O metano (CH_4) é o segundo maior responsável pelo aquecimento global. Cada molécula desse gás esquenta o planeta 28 vezes mais do que uma molécula de dióxido de carbono (CO_2) num prazo de cem anos. Em 20 anos, esse potencial de aquecimento é ainda maior: 80 vezes. O Brasil tem condições de adotar para si uma meta de corte de 36%, conforme indica [cálculo](#) elaborado pelo SEEG/Observatório do Clima, indicando portanto que, o governo deveria adotar essa meta mais ambiciosa. Até 2035, essa redução deve ser ainda mais expressiva, apresentando um monitoramento robusto da redução dessas emissões.

Além desses pontos, é preciso abordar a questão da recuperação de áreas degradadas. No final de 2023, o Governo Federal instituiu o Programa Nacional de Conversão de Pastagens Degradadas em Sistemas de Produção Agropecuários e Florestais Sustentáveis (PNCPD), que tem como objetivo a recuperação de até 40 milhões de hectares de pastagens de baixa produtividade e sua conversão em áreas agricultáveis em dez anos.

Por fim, o governo precisa estabelecer uma Política Nacional de Rastreabilidade, integrando os sistemas públicos e privados de rastreabilidade, definindo metas claras para garantir a rastreabilidade de todas as commodities agrícolas e aprimorando, até 2025, o monitoramento das cadeias produtivas previstos no âmbito do PPCDAm e PPCerrado.

> SISTEMAS ALIMENTARES E DIETAS DE BAIXA EMISSÃO

As políticas climáticas do Brasil devem incluir ações destinadas a reduzir a demanda por alimentos cuja produção resulte em altas emissões de gases de efeito estufa. É recomendável, ainda, que o governo brasileiro estabeleça uma rede nacional de pesquisa para avaliar os custos ocultos do sistema alimentar e que esse processo, incluindo critérios de justiça climática e equidade, possa então criar subsídios para avaliar caminhos de transição e a redução da demanda por alimentos cuja produção resulta em altas emissões de gases de efeito estufa, especialmente produtos de origem animal.

O país deve considerar, também:

- Revisar diretrizes dietéticas de acordo com a saúde humana e planetária, inclusive por meio de orientações quantitativas de acordo com as recomendações da Comissão EAT-Lancet sobre Alimento, Planeta e Saúde;
- Avaliar e realinhar os subsídios agrícolas para apoiar mudanças em direção a dietas saudáveis e sustentáveis;
- Promover a sensibilização do público para a importância de dietas saudáveis e sustentáveis (particularmente, de aumentar o consumo de frutas frescas, verduras e leguminosas e de reduzir o consumo de produtos de origem animal) por meio da incorporação do tema em currículos escolares e de campanhas de conscientização pública;
- Promover alternativas vegetais aos produtos de origem animal por meio do aumento dos investimentos públicos em pesquisa e desenvolvimento, assim como da criação de políticas públicas de estímulo para o setor que contemplem benefícios fiscais, financeiros e creditícios;



- Atualizar as diretrizes do PNAE para promover a oferta de leguminosas como alternativas proteicas vegetais;
- Introduzir incentivos fiscais para alinhar o consumo com dietas saudáveis e sustentáveis, incluindo medidas relativas a tributos e crédito;
- Aumentar o investimento na redução do desperdício alimentar, especialmente de alimentos intensivos em recursos naturais, como os alimentos de origem animal.

As medidas descritas anteriormente estão integralmente alinhadas com os compromissos assumidos no Brasil durante a COP28, como co-líder da Aliança dos Campeões para a Transformação dos Sistemas Alimentares e signatário da Declaração dos Emirados Árabes Unidos sobre Agricultura Sustentável, Sistema Alimentar Resiliente e Ação Climática).

3.4.1. Mitigação das emissões da agropecuária

A metodologia empregada para projetar as emissões do setor de agropecuária até o ano de 2035 baseia-se, assim como o SEEG, no 4º Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de gases de efeito estufa (MCTI, 2020a), o qual utiliza as bases metodológicas e diretrizes para inventários nacionais desenvolvidas pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2006, 2019). Para tanto, são projetados os dados de atividade.

Assim, as emissões projetadas no setor resultam de todas as atividades e fontes emissoras relacionadas com a produção pecuária e agrícola do país. Essas emissões foram estimadas de acordo com os cálculos previstos para os subsetores de i) Fermentação Entérica (MCTI, 2020b), com emissões provenientes do processo de digestão realizado pelos rebanhos de animais ruminantes; ii) Manejo de Dejetos Animais (MCTI, 2020c), resultante do tratamento e disposição que os dejetos animais recebem; iii) Cultivo de Arroz (MCTI, 2020d), referente ao cultivo de arroz sob o regime irrigado; iv) Queima de Resíduos Agrícolas (MCTI, 2020e), referente à queima dos resíduos agrícolas do cultivo de cana-de-açúcar e algodão, e por último; v) Solos Manejados, Calagem e Aplicação de Ureia (MCTI, 2020f), que considera o incremento de nitrogênio via utilização de insumos e forma de manejo dos solos em que são praticados a atividade de agricultura.

Além das emissões provenientes da produção agropecuária, no setor também são contabilizadas as emissões e remoções de carbono provenientes dos solos manejados. O atual Inventário Nacional ainda não contabiliza essas fontes de emissão e remoção pelo solo, portanto esse balanço das emissões do setor ainda não é reportado nos dados oficiais. **Assim, buscando contabilizar essas fontes para o balanço de emissões do setor, o SEEG replica a metodologia do Inventário Nacional e adiciona de forma complementar as estimativas das emissões e remoções pelo solo.**

Todos os dados de atividade coletados e utilizados para estimar as emissões de gases de efeito estufa até o ano de 2022 do setor de agropecuária seguiram a mesma metodologia do 4º Inventário Nacional (MCTI, 2020a). Para os demais anos, até 2035, foi necessário realizar o levantamento de dados já projetados e esperados para a produção do setor, juntamente com a realização de projeções para os dados que não possuem estimativas feitas.

Segundo as projeções do MAPA, até o ano safra 2032/2033, espera-se que o setor alcance novos recordes de crescimento. Em relação à atividade de agricultura, para o setor de grãos é esperada uma produção de 389,4 milhões de toneladas de grãos, alcançando uma área total plantada de 92,3 milhões de hectares, representando um aumento de cerca de 24,1% e 19,1%, respectivamente. Já a área total de agricultura deve alcançar 105,8 milhões de hectares, correspondente ao aumento de cerca de 11,3% em relação ao ano safra 2022/23. Destacam-se a produção de soja e milho, alcançando uma produção de 189,7 milhões de toneladas (2,4%) e de 159,8 milhões de toneladas (2,6%), juntamente com o aumento da área plantada, alcançando 55,9 milhões de hectares (2,4%) e 25,7 milhões de hectares (1,5%), respectivamente. Também se projeta o aumento da produção e área plantada de cana-de-açúcar, apresentando o total de 717,9 milhões de toneladas (1,9%) e uma área total de 9,6 milhões de hectares (1,5%). Já as culturas de arroz e feijão apresentam redução de produção e área plantada.

A produção de carnes pela bovinocultura de corte, suinocultura e a avicultura, deverá aumentar cerca de 6,6 milhões de toneladas em comparação com o ano safra 2022/23, representando aumento de 22,4% do total produzido de proteína animal. Para a carne bovina, espera-se alcançar a produção de 10,2 milhões de toneladas, representando aumento de 12,4% ao longo da próxima década. Já as carnes de frango e suína deverão apresentar aumentos de 28,1% e de 23,2%, respectivamente, sendo as fontes de proteína que indicam maior crescimento para os próximos anos. A produção de leite deverá aumentar cerca de 18,5%, partindo de uma produção de 34,2 milhões de litros para 40,5 milhões de litros. Para todos esses produtos da agropecuária, projeta-se aumento do consumo nacional, sendo de 0,4%, 2,2%, 2,2% e de 1,7%, para as carnes bovina, de frango, suína e de leite, respectivamente (MAPA, 2023).

Para projetar as emissões de gases de efeito estufa até o ano de 2035, foram utilizados os dados de atividade – a quantidade produzida e área plantada – dos principais produtos do setor, publicados pelas Projeções do Agronegócio Brasil (2022/23 a 2032/33), estudo realizado pelo Ministério da Agricultura (MAPA) que indica as tendências futuras e trajetórias possíveis de produção e área empregada pelos principais produtos do setor para a próxima década (MAPA, 2023).

Para o período entre os anos safra 2022/2023 e 2032/2033, foram utilizados os valores reportados pelo MAPA sobre a área plantada, produção agrícola e pecuária, com base nas taxas de crescimento ou decréscimo médio anual. Essas mesmas taxas foram utilizadas para os dados de atividade para os anos de 2034 e 2035 (MAPA, 2023).

Para todos os demais produtos agrícolas sem projeções do MAPA (por exemplo: aveia e tomate), os dados sobre a área plantada e produção foram estimados com base nas taxas médias de aumento ou



decréscimo anual entre os anos de 2012 e 2022, a partir dos dados da Pesquisa Agrícola Municipal (PAM) do IBGE (IBGE, 2023a). O mesmo foi realizado para os dados referentes à atividade de pecuária, com base nos dados da Pesquisa Pecuária Municipal (PPM) do IBGE (IBGE, 2023b).

3.4.2. Dados de atividade de agricultura e insumos agropecuários

A seguir, encontra-se o detalhamento de como foram estimados os demais dados de atividade, necessários para o cálculo das emissões da atividade de agricultura do setor:

- Para os dados de produção e área plantada de arroz, feijão, milho, soja, cana-de-açúcar, açúcar, algodão em pluma, fumo, batata-inglesa, mandioca e melão foram usados os valores projetados entre os anos safra 2022/2023 e 2032/2033, sendo utilizadas as mesmas taxas médias de crescimento ou decréscimo de área plantada e produção até o ano de 2035 (MAPA, 2023). Em seguida, os valores totais estimados foram alocados por cada UF de acordo com a porcentagem de participação apresentado no ano de 2022, com base nos dados da PAM (IBGE, 2023a);
- Para todos os demais produtos agrícolas foi realizado o cálculo das taxas de crescimento ou decréscimo médio anual da produção e área plantada, estimado com base nos dados dos últimos dez anos (2012-2022) de cada UF. Os dados referentes à área colhida de cada cultura foram estimados com base na sua proporção em relação a área plantada para o ano de 2022, sendo usada essa proporção até o ano de 2035 sobre a área plantada projetada (IBGE, 2023a);
- A área de produção de arroz sob regime irrigado foi estimada com base na proporção entre os dados de arroz irrigado e arroz total (considerando sequeiro e irrigado). Essa proporção foi obtida dividindo os dados de arroz irrigado do estado do Rio Grande do Sul (IRGA, 2023) e para os demais estados (EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 2023), pelos dados de arroz total do ano de 2022 (IBGE, 2023a). Ao final, essas proporções foram aplicadas aos valores obtidos com base nos valores projetados entre os anos safra 2022/2023 e 2032/2033, sendo utilizadas as mesmas taxas médias de crescimento ou decréscimo de área plantada e produção até o ano de 2035 (MAPA, 2023);
- Para a projeção dos dados de produção de etanol foram utilizados os mesmos valores estimados para o setor de Energia (ver seção 3.1);
- O consumo total de fertilizantes sintéticos nitrogenados foi obtido com base nos valores reportados pelas estatísticas do setor, que indica possíveis demandas de fertilizantes até 2050, sendo utilizado o valor de 65,1 milhões de toneladas até 2050 (MAPA, 2022). Os valores projetados do consumo em toneladas para os anos de 2030, 2040 e 2050 foram multiplicados por 13,9%, que segundo a Anda foi o quanto de nitrogênio (N₂) havia na

composição média consumida em 2022. Logo em seguida, foram usadas as proporções estaduais de 2022 para obter a quantidade no nível de UF;

- O consumo de calcário agrícola foi obtido por meio do Plano Nacional de Mineração 2030, o qual traz o valor estimado para o ano de 2030 de calcário agrícola, sendo que a taxa de aumento entre 2022 e o valor projetado para 2030 foi utilizada para se projetar até 2035, resultando em uma adição anual de cerca de 4,6 milhões de toneladas de calcário agrícola anuais (MME, 2011);
- A porcentagem de área plantada em que ainda ocorre a queima dos resíduos de cana-de-açúcar foi estimada com base na taxa anual de aumento ou redução dos últimos 10 anos (2012-2022) de cada UF, sendo os dados da Conab (2023);
- A área de solos orgânicos foi mantida como constante, partindo do total indicado pelo método para o setor de agropecuária do 4º Inventário Nacional (MCTI, 2020f);
- Para o cálculo da remoção de carbono orgânico pelo solo pelas áreas de agricultura com adoção de práticas de Sistema Plantio Direto (SPD) e para a emissão pelas áreas sob Plantio Convencional, foi realizado o desconto das áreas plantadas das culturas que são produzidas por 2º safra (milho, feijão, amendoim e batata-inglesa) e por 3º safra (feijão e batata-inglesa), de acordo com os dados da PAM (IBGE, 2023a).

3.4.3. Dados de atividade de pecuária

A seguir, encontra-se o detalhamento de como foram estimados os demais dados de atividade, necessários para o cálculo das emissões da atividade de pecuária do setor:

- Para os dados sobre produção de carne bovina e leite foram usados os valores projetados entre os anos safra 2022/2023 e 2032/2033, sendo utilizadas as mesmas taxas médias de crescimento da produção até o ano de 2035 (MAPA, 2023). Em seguida, os valores totais estimados foram alocados por cada UF de acordo com a porcentagem de participação apresentado no ano de 2022, agrupados com base nos dados da Pesquisa Trimestral de Abates de Animais (PTAA) (IBGE, 2023c) e pela Pesquisa Pecuária Municipal (PPM), respectivamente, para carne e leite (IBGE, 2023b);
- O rebanho de bovinos total do país foi estimado com base na taxa média anual de aumento dos últimos dez anos (2012-2022) de cada UF, com base nos dados de rebanho da PPM (IBGE, 2023b);
- Para o rebanho de bovinos confinados foi adotado o rebanho de 10,3 milhões de animais em confinamento em 2030 (COE., et al 2015). Em seguida a taxa média de aumento



anual foi estimada e aplicada até o ano de 2035, com base nos dados de 2022 existentes para o rebanho de gado confinado;

- O rebanho de vacas leiteiras foi estimado com base na taxa de aumento médio anual de produção de leite por vaca dos últimos dez anos (2012-2022) de cada UF, com base em dados da PPM (IBGE, 2023a). Em seguida, essa taxa foi aplicada até o ano de 2035, com esses dados sendo multiplicados pela produção de leite projetada entre os anos safra 2022/2023 e 2032/2033 e estendido até 2035 (MAPA, 2023);
- Para os abates de gado de corte foi utilizado rendimento médio por carcaça por animal abatido, sendo utilizado o rendimento do 2022 (263 kg de carcaça/animal), esse rendimento foi utilizado para dividir a produção projetada de carne bovina, sendo que para cada UF, o valor total foi alocado de acordo com a sua participação relativa em 2022 (IBGE, 2023c);
- Para a área de pastagem e seus respectivos níveis de vigor (baixo, médio e alto), os dados foram obtidos com base na coleção 8 do MapBiomás. Para o período até 2035, as áreas e o nível de vigor foram projetados com base nas seguintes etapas de cálculo: i) cálculo da lotação por área (animais/ha) para cada estado entre os anos de 2000 e 2022, pela divisão do rebanho de gado de corte pela área de pasto; ii) projeção da lotação animal por área até o ano de 2035 com base na taxa média de crescimento ou decréscimo anual de cada estado entre 2000 e 2022; iii) cálculo da estimativa da área total de pasto de cada estado, por meio da divisão do rebanho de gado de corte pela projeção da lotação animal por área; iv) em seguida, foi estimado linearmente, com base na tendência de comportamento entre os anos de 2000 e 2022, as porcentagens das áreas classificadas entre os tipos de vigor; e v) cálculo da área de pastagem por tipo de vigor pela multiplicação das porcentagens de participação de cada classe de vigor pela área total de pasto obtida até 2035;
- Para os rebanhos totais de suínos, bubalinos, equinos, caprinos, ovinos, galináceos (total), galináceos (galinhas), codornas, muares e asininos foi usada a taxa anual de crescimento ou decréscimo resultante dos últimos 10 anos (2012-2022), com a alocação no nível UF sendo feita a partir da participação relativa de cada UF no ano de 2022 (IBGE, 2023b);
- O rebanho de suínos matrizes foi estimado com base na participação relativa diante o rebanho de suínos total para o ano de 2022, com a alocação no nível UF sendo feita a partir da participação relativa de cada UF no ano de 2022 (IBGE, 2023b).

3.4.4. Balanço de emissões de Gases Efeito Estufa

A tendência de aumento da produção e da área da atividade agropecuária indica aumento das emissões pelo setor e, embora sejam obtidos aumento na eficiência da produção de várias culturas agrícolas e pecuária, ainda assim a tendência para o setor agropecuário no Brasil será de alta nos gases de efeito estufa até 2035.

Ao mesmo tempo, o setor agropecuário possui em suas práticas e tecnologias de baixa emissão e na conservação do solo um grande potencial em remover dióxido de carbono (CO₂), assim como apresenta estratégias de redução de emissões de metano e demais gases. O fomento e a implementação desses conjuntos de sistemas, práticas e tecnologias de baixas emissões devem ser amplamente adotados e escalonados em todos os contextos de produção agropecuária, contribuindo para a mitigação do setor, assim como na garantia de sistemas mais produtivos, sustentáveis e resilientes frente aos impactos na produção das mudanças climáticas (MAPA, 2021).

O principal sumidouro do setor é o solo, que, dependendo do seu tipo de manejo e uso, pode emitir ou remover CO₂ da atmosfera. As remoções e emissões pela forma de como os solos agrícolas são manejados ainda não são reportadas pelo atual inventário nacional, demandando a superação do desafio de obter os dados das práticas utilizadas nas áreas produtivas, juntamente com a aplicação mais precisa e representativa dos fatores de emissão e remoção para a realização desse cálculo, assim como dos fatores ligados ao aspecto de permanência deste estoque de carbono ao longo dos anos (IPCC, 2006).

Justamente pela sua importância no balanço de emissões e remoções do setor, apresentando contribuições para o cumprimento da NDC Brasileira, o presente exercício estima essa contribuição dos solos para mitigação das emissões do setor e as principais práticas adotadas e possíveis de serem escaladas para esse fim. Além disso, foram estimadas as contribuições que a redução de emissões de gases-estufa (GEE) podem gerar ao se promover práticas e tecnologias menos emissoras das usualmente empregadas.

Assim, foram estimadas as emissões líquidas do setor até 2035, contabilizando-se quatro componentes: i) as emissões tendenciais GEE da produção agropecuária, ii) as emissões de carbono pelo solo, iii) as remoções de carbono pelo solo e iv) as reduções de emissões pela adoção de práticas e tecnologias de baixas emissões. Para as emissões de carbono pelo solo foram contabilizadas áreas de pastagens com sinais de perda de vigor, sendo consideradas como elementos para a degradação dos solos, assim como as áreas de cultivo agrícola que são manejadas sob sistema convencional de cultivo. As remoções de carbono pelo solo foram contabilizadas a partir das áreas com recuperação de pastagem degradadas e bem manejadas (alto vigor), com sistemas integrados de ILPF (integração Lavoura-Pecuária-Floresta) e SAF (Sistemas Agroflorestais), pelas áreas de cultivo agrícola manejadas sob práticas do Sistema Plantio Direto (SPD) e pelas áreas de Florestas Plantadas (FP). As reduções de emissões contabilizaram a Terminação Intensiva (TI) do gado de corte, a melhoria do manejo do



tratamento dos dejetos animais da produção pecuária (TDA) e o uso de Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN).

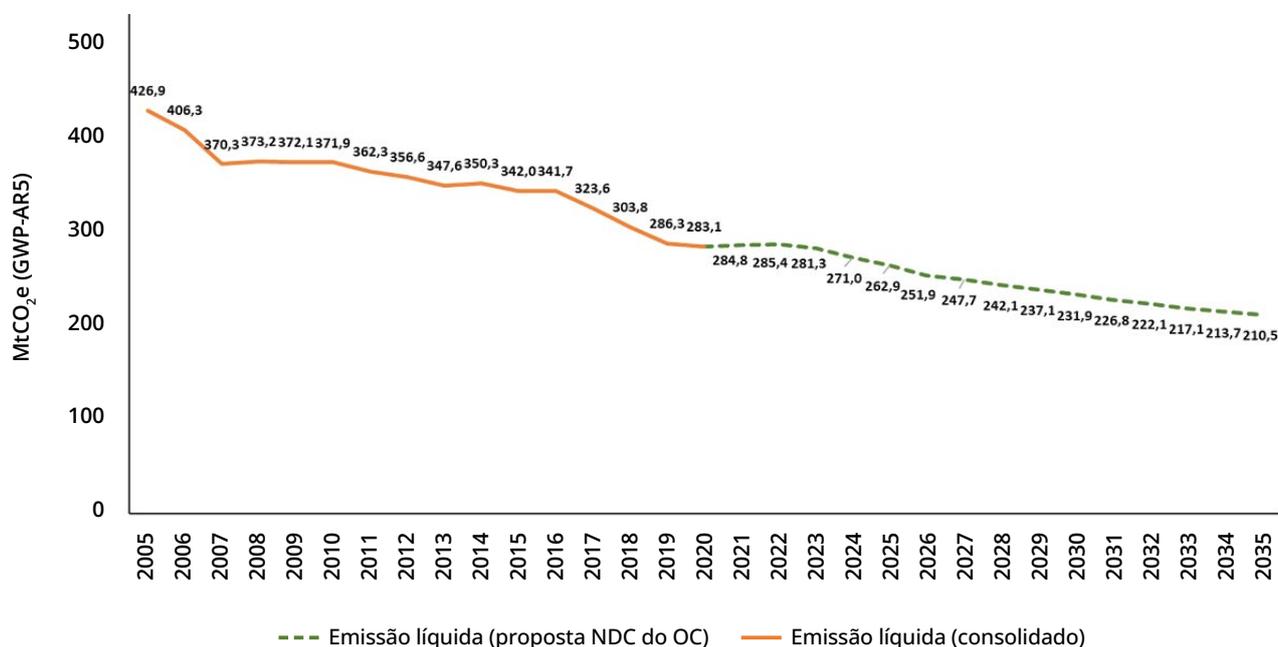
Dessa forma, a trajetória proposta para o setor agropecuário até 2035 é de redução de emissões líquidas de 25,7% em relação ao ano de 2020, chegando a 210,5 MtCO₂e líquidos em 2035 (Quadro 16). Essas emissões líquidas compreendem a soma das emissões de pelos subsetores, das emissões de carbono pelo solo, das remoções de carbono pelo solo e das reduções de emissões por TI e TDA.

Quadro 16: Trajetória de emissões, remoções e redução de GEE do setor Agropecuário entre 2020 e 2035

Ano	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Setor Agropecuário	MtCO₂e (GWP-AR5)															
Emissões Líquidas de GEE	283,1	284,8	285,4	281,3	271,0	262,9	251,9	247,7	242,1	237,1	231,9	226,8	222,1	217,1	213,7	210,5
Emissões de GEE - Total	576,3	598,1	616,9	630,9	639,3	650,0	658,7	669,7	679,2	689,4	699,4	709,3	719,6	729,6	740,6	751,6
Fermentação Entérica	372,0	382,5	398,4	404,5	409,6	414,7	419,9	425,2	430,5	435,9	441,3	446,8	452,3	457,8	463,4	469,0
Manejo de Dejetos Animais	27,3	28,0	28,9	29,4	29,9	30,4	30,9	31,4	32,0	32,5	33,1	33,6	34,2	34,8	35,4	36,1
Solos Maneajidos	166,3	176,6	178,8	187,1	190,5	196,0	199,6	205,3	209,6	214,5	219,0	223,5	228,3	232,8	237,6	242,4
Cultivo de Arroz	10,4	10,6	10,5	9,7	9,0	8,6	8,0	7,4	6,8	6,3	5,7	5,1	4,5	3,9	3,9	3,9
Queima de Resíduos Agrícolas	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Emissões de Carbono pelo Solo - Total	82,4	76,7	71,4	66,1	60,4	54,4	47,6	45,4	43,1	40,9	38,7	36,4	34,2	32,0	30,4	28,9
Pastagens Baixo Vigor	33,3	28,0	21,9	15,5	10,2	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pastagens Médio Vigor	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,6	7,1	6,6	6,2	5,7	5,2	4,8	4,3	3,8	3,2
Lavoura sob Plantio Convencional	41,6	41,3	42,0	43,2	42,7	41,5	40,0	38,3	36,5	34,8	33,0	31,2	29,4	27,7	26,7	25,7
Remoções de Carbono pelo Solo - Total	-375,7	-388,1	-400,5	-412,9	-425,3	-437,7	-450,1	-462,5	-474,9	-487,3	-499,8	-512,2	-524,6	-537,0	-549,4	-561,8
Pastagens Alto Vigor	-138,7	-142,0	-145,4	-148,8	-152,1	-155,5	-158,8	-162,2	-165,5	-168,9	-172,3	-175,6	-179,0	-182,3	-185,7	-189,1
Integração Lavoura-Pecuária-Floresta	-96,0	-102,6	-109,2	-115,8	-122,4	-129,0	-135,6	-142,2	-148,8	-155,4	-162,0	-168,6	-175,2	-181,8	-188,4	-195,1
Sistemas Agroflorestais	-109,1	-109,6	-110,1	-110,6	-111,1	-111,6	-112,0	-112,5	-113,0	-113,5	-114,0	-114,5	-115,0	-115,5	-116,0	-116,4
Florestas Plantadas	-6,9	-7,1	-7,4	-7,7	-8,0	-8,2	-8,5	-8,8	-9,0	-9,3	-9,6	-9,8	-10,1	-10,4	-10,6	-10,9
Lavoura sob Sistema Plantio Direto	-25,0	-26,7	-28,4	-30,1	-31,8	-33,5	-35,2	-36,8	-38,5	-40,2	-41,9	-43,6	-45,3	-47,0	-48,7	-50,3
Emissões de GEE reduzidas/evitadas - Total	0,0	2,0	2,4	2,9	3,3	3,8	4,3	4,8	5,3	5,9	6,4	6,8	7,1	7,5	7,9	8,3
Terminação Intensiva	0,0	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Tratamento de Dejetos Animais	0,0	1,6	2,1	2,6	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,1	6,5	6,8	7,2	7,6	8,0
Fixação Biológica de Nitrogênio*	66,2	69,5	73,0	77,8	80,7	83,1	85,3	87,3	89,2	91,2	93,1	95,1	97,0	99,0	101,4	103,8

Observação: os valores históricos das emissões e remoções de carbono pelo solo estimadas para o setor de agropecuária no presente exercício diferem das encontradas na plataforma do SEEG (Coleção 11), devido à atualização de fatores de emissão e remoção, junto com a inclusão das remoções de CO₂ das áreas com Sistemas Agroflorestais (SAF) e as estimativas das reduções de emissões possíveis. Atualmente essas fontes de emissões e remoções não são contabilizadas no 4º Inventário Nacional (MCTI, 2020a), sendo denominadas como emissões e remoções NCI (Não Contabilizadas no Inventário) na plataforma do SEEG (Coleção 11).

*A mitigação promovida por Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) é uma emissão evitada por não haver o uso de fertilizantes sintéticos nitrogenados, assim as emissões evitadas apresentadas na tabela seriam aqueles que aconteceriam caso não houvesse a aplicação dessa ação.

Figura 17: Emissões líquidas de gases de efeito estufa no setor agropecuário entre 2020 e 2035.

Assim, considerando a expansão da adoção de sistemas produtivos, práticas e tecnologias de baixas emissões e alta capacidade em remover carbono, e considerando que a expansão da área destinada para a agropecuária ocorrerá sobre as áreas atualmente improdutivas e com indicativos de degradação sugere-se para alcançar as emissões líquidas de 210,5 MtCO₂e em 2035 os seguintes compromissos para o setor:

- A recuperação de 22,5 milhões de hectares de solos com indicativos de degradação;
- A expansão adicional de 18 milhões de hectares de sistemas de Integração-Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF);
- A implementação de 1 milhão de hectares adicionais de Sistemas Agroflorestais (SAF);
- A expansão adicional de 5 milhões de hectares de Florestas Plantadas (FP);
- Adoção de práticas de Sistema de Plantio Direto (SPD) em 80% da área agrícola, sendo desse total pelo menos 80% com Plantio Direto (PD) e 20% com SPD completo, considerando a expansão da área plantada destinada à agricultura (aproximadamente 24,3 milhões de hectares), totalizando 35,2 milhões de hectares com adoção adicional;
- O abate de 7,5 milhões de bovinos com Terminação Intensiva (TI), terminados com adoção de confinamento, semi-confinamento e com suplementação, desde que o bem-estar animal e resiliência não sejam comprometidos;
- Para o Tratamento de Dejetos Animais (TDA), alcançar a expansão para 40,5% de uso de biodigestor em relação aos demais sistemas de manejo de dejetos animais, com a con-



versão total de lagoas anaeróbicas para biodigestores na suinocultura, totalizando a média nacional de 46,4% de adoção de biodigestor;

- Expansão adicional de 19 milhões de hectares com uso de Fixação Biológica Nitrogênio (FBN);

Além desses compromissos, existem outras estratégias e ações importantes que podem ser promovidas e expandidas ao longo do setor produtivo para contribuição na redução ou remoção das emissões de GEE. Por limitações em termos de dados de atividades e fatores de emissão/remoção, as mesmas não foram consideradas quantitativamente²⁷.

Entretanto, é importante identificar essas práticas e buscar avanços metodológicos que permitam a contabilização das mesmas, sendo estratégias na pecuária de corte e leite como melhoramento genético animal (MGA), melhoramento e manipulação da dieta animal, manipulação da fermentação ruminal pelo uso de aditivos e demais práticas e tecnologias que contribuem para a redução do período de abate dos animais e maior produção de leite. Para a pecuária de corte, essas boas práticas e a adoção de tecnologias contribuem para que os animais sejam abatidos mais precocemente, reduzindo a idade de abate e resultando na redução de emissões devido ao melhor nível de desempenho técnico, ambiental e produtivo (Gomes *et al.*, 2023).

Assim, recomenda-se fortemente que haja investimento em tecnologias que levem a redução da idade de abate dos bovinos de corte (novilho precoce), sendo essa estratégia incorporada via uma política ou plano nacional. Exemplo das práticas que resultam na redução do tempo de abate do gado de corte é o “Boi China”, no qual o rebanho abatido para a exportação de carne para a China deve atender o tempo de até 30 meses de idade até o abate, contra a média nacional estimada de 36 meses. Essa estratégia estima uma redução nas emissões de cerca de 5,8 MtCO₂e para o ano de 2022, demonstrando o potencial de adoção dessa ação em escala nacional e de mitigação²⁸.

Para a agricultura, espera-se a eliminação integral do uso de queimadas para limpeza de resíduos agrícolas da cana-de-açúcar, uso da agricultura de precisão para otimização do uso de insumos agrícolas como fertili-

²⁷ Em 2022, o SEEG publicou o relatório sobre os “Desafios e Oportunidades para Redução das Emissões de Metano no Brasil”, para o qual foi estimado o potencial de redução de metano (CH₄) em 30%, em relação ao ano de 2020, por meio da adoção de estratégias de mitigação para a atividade pecuária e agrícola. Parte dessas estratégias não possuem metas definidas por regulamentações no âmbito federal, de modo que atualmente não há metas nacionais específicas para fomentar e monitorar a adoção dessas estratégias de mitigação. Assim, para os cálculos dessa NDC, algumas das estratégias analisadas anteriormente não foram incluídas para estimar a redução de emissões de GEE do setor agropecuário.

²⁸ Considerando a emissão de GEE de 156,1 kg CO₂e/animal/mês com bases das emissões de gado de corte por fermentação entérica, manejo de dejetos animais e solos manejados da Coleção 11 do SEEG e o rebanho de gado de corte em 2022 com base nos dados da Pesquisa Pecuária Municipal (PPM) do IBGE (IBGE, 2023b). O rendimento de carcaça do por abate no país em 2022 foi de 267,5 kg carcaça/animal abatido com base nos dados da Pesquisa Trimestral de Abates de Animais (PTAA) (IBGE, 2023c). Para estimar o rendimento de carne gerado por carcaça foi considerada a conversão de cerca de 75%, com base na divisão da exportação de carne bovina da AgroStat (Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro) (MAPA, 2023) pela exportação de carcaça da CONAB (2023).

zantes e calcário. A expansão do uso de FBN e demais bioinsumos para demais culturas, em conjunto com a aplicação integral dos conceitos definidores do Sistema Plantio Direto. O quadro 17 traz os fatores de emissão e remoção utilizados nas estimativas, assim como as fontes de dados em que foram baseadas.

Quadro 17: Projeção da expansão da área e adoção das estratégias de mitigação e emissões de carbono pelo solo até 2035

	Emissão/Remoção de Carbono e Emissão de GEE Reduzida/Evitada	2020	2035	Referência	Fator de Emissão/ Remoção/ Redução/Evitado	Referência
		Mha			tCO ₂ e/ha/ano	
Emissões de Carbono pelo Solo	Pastagens Baixo Vigor	32,4	0,0	MapBiomias Col.8 (2023)	1,03	Maia et al., (2009)
	Pastagens Médio Vigor	67,8	29,4	MapBiomias Col.8 (2023)	0,11	Maia et al., (2009)
	Lavoura sob Plantio Convencional	28,4	17,5	FEBRAPDP (2018); Censo Agropecuário (2006-2017); PAM (IBGE)	1,47	Costa Junior et al., (2013)
Remoções de Carbono pelo Solo	Pastagens Alto Vigor	61,9	84,4	MapBiomias Col.8 (2023)	-2,24	Maia et al., (2009)
	Integração Lavoura-Pecuária-Floresta	17,4	35,4	Rede ILPF (2015); Polidoro et al., (2020)	-5,51*	Oliveira et al., (2024)
	Sistemas Agroflorestais	14,9	15,9	Censo Agropecuário (2006-2017)	-7,33	GHG Protocol Florestas (2020)
	Florestas Plantadas	8,5	13,5	MapBiomias Col.8 (2023)	-0,81	Lima et al., (2006)
	Lavoura sob Sistema Plantio Direto	7,0	14,0	FEBRAPDP (2018); Censo Agropecuário (2006-2017); PAM (IBGE)	-1,84	Cerri et al., (2007)
	Lavoura sob Plantio Direto	27,8	56,0	FEBRAPDP (2018); Censo Agropecuário (2006-2017); PAM (IBGE)	-0,44	Costa Junior et al., (2013)
Emissões de GEE Reduzidas/Evitadas	Terminação Intensiva	0 ¹	7,5	PPM (IBGE); PTAA (IBGE)	33,1% ⁴	Cardoso et al., (2016)
	Tratamento de Dejetos Animais	4,8% ²	51,2% ³	MCTI (2020c); MAPA (2021)	74,1 MtCO ₂ e ⁵	IPCC (2006); MCTI (2020c)
	Fixação Biológica de Nitrogênio	33,9	53,2	PAM (IBGE); ESTEVAM et al., 2022	1,95 ⁶	Sá et al., (2017)
					1,83 ⁷	MAPA (2012)



* o fator de emissão é considerando o sistema ILP, sendo o componente florestal (F) já contabilizado em Florestas Plantadas (FP)

¹ não há dados oficiais que reportam o quanto do rebanho de gado de corte foi realmente abatido com TI;

² é a porcentagem média nacional em que foi empregado biodigestor como sistema de tratamento de dejetos animais na suinocultura;

³ é a porcentagem média nacional projetada para o emprego biodigestor como sistema de tratamento de dejetos animais na suinocultura;

⁴ é a porcentagem de redução de emissões de GEE pela realização de TI no rebanho de gado de corte abatido em comparação com os que não recebem TI;

⁵ é a mitigação total acumulada esperada em milhões de toneladas de CO₂e para TDA;

⁶ é o fator de emissão calculado para a cultura da soja em que é empregado FBN;

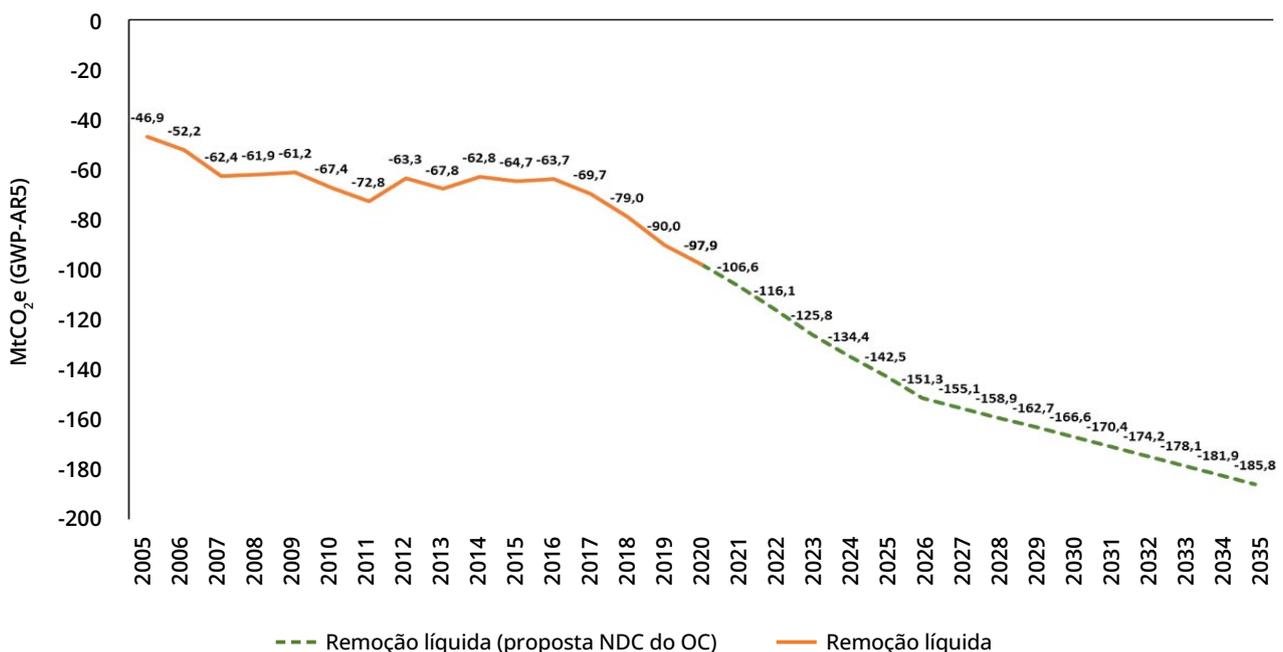
⁷ é o fator de emissão default para as demais culturas em que é empregado FBN;

3.4.5 Áreas de Pastagem

Para garantir altos níveis de produtividade animal, com a quantidade necessária de alimento para atender o volume e demanda nutricional de forma contínua, constitui-se como meta a recuperação das pastagens degradadas. Em 2022, segundo dados do MapBiomas, cerca de 38% da área de pasto no país apresentava alto vigor, totalizando 62 milhões de hectares, enquanto o restante apresentava algum nível de perda de vigor (62%), com cerca de 100 milhões de hectares.

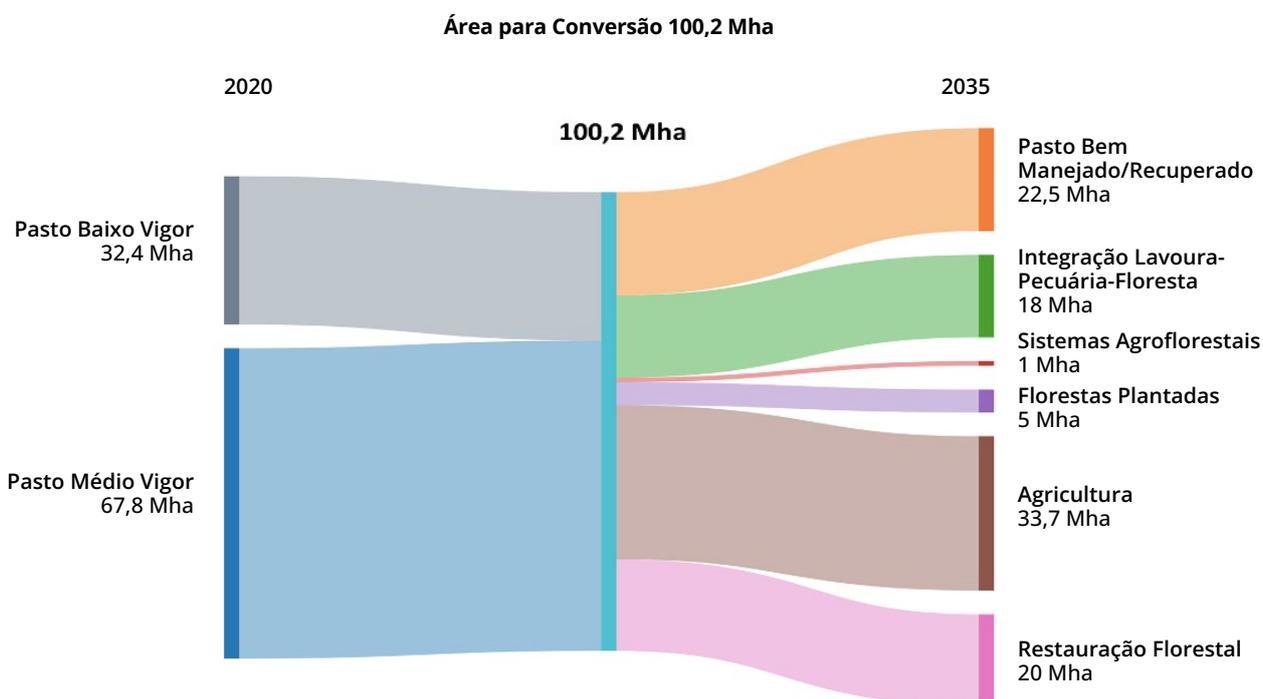
Considerando as emissões e as remoções de carbono pela diminuição e aumento dos estoques de carbono no solo das pastagens, respectivamente, a trajetória do balanço de carbono indica uma remoção líquida de 185,8 MtCO₂e em 2035, com aumento de 87,9 MtCO₂e da remoção líquida entre 2020 e 2035, representando aumento de 90% das remoções líquidas. Para isso, será necessária a recuperação de 22,5 milhões de hectares de pastagem. Ao final, espera-se chegar em 2035 como o total de 84,4 milhões de hectares de pastagem bem manejadas, com indícios de alto vigor (removedoras de carbono por até 20 anos).

Figura 18: Proposta da NDC das emissões líquidas das pastagens entre 2020 e 2035



Para o restante da área de pasto com indicativos de degradação por perda de vigor foi considerada a conversão do seu uso para área projetada de expansão de agricultura com práticas de SPD (24,3 milhões de hectares), área plantada de demais culturas (9,4 milhões de hectares), ILPF (18 milhões de hectares), SAF (1 milhão de hectares) e de FP (5 milhões de hectares), resultando em cerca de 20 milhões de hectares destinados para a restauração de vegetação nativa até 2035. A Figura 19 abaixo traz as conversões de uso do solo até o ano de 2035 com base nos dados de 2022

Figura 19: Conversões de uso de terra para sistemas produtivos e mitigadores de GEE entre 2020 e 2035



3.4.6 Sistemas Integrados de Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF)

Além da área de recuperação de pastagens degradadas, a implementação de sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta também irão compor parte da área destinada para o pastoreio, ao mesmo tempo que produz madeira e grãos.

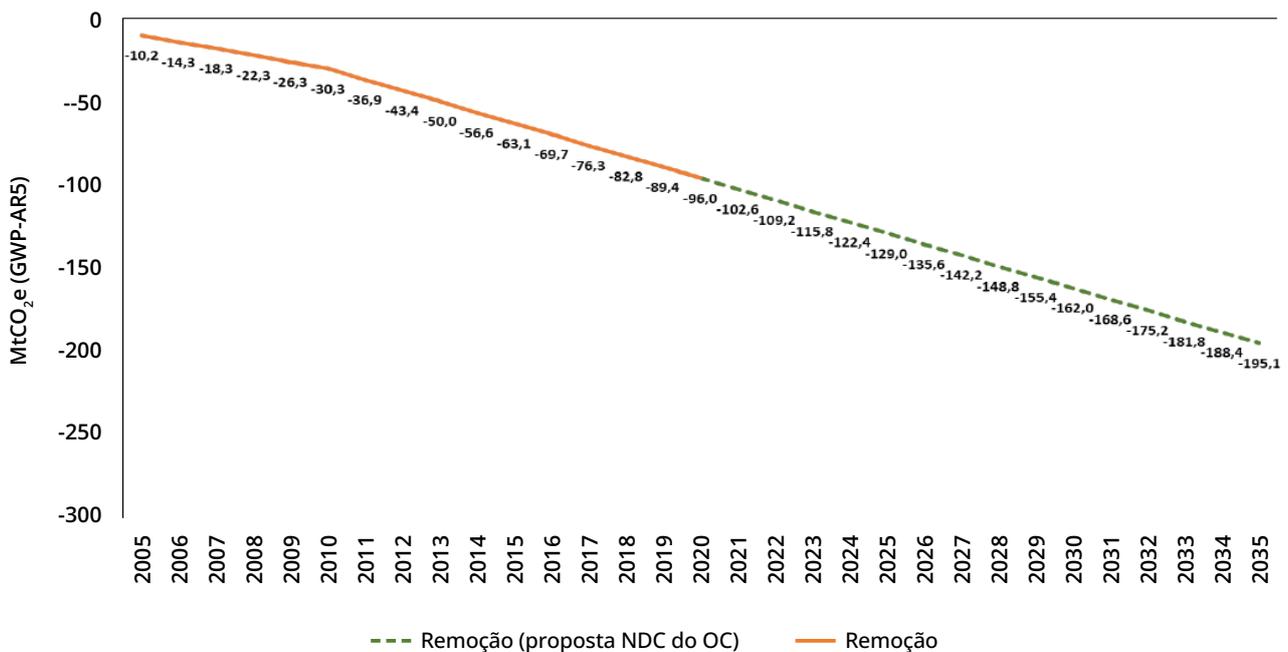
Segundo dados da Rede ILPF, em 2020 a área total de com adoção de ILPF era de 17,4 milhões de hectares. Já em 2022, estima-se que a área tenha sido de aproximadamente 19,8 milhões de hectares, podendo chegar em 2030 com uma área maior do que 28,1 milhões de hectares (POLIDORO et al., 2020).

A trajetória de remoções estimada pela expansão da adoção de áreas com ILPF, sobre áreas de pasto com indícios de degradação por perda de vigor, resultam em uma remoção total de 195,1 MtCO₂e em 2035, com aumento de remoção de 99,1 MtCO₂e entre 2020 e 2035, representando aumento de 103%.



Para isso, recomenda-se que sejam implementados adicionalmente 20 milhões de hectares de sistemas de ILPF, alcançando a área total de 35,4 milhões de hectares em 2035.

Figura 20: Proposta da NDC das emissões líquidas de ILPF entre 2020 e 2035



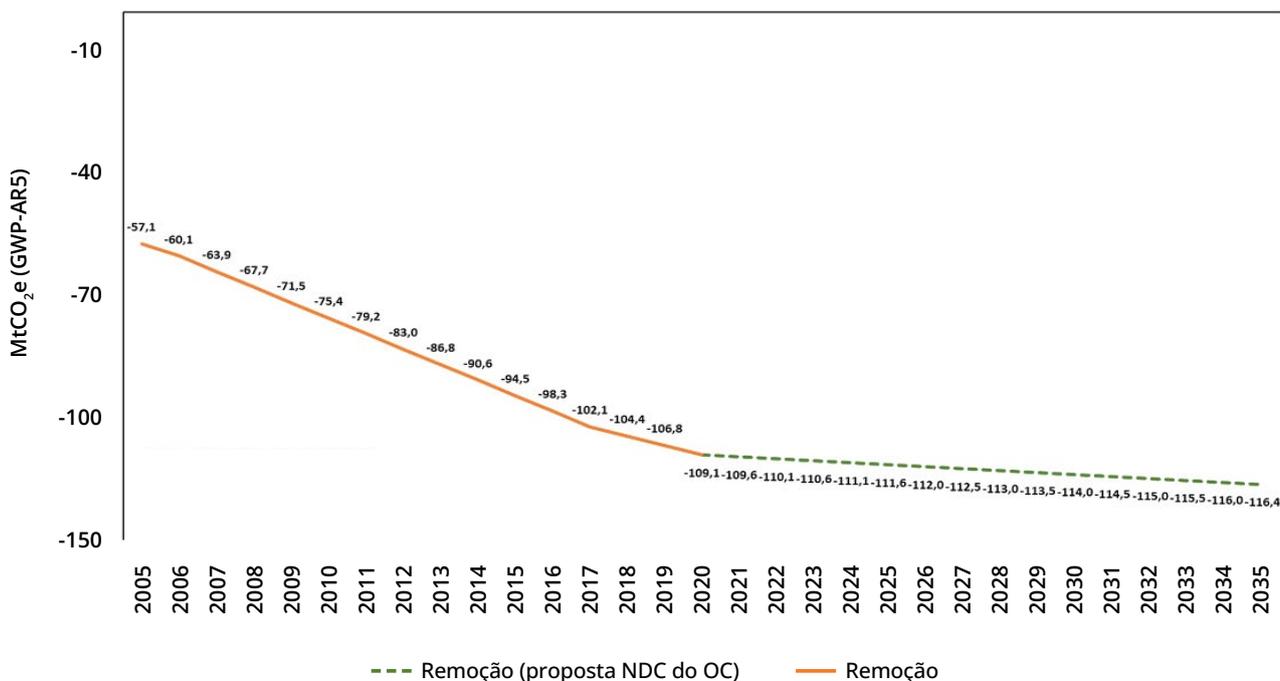
3.4.7 Sistemas Agroflorestais (SAF)

Os Sistemas Agroflorestais (SAF) são sistemas produtivos que se baseiam na sucessão ecológica dos ecossistemas naturais. Eles combinam árvores exóticas ou nativas com culturas agrícolas e até pecuária, aportando e grande diversidade de espécies e as interações entre elas.

Segundo dados oficiais do Censo Agropecuário de 2017, a área total SAF foi de 13,9 milhões de hectares, apresentando aumento de 70% desde 2006, quando o Censo Agropecuário de 2006 indicou uma área de 8,2 milhões de hectare, com aumento de mais de 5,7 milhões de hectares. Assim, considerando a tendência de aumento das áreas de SAF e esse mesmo aumento ocorra novamente até 2035, estima-se que em 2020 havia uma área com cerca de 14,9 milhões de hectares de SAF.

A trajetória de remoções pela adoção de SAF considera que até 2035 haja o aumento de 1,0 milhão de hectares, resultando em uma área de 15,9 milhões de hectares. Isso resulta na remoção total de 116,4 MtCO₂e em 2035, representando um aumento de remoção de 7,3 MtCO₂e entre 2020 e 2035, totalizando 7% de aumento das remoções.

Figura 21: Trajetória tendencial e da proposta da NDC das emissões líquidas de SAF entre 2020 e 2035



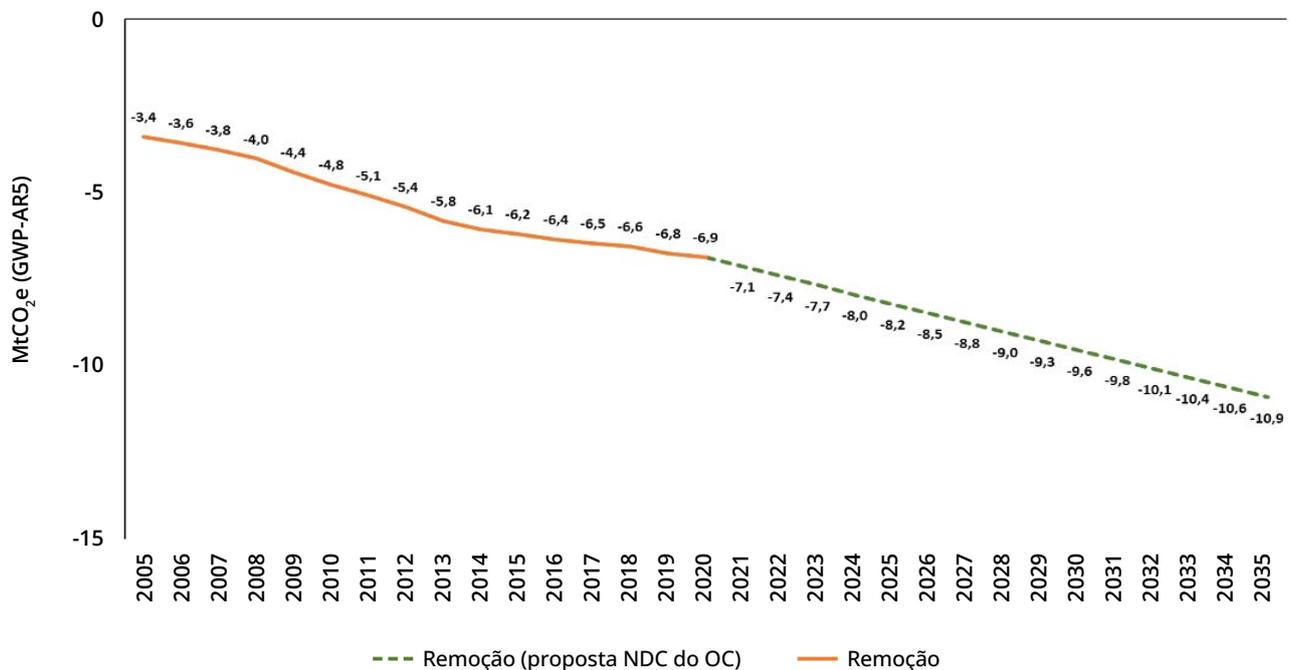
3.4.8 Florestas Plantadas (FP)

As florestas plantadas, principalmente pinus e eucalipto, são plantações voltadas para a produção de madeira, celulose e papel, sendo uma solução para as áreas degradadas e compondo parte fundamental do ILPF, por contribuírem com a remoção de carbono pela biomassa e pelo solo. Segundo dados o MapBiomas Coleção 8 (2023), a área total no país em 2022 foi de 8,5 milhões de hectares, seguindo uma tendência de aumento.

A trajetória de remoções pela adoção de FP considera que até 2035, haja o aumento de 5,0 milhões de hectares, resultando em uma área de 13,5 milhões de hectares. Isso resulta na remoção total de 10,9 MtCO₂e em 2035, com aumento de remoção de 4,0 MtCO₂e entre 2020 e 2035, representando o total de 59%.



Figura 22: Trajetória tendencial e da proposta da NDC das emissões líquidas de FP entre 2020 e 2035



3.4.9 Lavouras cultivadas sob Sistema Plantio Direto (SPD) e sob Plantio Convencional

O emprego do Sistema Plantio Direto (SPD) é um método conservacionista de manejo do solo, contribuindo com a melhor qualidade e proteção do solo, retenção de água e maior incremento de matéria orgânica. Quando realizado em sua totalidade, ou seja, com o preparo do solo sendo realizado somente nas linhas de semeadura ou plantio, na manutenção permanente de cobertura do solo com matéria orgânica e na diversificação da variedade de espécies por meio de rotação e/ou consorciação de culturas, essa prática resulta no aumento dos estoques de carbono do solo, gerando remoções.

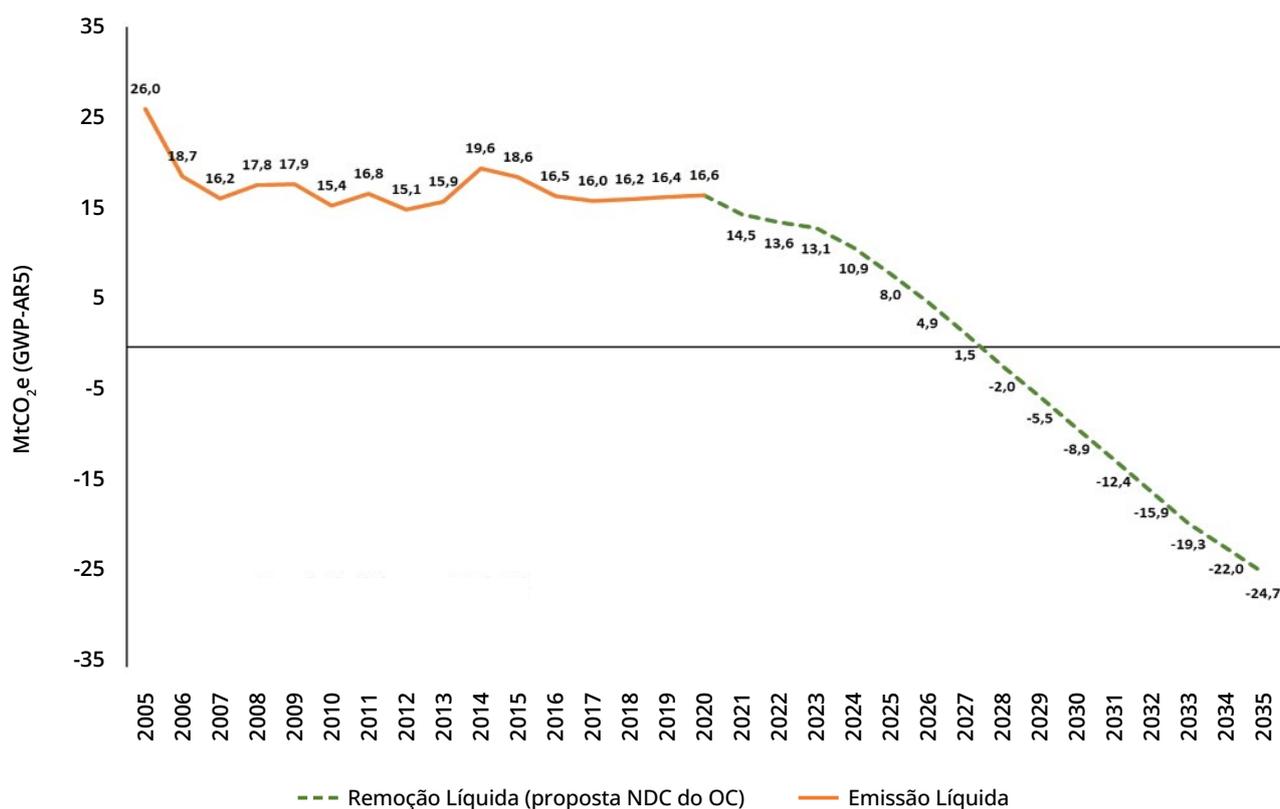
Segundo dados oficiais do Censo Agropecuário de 2017, a área total com práticas que compõem do SPD foi de 32,9 milhões de hectares, o que correspondeu a cerca de 44,6% da área de grãos cultivada para aquele ano, enquanto dados da FebraPDP (2018) indicavam 33,1 milhões de hectares para o ano de 2018.

A trajetória de remoções pela adoção de práticas do SPD considera que, até 2035, cerca de 80% da área de agricultura cultivada com grãos tenha sua adoção, sendo de pelo menos 20% dessa área com SPD completo e o restante com Plantio Direto (PD) (80%), totalizando aumento de 35,2 milhões de hectares em relação ao no de 2020. Em comparação com o ano de 2020 a área estimada com práticas de SPD foi de aproximadamente 34,8 milhões de hectares, correspondendo a 55,1% da área de agricultura total.

Esse aumento de área sob práticas de SPD resulta na remoção total de 50,3 MtCO₂e em 2035, com aumento de remoção de 25,3 MtCO₂e entre 2020 e 2035, representando o total de 101%. O restante das áreas de cultivo de grãos que se encontram com práticas de plantio convencional resultará na emissão de 25,7 MtCO₂e até 2035, representando uma redução na emissão de 16 MtCO₂e, cerca de 38% a menos do que em 2020. Assim, os solos cultivados por grãos passam de uma emissão líquida de 16,6 MtCO₂e em 2020, para uma remoção líquida de 24,7 MtCO₂e em 2035.

Até 2035 foi estimada uma expansão total de 33,7 milhões de hectares de agricultura, sendo 24,3 milhões de hectares para as lavouras com adoção de SPD e 9,4 milhões de hectares para expansão das demais culturas²⁹, totalizando uma área de 96,9 milhões de hectares, sendo 70 milhões de hectares com práticas de SPD e PD, os 9,4 milhões de hectares para as demais culturas, enquanto o restante, 17,5 milhões de hectares, com manejo caracterizado como plantio convencional.

Figura 23: Trajetória tendencial e da proposta da NDC das emissões líquidas de SPD entre 2020 e 2035



²⁹ Essas culturas incluem abacate, açaí, azeitona, banana, borracha, cacau, café, caqui, castanha de caju, chá-da-índia, coco-da-baía, dendê, erva-mate, figo, goiaba, guaraná, laranja, limão, maçã, mamão, manga, maracujá, marmelo, noz, palmito, pêra, pêssego, pimenta-reino, sisal ou agave, tangerina, tungue, urucum e uva. Essas culturas não apresentam emissões de GEE de resíduos agrícolas pelo inventário nacional para o setor de agropecuária.



3.4.10 Terminação Intensiva (TI)

A mitigação promovida pela Terminação Intensiva (TI) é alcançada por meio de um manejo alimentar intensificado, que fornece mais energia aos bovinos de corte durante as fases de recria e engorda. Isso permite que os animais atinjam o peso ideal para o abate mais rapidamente, reduzindo o tempo de engorda com o uso de confinamento, semiconfinamento e suplementação a pasto.

Pode-se estimar uma redução de até 33,1% na emissão de $\text{kgCO}_2\text{e/kg}$ de carcaça, quando se compara a intensidade de emissão de 40,9 $\text{kgCO}_2\text{e/kg}$ de carcaça entre sistemas menos produtivos com a mitigação média de 13,5 $\text{kgCO}_2\text{e/kg}$ de carcaça dos sistemas que empregam TI, com base em dados de Cardoso et al., (2016).

Assim, considerando que até 2035 serão abatidos 7,5 milhões de bovinos com TI, estima-se uma redução de emissão acumulada de 4,7 MtCO_2e . Ressalta-se a dificuldade de se obter dados para compreender o cenário atual de bovinos devidamente terminados com TI.

3.4.11 Tratamento de Dejetos Animais (TDA)

O tratamento de dejetos animais (TDA) é uma etapa do manejo de dejetos que inclui coleta, armazenamento, tratamento e uso agrícola dos subprodutos. É uma estratégia para mitigar metano e óxido nitroso, utilizando tecnologias como biodigestão e compostagem, que reduzem a conversão da matéria orgânica em metano.

Assim, a substituição de sistemas de manejo de dejetos por outros mais eficientes resulta na mitigação. Assim, considerando a cadeia da suinocultura, estima-se uma redução de 8,0 MtCO_2e até 2035, a partir da expansão do uso de biodigestores em detrimento à parcela de Liquid/Slurry até 2035, alcançado a expansão de 40,5% para a média nacional dos dejetos tratados por esse sistema. Além disso, contabiliza a mitigação da conversão total das lagoas anaeróbicas para biodigestores, resultando na média nacional total expandida de 46,4% com utilização de biodigestores. Destaca-se o salto da porcentagem de adoção dessa tecnologia, que através dos dados do 4º Inventário Nacional, apresentavam uma média nacional de 4,8% (MCTI, 2020c).

3.4.12 Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)

O uso de FBN contribui com o aumento da produtividade agrícola, junto com a redução de dependência de uso de fertilizantes sintéticos nitrogenados para a adubação, sendo uma importante medida para a mitigação na medida em que evita emissões de GEE ao realizar a fixação pelo processo biológico por bactérias que transformam o nitrogênio presente na atmosfera (N_2) em formas assimiláveis pelos vegetais, especialmente as leguminosas.

A mitigação promovida pelo uso de FBN resulta da emissão de GEE evitada proveniente do uso de fertilizantes sintéticos nitrogenados, estima-se que em 2020 o uso de FBN tenha evitado a emissão de aproximadamente 68 MtCO_2e (Estevam et al., 2022).

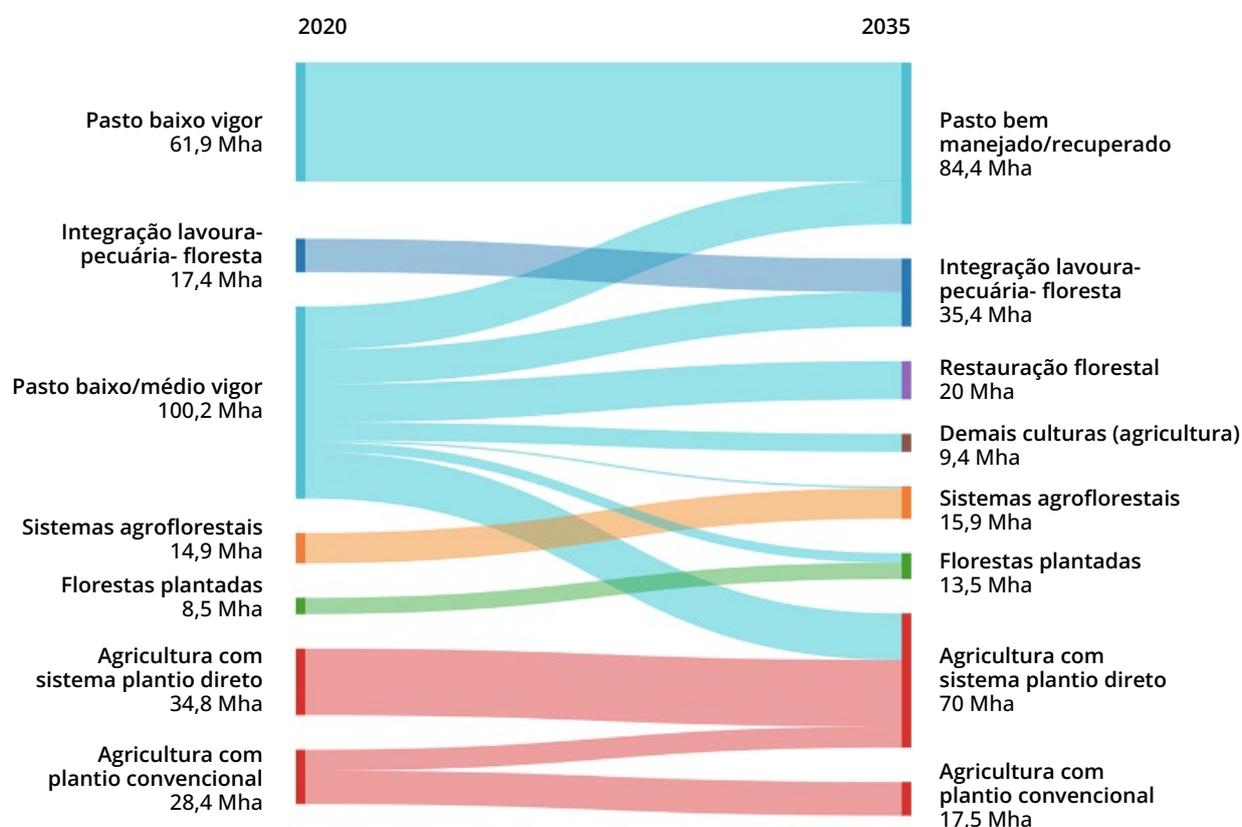
Assim, estima-se que possa ser evitada a emissão de 103,8 MtCO₂e em 2035, apresentando aumento de 57% em relação a mitigação promovida em 2020, a qual foi de 66,2 MtCO₂e, totalizando um aumento de 37,7 MtCO₂e. Para alcançar esse nível de emissão evitada, a meta estipulada foi de expandir para 19 milhões de hectares adicionais até 2035, alcançando a área total de 53,2 milhões de hectares, o que resulta no aumento de 57% da área total com uso FBN.

Deve-se considerar o seu emprego para as leguminosas, especialmente a soja e o feijão, além das demais culturas, junto com outras espécies que consigam evitar a demanda por nitrogênio sintético, como gramíneas (milho, arroz e trigo), sendo necessário investimento em pesquisa e produção dos inoculantes.

3.4.13 Conversões e usos da terra pelo setor Agropecuário

Ao final, considerando as áreas com atividade pecuária, agricultura e silvicultura, a partir do ano de 2020, a expansão da adoção dos sistemas produtivos com base nas metas propostas até 2035, resultam na conversão total das pastagens classificadas como baixo e médio vigor para para usos e sistemas produtivos mais eficientes, capazes de promover a remoção e estoque de carbono pelo solo, assim como sua parcela destinada para que ocorra restauração florestal.

Figura 24: Conversões de uso e manejo do solo pelo setor de agropecuária entre 2020 e 2035





3.5. Mudanças de Uso da Terra e Florestas

A proteção e preservação da floresta em pé, bem como a sua recuperação, devem compor medidas prioritárias para o cumprimento da NDC brasileira, congregando medidas de combate ao desmatamento e à degradação, combate e controle das situações de incêndio e queimadas nos biomas, expansão das áreas protegidas e das áreas de regeneração vegetal. Como diretriz geral, deve haver a devida valorização dos meios de vida e produção dos povos e comunidades tradicionais, assim como da bioeconomia e meios de utilização dos recursos naturais de forma sustentável e responsável. Ainda, deve haver o correto e suficiente direcionamento de recursos financeiros e de pessoal para que as medidas consigam ser perenes e implementadas em sua completude pelos órgãos/entidades competentes, com o devido foco na justiça climática e combate ao racismo ambiental.

O Brasil compromete-se a atingir a meta de desmatamento zero em todos os biomas até 2030, assim considerado quando for alcançada a taxa máxima de 100.000 hectares anuais, com a manutenção de tal situação após 2030 e o incremento da regeneração e recuperação de áreas degradadas em 21 milhões de hectares em áreas de reserva legal e de preservação permanente até 2035, o que representa todo o passivo do Código Florestal. A restauração dos biomas deve ser acompanhada de incentivos econômicos à preservação ambiental, seja em benefícios tributários/fiscais ou de ordem econômica via recursos externos (fundos, linhas de crédito ou negociação de ativos, por exemplo). Ainda, deverá ser implementado um sistema de monitoramento do status de recuperação florestal e de vegetação nativa no Brasil, assim como o acompanhamento, a verificação e a validação da conformidade de autorizações para supressão de vegetação e o cumprimento dos seus requisitos.

A regularização fundiária é fundamental para frear o avanço do desmatamento, com o compromisso de que até 2035 ela esteja finalizada em 100% das propriedades rurais. Outra medida deve ser a análise e devida regularização das propriedades rurais inscritas no Cadastro Ambiental Rural (CAR) e que aderiram ao Programa de Regularização Ambiental (PRA), com o objetivo de 100% das propriedades rurais do Brasil com a análise do CAR concluída e, até 2035, com os PRAs devidamente cumpridos (ou em comprovado cumprimento), com a operacionalização do Sicar e dados públicos atualizados periodicamente. Tal objetivo deve ser acompanhado pela implementação de sistema que integre dados e informações dos imóveis rurais brasileiros, a fim de que haja efetivo monitoramento dos biomas e, conseqüentemente, a sua proteção e melhorias ou implementação de políticas públicas específicas.

Para o combate aos efeitos adversos do fogo (seja de uso legalizado ou não), deve-se elaborar planos permanentes para todos os biomas brasileiros, a serem implementados e renovados independentemente do contexto governamental, com o suficiente orçamento provisionado e transferido aos órgãos/entidades de prevenção e controle de tais eventos. Tais planos devem conter metas definidas quantitativamente e com prazos específicos. Ressalta-se a especial atenção que deve haver para a atividade de queima prescrita, cuja aplicação deve ser ampliada via programas como o Prevfogo. Ainda, deve-se implementar a integração de sistemas de dados e informações sobre as autorizações de queima e combate aos incêndios florestais, os quais devem ser de livre acesso público, com atualização permanente e em base oficial do governo.

O Brasil se compromete a, até 2030, ter ao menos 30% de áreas protegidas em cada bioma (em cumprimento à Convenção das Nações Unidas sobre Diversidade Biológica), além de finalizar as demarcações de terras indígenas e realizar a desintrusão dessas áreas, bem como o reconhecimento e a titulação de territórios quilombolas e de comunidades tradicionais. Especificamente em relação às UCs, além da criação de novas, serão concluídos 100% dos processos de elaboração de planos de manejo, com a consolidação dos limites das UCs criadas, com especial atenção para a sua zona de amortecimento e embargo de 100% das áreas desmatadas ilegalmente dentro dos seus limites, em cumprimento ao SNUC e legislação correlata. Embora esta NDC não trate da criação de áreas protegidas para além de 2030, já que tem como premissa o fim do desmatamento e da degradação dos biomas naquele ano, a criação dessas áreas é condição fundamental para o desmatamento zero. Por fim, deverá ser realizada a destinação de 100% das terras públicas federais de todos os biomas que ainda não foram destinadas, bem como a concessão florestal de 100 milhões de hectares para fins de restauração, a fim de que a gestão de tais territórios seja efetivada, contribuindo inclusive para a redução do desmatamento ilegal.

As projeções das emissões e remoções do setor de Mudança de Uso da Terra e Florestas (MUT) se baseiam em três premissas principais: (1) a eliminação progressiva do desmatamento, (2) o acréscimo de novas áreas de vegetação nativa em recuperação (vegetação secundária) e (3) o acréscimo de novas áreas de floresta plantada e sistemas agroflorestais.

3.5.1. Eliminação progressiva do desmatamento

A partir de 2030, a área de desmatamento anual no país será de 100.000 ha (1.000 km²). Entre 2022 e 2030, considerou-se um decréscimo linear do desmatamento. Isso se refere a praticamente zerar o desmatamento no Brasil, conforme prometido pelo governo, mas considerando uma pequena parte de novos desmatamentos que ainda poderão ser licenciados.

3.5.2. Recuperação de vegetação

Considerou-se o crescimento linear de vegetação secundária adicional, assumindo a regularização ambiental, até 2035, de todo o passivo do Código Florestal, que atualmente está estimado em 21 milhões de hectares (Termômetro do Código Florestal, 2023), incluindo: 11,3 milhões de hectares na Amazônia, 5,1 milhões de hectares no Cerrado, 460 mil hectares na Caatinga, 3,8 milhões de hectares na Mata Atlântica, 341 mil hectares no Pampa e 94 mil hectares no Pantanal. Sobre essas áreas adicionais de vegetação secundária, aplicou-se um fator de remoção por bioma, de acordo com a coleção 11.2 do SEEG, de: -17,8 tCO₂/ha na Amazônia, -6,3 tCO₂/ha no Cerrado, -3,6 tCO₂/ha na Caatinga, -5,8 tCO₂/ha na Mata Atlântica, -6,3 tCO₂/ha no Pampa e -7,8 tCO₂/ha no Pantanal.

3.5.3. Florestas plantadas e sistemas agroflorestais

As metas de implementação de florestas plantadas e sistemas agroflorestais (SAF), consideradas no setor de agropecuária (ver seção 3.2), também impactam o setor MUT, pois as emissões e remoções desses



sistemas no setor de agropecuária são referentes apenas ao componente de carbono orgânico do solo. Coube ao setor MUT, portanto, mensurar o impacto dessas metas com os componentes do estoque de carbono da vegetação associada. A implementação desses sistemas em áreas já abertas promove remoções de carbono. Para as remoções de novos sistemas silviculturais, aplicou-se o fator de remoção, utilizado pelo SEEG, de $-20,4 \text{ tCO}_2/\text{ha}$ sobre a área adicional de floresta plantada de 333 mil hectares anuais entre 2023 e 2035, conforme visto no setor de agropecuária. Para sistemas agroflorestais não há fator de remoção específico no SEEG, então aplicou-se o fator médio de remoção por vegetação nativa secundária ($-7,3 \text{ tCO}_2/\text{ha}$) sobre a área adicional de SAF, de 66,6 mil hectares anuais entre 2023 e 2035, e essa área é considerada parte dos 21 milhões de hectares a serem recuperados.

3.5.4. Outras mudanças de uso da terra

No presente exercício, completam o quadro de emissões e remoções do setor MUT as emissões e remoções por outras mudanças de uso da terra. As projeções referentes às emissões e remoções por outras mudanças de uso da terra consistiram na média dos últimos cinco anos da série histórica e representam uma parte pequena das emissões e remoções do setor (3% e 0,43%, respectivamente).

3.5.5. Remoções por vegetação primária em áreas protegidas

Ao considerar, conforme o Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas e Gases de Efeito Estufa, as remoções em áreas protegidas, estas representariam uma parte substantiva das remoções do setor, com 386 milhões de toneladas de CO_2 em 2022 (59% das remoções). No entanto, uma vez que a simples delimitação de novas áreas protegidas não implica de fato em mudanças nos processos de emissão e sequestro de carbono em tais áreas, esse componente das remoções não foi considerado quantitativamente no presente exercício, que tem como fim a proposição de metas brasileiras na NDC que busquem uma contribuição justa do país ao esforço global de mitigação.

3.5.6. Queimadas em áreas de vegetação nativa

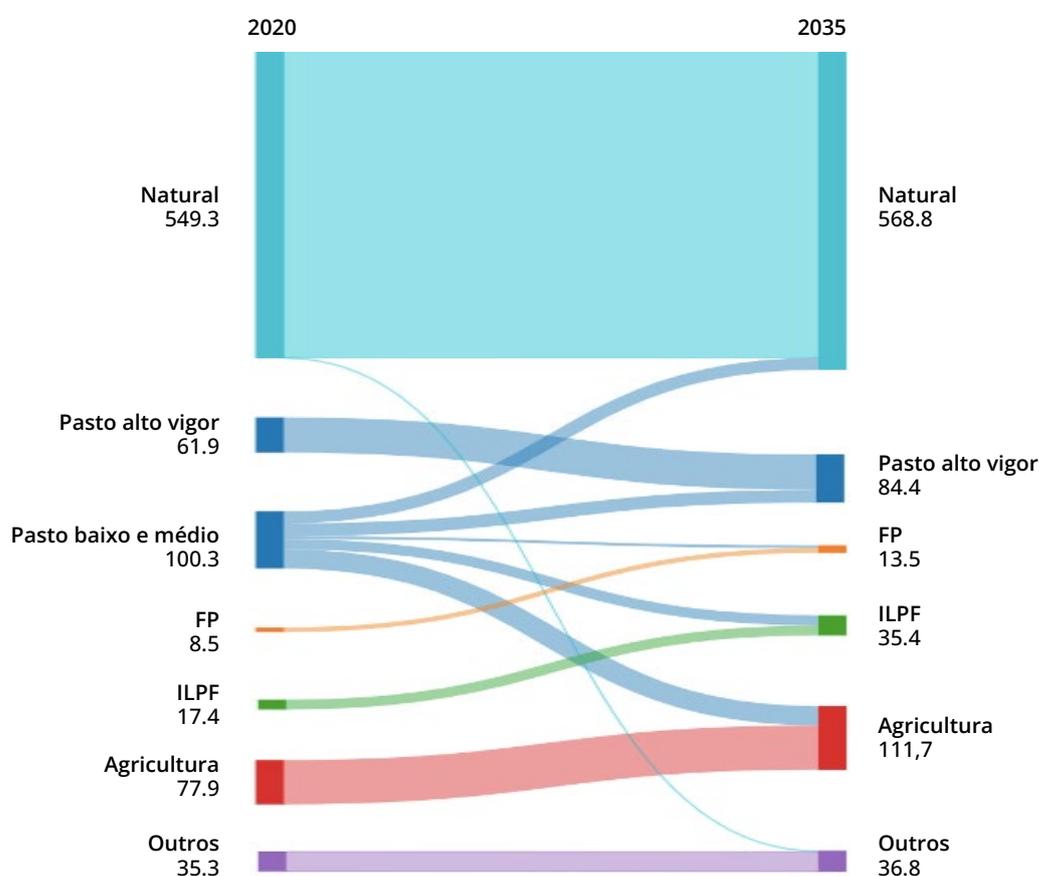
O setor MUT apresenta no SEEG as emissões não contabilizadas no Inventário (NCI) relacionadas às queimadas em áreas de vegetação nativa. Esse componente representou aproximadamente 2% das emissões brutas totais do setor em 2022 e não foi considerado no presente exercício. Apesar de o combate aos incêndios florestais e o emprego de manejo integrado do fogo estarem mencionados nas políticas públicas atuais, não pudemos identificar metas nas políticas públicas relacionadas à área total onde será empregado o manejo integrado do fogo.

3.5.7. Mudanças da cobertura e uso da terra no Brasil

Ao analisar o panorama do território brasileiro, considerando conjuntamente as metas dos setores de MUT e agropecuária para 2035, observa-se uma expansão da cobertura de vegetação nativa, incluindo Sistemas Agroflorestais (SAF), de 3,5% com relação ao ano-base de 2020 (Figura 4). Toda a área de pas-

tagem de baixo e médio vigor, de 100,3 milhões de hectares em 2020, deverá ser convertida em áreas agrícolas (35%), pastagem de alto vigor (23%), sistemas integrados floresta lavoura e pecuária (18%), floresta plantada (5%) e destinados à recuperação da vegetação nativa e implantação de SAFs (20%). A proporção de desmatamento que ainda ocorrerá até 2035, de 100.000 hectares anuais, resultando em 1,5 milhões de hectares no período, foram projetadas para serem destinadas a outras classes de uso da terra que não áreas de agropecuária (Figura 25).

Figura 25: Conversões da cobertura e uso da terra no território brasileiro, totalizando 8,5 milhões de hectares, considerando as metas dos setores de Agricultura e Mudanças de Uso da Terra e Florestas para 2035 e o ano-base de 2020

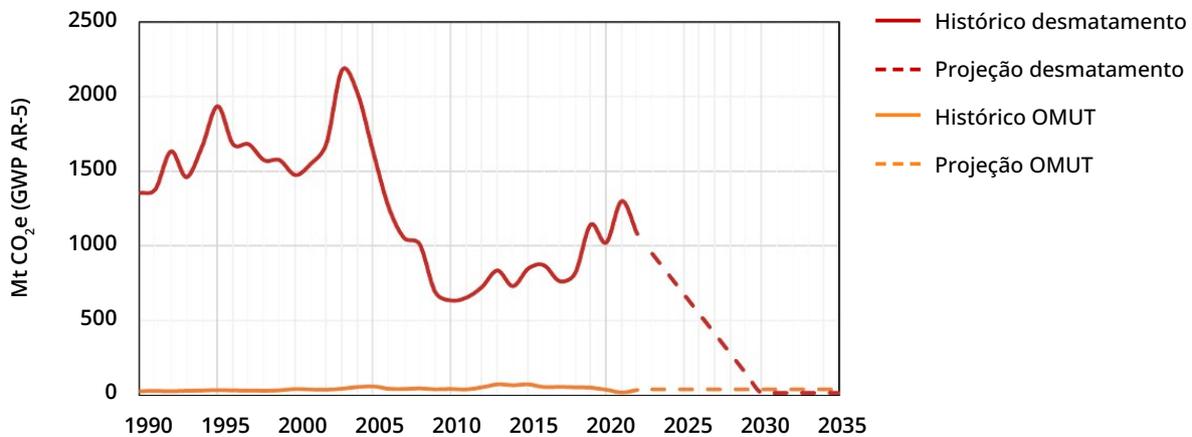


3.5.8. Balanço de emissões do setor de MUT

Com relação às emissões brutas, o desmatamento foi projetado com 42,1 milhões de toneladas de CO₂e emitidos anualmente entre 2030 e 2035. Outras mudanças de uso da terra foram projetadas como constantes e contribuem com 18,7 milhões de toneladas de CO₂e tanto em 2030 quanto em 2035 (Figura 26). As projeções do setor MUT totalizam 60,8 milhões de toneladas de CO₂e constantes entre 2030 e 2035 (Figura 27).



Figura 26: Histórico e projeções de emissões brutas relacionadas ao desmatamento e a outras mudanças de uso da terra (OMUT)



Já com relação às remoções, estimaram-se -400 e -500 milhões de toneladas de CO₂e em 2030 e 2035, respectivamente, pelo crescimento de vegetação secundária. Pela implementação de florestas plantadas e sistemas agroflorestais, projetou-se -7 milhões de toneladas de CO₂e tanto em 2030 quanto em 2035. As remoções por outros tipos de mudanças de uso da terra foram projetadas constantes, com -4,6 milhões de toneladas de CO₂e em 2030 e 2035 (Figura 2). As estimativas totais de remoções são de -411 milhões de toneladas de CO₂e em 2030 e -511 milhões de toneladas em 2035 (Figura 3). A combinação das emissões brutas e remoções estimadas resulta em emissões líquidas totais de -351 milhões de toneladas de CO₂e em 2030 e -450 milhões de toneladas em 2035 pelo setor MUT (Figura 27).

Figura 27: Histórico e projeções de remoções relacionadas ao crescimento de vegetação secundária, à implementação de florestas plantadas (FP) e sistemas agroflorestais (SAF) e a outras mudanças de uso da terra (OMUT). As metas relacionadas à implementação de novas florestas plantadas e sistemas agroflorestais são aditivas a partir de 2022 e, por isso, não possuem curva do histórico

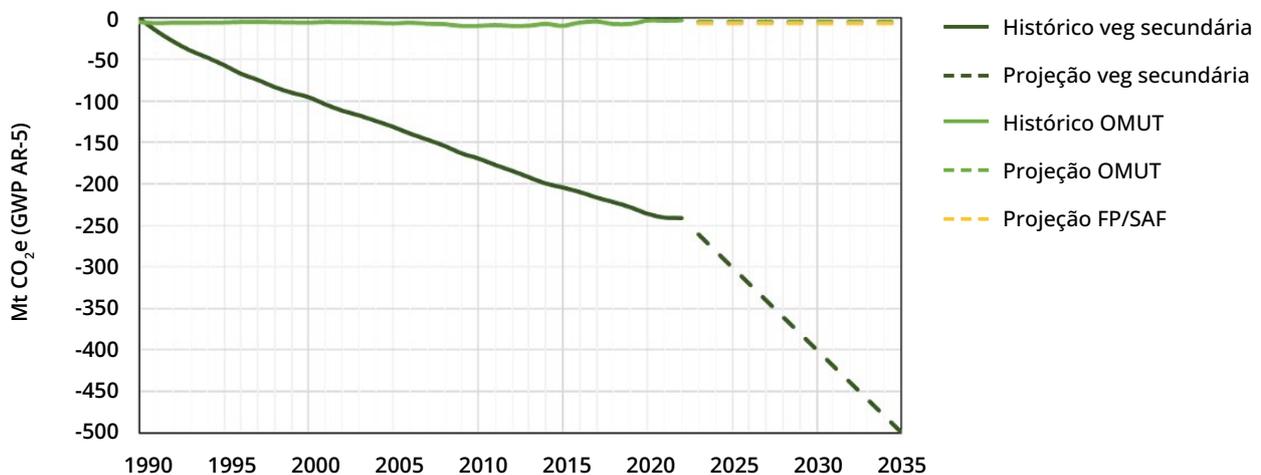
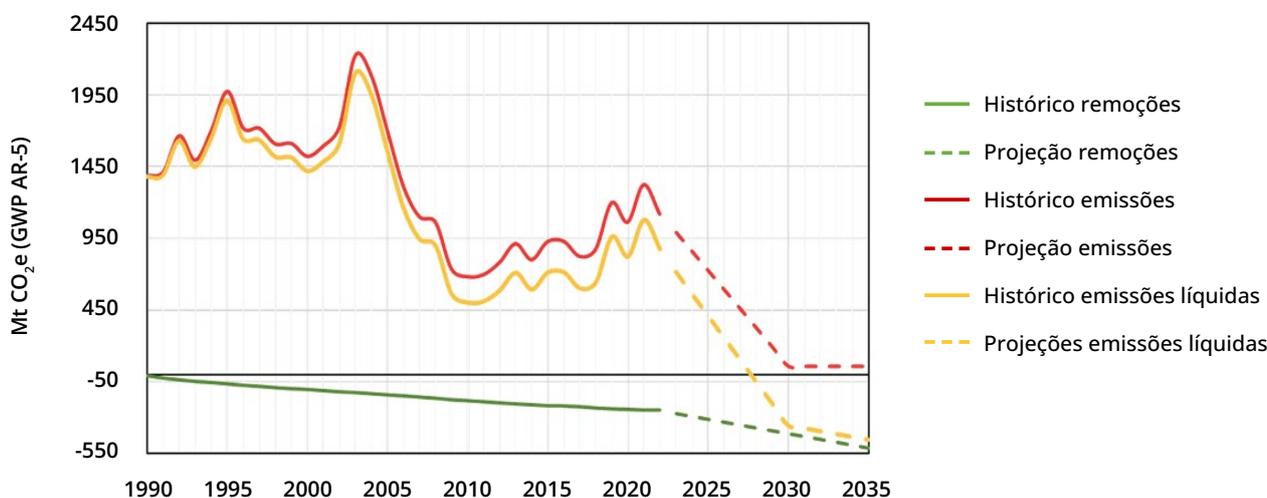


Figura 28: Histórico e projeções das emissões brutas e remoções e o total líquido do setor de Mudanças de Uso da Terra e Florestas



3.6. Resíduos

O setor de resíduos abrange as emissões de gases de efeito estufa (GEE) oriundas dos serviços de saneamento relacionadas exclusivamente com o tratamento de resíduos sólidos e efluentes líquidos. De acordo com as diretrizes do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), as emissões do setor são desagregadas em: disposição final de resíduos sólidos, incineração e queima a céu aberto, tratamento biológico e o tratamento e afastamento de efluentes líquidos domésticos e industriais.

A construção dos cenários foi baseada na metodologia e nos resultados da coleção 11 do SEEG, que desagrega as emissões do setor de resíduos nos mesmos subsetores apresentados acima.

A disposição final de resíduos sólidos municipais produz quantidades significativas de metano (CH₄) por meio da decomposição da fração orgânica em condições anaeróbias pela ação de bactérias. A estimativa do potencial de geração de CH₄ dos resíduos sólidos é feita a partir da análise da composição gravimétrica, do tipo de gestão adotada nos locais de disposição final – lixões, aterros controlados ou aterros sanitários – índices de precipitação, temperatura e da quantidade de material encaminhada para cada tipo de destino. A decomposição dos resíduos pode ocorrer pelo modo aeróbio ou pelo anaeróbio (metanogênica). A decomposição aeróbica ocorre na fase inicial da deposição do resíduo no solo, momento em que ainda há oxigênio disponível. Posteriormente, com a redução do oxigênio presente nos resíduos, instaura-se a fase da decomposição anaeróbia, durante a qual ocorre a formação do biogás, rico em metano e dióxido de carbono.



A incineração é um processo termoquímico considerado como uma alternativa tecnológica para o tratamento intermediário de resíduos. Esse processo consiste na combustão completa de resíduos sólidos e líquidos em ambientes controlados, promovendo a redução volumétrica e de características de periculosidade. Foram estimadas as emissões de CO_2 e N_2O decorrentes do processo de incineração de resíduos sólidos. Para tanto, são utilizados dados como quantidade, composição do resíduo incinerado e tecnologia de incineração. A escassez desses dados eleva a incerteza da estimativa das emissões.

Já a queima a céu aberto é referente a uma parcela do montante total gerado de resíduos sólidos que é destinada à queima não controlada. Essa prática é adotada pela fração da população que não tem acesso ao sistema de coleta de resíduos sólidos municipais, ocorrendo de forma mais frequente em áreas rurais do que em áreas urbanas. Foram estimadas emissões de CH_4 , CO_2 e N_2O decorrentes do processo de combustão ao ar livre ou em lixões abertos, no qual os gases de efeito estufa são lançados diretamente na atmosfera, sem passar por uma chaminé de filtragem (IPCC, 2006).

O tratamento biológico consiste na degradação do material orgânico por meio de processos como compostagem e digestão anaeróbica. A compostagem é um processo aeróbico, no qual uma grande fração do carbono orgânico degradável nos resíduos é convertida em CO_2 , CH_4 (nas seções anaeróbicas do composto) e uma pequena fração de N_2O . Já a digestão anaeróbia de resíduos orgânicos acelera a decomposição natural de matéria orgânica sem oxigênio, gerando CH_4 . Destaca-se que tratamento por digestão propicia um ambiente em que é possível recuperar energeticamente o biogás gerado.

Os efluentes líquidos são gerados a partir de uma variedade de atividades, que podem ser domésticas, comerciais ou industriais. O tipo de atividade da qual o efluente é gerado impacta diretamente a composição das águas servidas e, portanto, seu potencial de emissão de GEE.

Os efluentes domésticos têm alto teor de carga orgânica, que, quando degradada, pode gerar significativa emissão de CH_4 . Essas emissões diferem conforme o tipo de tratamento aplicado, atingindo maiores quantidades com tratamentos em meios anaeróbios. O tratamento de efluente doméstico também emite óxido nitroso (N_2O), decorrente da degradação de componentes de nitrogênio (como, por exemplo, uréia, nitratos e proteínas).

Os efluentes industriais apresentam diferentes cargas de material orgânico dependendo do setor do processo industrial. Para analisar as estimativas do setor, foram classificadas as indústrias estratégicas que geram grande volume de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), relacionadas com o setor de produção de: celulose, carne bovina, carne suína, carne de aves, leite cru, leite pasteurizado e cerveja.

As projeções das emissões no setor de resíduos consideram a implementação das principais estratégias de mitigação do setor, utilizando como base diferentes instrumentos das políticas setoriais nacionais, literatura e conhecimento de especialistas das instituições que integram o Observatório do Clima.

Foi considerada como principal premissa a universalização do acesso aos serviços de saneamento, em especial no que se refere à cobertura dos sistemas de coleta de resíduos sólidos e de efluentes domésticos, bem como o encerramento da disposição final considerada ambientalmente inadequada. Esses são aspectos centrais que permeiam os principais instrumentos do setor, como o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Planares), o Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab) e o Marco Legal de Saneamento Básico. No que se refere à queima de resíduos domiciliares, considera-se que essa rota deixará de ser adotada a partir da universalização da coleta.

Outro aspecto importante para os especialistas consultados é que as rotas de tratamento de térmico, como por exemplo, plantas de *waste to energy* de incineração não devem ser priorizadas na gestão de resíduos sólidos no Brasil.

3.6.1 Resíduos sólidos

A disposição de resíduos orgânicos em aterros sanitários é a principal fonte de emissão de gases de efeito estufa do setor. As medidas que se destinam a desviar os resíduos sólidos municipais devem seguir a Política Nacional de Resíduos Sólidos, que expressa a ordem de prioridade de ações como: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos, disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos e adoção de tecnologias de recuperação energética. Portanto, nesse contexto, foram consideradas premissas que incorporam o aumento da quantidade de resíduos encaminhados para o tratamento biológico, aumento da taxa de reciclagem de secos e aumento do aproveitamento energético do biogás gerado em aterros sanitários.

Quadro 18: Principais premissas adotadas para mitigar as emissões de GEE do setor em relação ao tratamento de resíduos sólidos

Subsetor	Premissa	Intensidade da ação no tempo (%)		
		2028	2032	2035
Disposição final de resíduos sólidos	Recuperação de materiais recicláveis secos	9	17	24
	Massa total com disposição final inadequada	0	0	0
	Percentual do biogás aproveitado energético (aterros e digestão anaeróbia)	26	50	58
Tratamento biológico	Massa destinada ao tratamento biológico	5	11	18



3.6.2 Efluentes líquidos

Em relação ao tratamento de efluentes líquidos domésticos, considerou-se como principal referência a universalização do serviço de coleta e tratamento, com foco em instalar novas centrais de tratamento aeróbias e instalação de novos reatores anaeróbios, visando aumentar a taxa de captura de biogás nas estações de tratamento de efluentes (ETEs). Além disso, deve-se incentivar a otimização de sistemas existentes com foco no aumento da eficiência de queimadores e desenvolvimento de critérios/diretrizes de projeto que minimizem emissões (ex., limitar o acúmulo de lodo; garantir nível d'água apropriado; controle dinâmico de aeração).

O quadro abaixo consolida as principais premissas qualitativas e quantitativas adotadas nas projeções das emissões relacionadas com o tratamento de resíduos por subsetor relacionados com os diferentes instrumentos setoriais.

Quadro 19: Principais premissas adotadas para mitigar as emissões de GEE do setor em relação ao tratamento de efluentes líquidos domésticos

Subsetor	Premissa	Intensidade da ação no tempo (%)		
		2028	2032	2035
Efluentes domésticos	Universalização da cobertura do serviço de coleta	100	100	100
	Instalar novas centrais de tratamento aeróbias e instalação de novos reatores anaeróbios com foco na captura de biogás, ampliar em 5% a adoção desses tipos de rota até 2035			
	Otimização de sistemas existentes com foco no aumento da eficiência de queimadores			

3.6.3 Balanço de emissões do setor de Resíduos

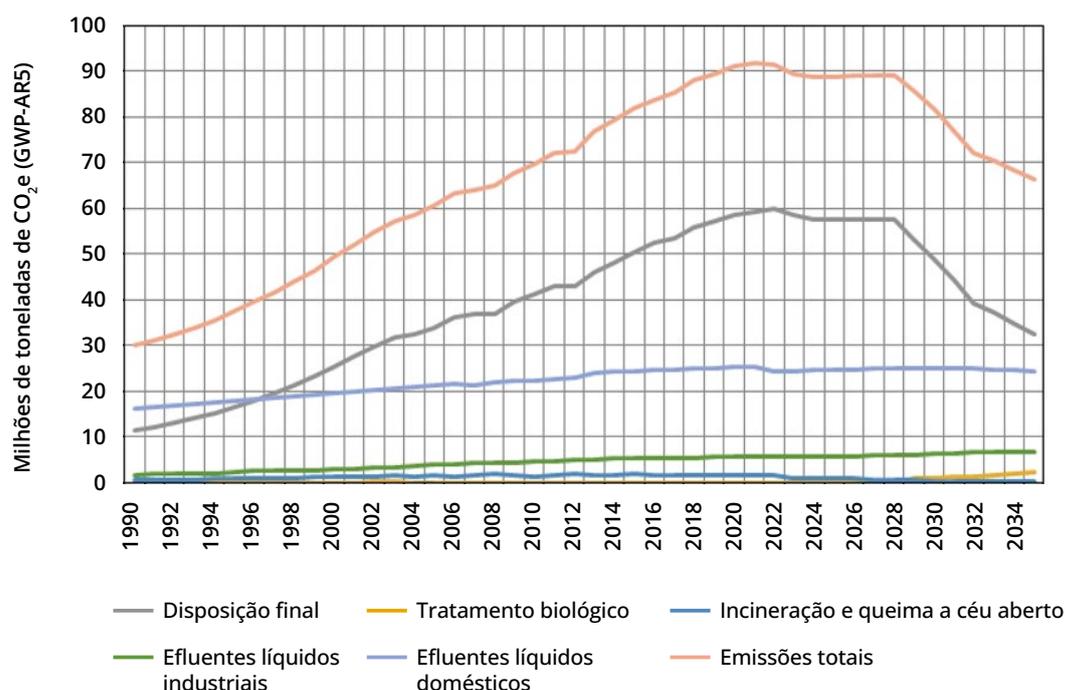
No que diz respeito às emissões totais para o setor de Resíduos, foi projetado para o intervalo 2022-2030 um decréscimo da ordem dos 11% (9,8 MtCO₂e), e de 19% para 2030-2035 - o que equivale a 15,2 MtCO₂e). Dessa forma, a partir dos cenários postos, espera-se que haja uma queda de aproximadamente 27% nos próximos 11 anos, sendo a disposição final o principal motivador para tal conjuntura. Esse panorama tem relação com o desvio de resíduos de aterros sanitários e, principalmente, com o aumento das taxas de captura e aproveitamento de biogás nos locais de disposição final.

Ainda dentro desse intervalo, espera-se para as emissões relacionadas ao tratamento biológico de efluentes um aumento de mais de 30 vezes até 2035, visto que passará a ser uma rota amplamente utilizada no país. Acompanham também a tendência de aumento as emissões relacionadas ao tratamento de efluentes líquidos industriais, a qual está relacionada com o aumento do PIB; e domésticos, sendo o último um valor consideravelmente baixo para suas proporções (cerca de 200 mil tCO₂e num universo da ordem dos 24 mt tCO₂e), relacionado com o aumento da população, acompanhada com a implementação de medidas de mitigação. Todas as informações supracitadas constam no Quadro 20, bem como na Figura 29.

Quadro 20 - Panorama e projeções para o setor de Resíduos.

Subsetor	Ano de Referência (em tCO ₂ e - GWP AR-5)		
	2022	2030	2035
Disposição Final	9.861.105	48.855.917	32.426.034
Tratamento Biológico	73.834	1.048.278	2.369.450
Incineração e Queima a Céu Aberto	1.492.641	351.646	103.947
Efluentes Líquidos Industriais	5.588.679	6.280.348	6.876.538
Efluentes Líquidos Domésticos	24.317.130	24.949.931	24.465.148
Emissões Totais	91.333.389	81.486.120	66.241.118

Figura 29: Panorama histórico e projeções para o setor de Resíduos no Brasil (1990-2035)



Brasil 2045

4

+
x

ADAPTAÇÃO



O Plano Clima Adaptação constituirá a base das ações e metas de adaptação a serem implementadas pelo Brasil nesta sua segunda Contribuição Nacionalmente Determinada, buscando respeitar e efetivar em todos os setores a legislação ambiental, climática e de direitos humanos, em particular os direitos das comunidades sob risco climático, combatendo o racismo ambiental e promovendo as políticas, medidas e ações sensíveis a equidade racial e de gênero.

Em consonância com a Decisão 2/CMA.5, o plano desenvolverá metas e indicadores para a adaptação e a criação de resiliência, levando em consideração o combate ao racismo ambiental e a identificação das áreas mais vulneráveis nas cidades, nas zonas rurais e nos ecossistemas terrestres e costeiros. Ao propor novas medidas de adaptação e aumento de resiliência para esses territórios e ecossistemas, incluindo a gestão, criação, consolidação e ampliação de áreas protegidas terrestres e marinhas, que respeitem os territórios e direitos dos povos e comunidades tradicionais e incorporem as recomendações do conhecimento científico mais recente disponível, tais indicadores deverão considerar a desagregação por raça, gênero, idade, condição de deficiência, renda e território, especialmente na perspectiva de mudanças necessárias no arranjo territorial urbano e da garantia do Direito à Cidade. Por meio de uma Estratégia Nacional de Adaptação, o governo federal garantirá apoio técnico, operacional e financeiro aos estados e municípios, com inclusão, capacitação e plena participação de comunidades locais e governos subnacionais.

- O Brasil se compromete a desenvolver novos cenários para avaliação de risco climático à infraestrutura (incluindo a de geração e transmissão de energia elétrica, vias públicas, equipamentos de saneamento básico, portos, aeroportos, hospitais, escolas e outras edificações estratégicas), à agropecuária, aos assentamentos humanos e aos ecossistemas terrestres, costeiros e marinhos até 2026. Tais cenários terão como ponto de partida modelos climáticos regionalizados, métodos participativos de identificação de risco e análises já feitas, como as da iniciativa Brasil 2040, do AdaptaClima, e do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas.
- O Brasil se compromete a incluir a análise de impacto e risco climático para todo o orçamento público por meio das Leis Orçamentárias Anuais e direcionar orçamento público para as medidas de adaptação e incentivos financeiros para iniciativas que assegurem maior resiliência aos eventos climáticos, compatíveis com o tamanho da crise.
- Também se compromete a incorporar novas evidências científicas, conhecimento tradicional indígena e conhecimento local relativas a todas as políticas e todos os planos voltados para:
 - a) a promoção do desenvolvimento urbano e regional;
 - b) a implementação de projetos de infraestrutura;
 - c) a expansão da geração de energia elétrica;
 - d) o uso e a ocupação do solo urbano e rural;



- e) a promoção da agricultura e da pecuária;
 - f) a promoção da melhoria da saúde pública;
 - g) a garantia de segurança alimentar e nutricional;
 - h) o desenvolvimento industrial;
 - i) a gestão de recursos hídricos;
 - j) a gestão do oceano e da zona costeira;
 - k) e a conservação da biodiversidade e dos ecossistemas.
- Todas as políticas públicas supracitadas e os planos e ações a elas relacionados passarão a ser alinhados aos objetivos, às diretrizes, às estratégias e aos indicadores do Plano Clima Adaptação e à Estratégia Nacional de Adaptação, conforme determina a lei 14.904/2024.
 - Deve-se fortalecer a resiliência da indústria nacional frente aos impactos das mudanças climáticas, com priorização à modernização e adaptação das infraestruturas industriais para enfrentar eventos climáticos, garantindo a continuidade das operações.
 - O Brasil investirá em infraestruturas adaptadas à mudança do clima, englobando um sistema de transporte público com qualidade operacional para atrair os usuários, com sistemáticos investimentos em renovação da frota com tecnologias mais sustentáveis, reestruturação de contratos e instrumentos de regulação que permitam promover maior qualidade na prestação de serviços e maior controle do poder público.
 - Será incentivada a mobilidade ativa através da estruturação de cidades caminháveis e pedaláveis, com a melhoria na qualidade da pavimentação e sinalização, incremento de corredores verdes, aumento da malha cicloviária, ampliação das possibilidades de conexões curtas de deslocamentos, investimentos em iluminação pública e infraestrutura para estacionamento de bicicletas, trazendo mais acessibilidade, segurança e qualidade para a mobilidade básica das pessoas.
 - O país adotará metas, estratégias e indicadores de redução das áreas de risco de desastres climáticos e aumento da capacidade de resiliência, especialmente nas regiões litorâneas e nas encostas em zonas urbanas.
 - Serão estabelecidas políticas, medidas e ações voltadas para urbanização qualificada e proteção de comunidades e populações em áreas de risco, com vistas a assegurar sua permanência em seus territórios, desde que viável tecnicamente em face das condições locais. Quando as realocações forem extremamente necessárias, que seja garantido o adequado reassentamento, sempre em diálogo com as lideranças e a população local.
 - Deve-se direcionar os investimentos no reforço de estruturas em áreas críticas e sob

risco climático, bem como na infraestrutura necessária para se evitar os efeitos adversos em tais situações. Ainda, deve-se priorizar estudos e investimentos em arranjos urbanos adaptados à crise climática, evitando-se os adensamentos urbanos em fundos de vale.

- Serão promovidas, além de obras de infraestrutura, ações de adaptação baseadas em ecossistemas e na natureza, usando a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos como parte da estratégia de adaptação.
- A União, Estados, Distrito Federal e Municípios devem ampliar e efetivar os incentivos para a preservação e ampliação das áreas verdes urbanas como potencial para utilização dos serviços ecossistêmicos e incentivar a utilização de soluções baseadas na natureza para ampliar a resiliência das cidades e garantir maior segurança à população urbana e periurbana em relação aos impactos da mudança do clima.
- Até 2027, o Brasil terá estabelecido sistemas de alerta precoce de múltiplos riscos, serviços de informações climáticas para redução de riscos e observação sistemática para apoiar dados, informações e serviços aprimorados relacionados ao clima, e terá investido recursos na etapa de preparação, com a promoção de planos territorializados de ação frente a desastres para melhorar a capacidade de resposta das populações que vivem em áreas de risco.
- As respostas e os investimentos na adaptação dos territórios aos desastres devem incluir o fortalecimento dos órgãos estaduais e municipais de proteção e defesa civil, por meio do direcionamento de recursos, da valorização dos profissionais de defesa civil, da capacitação adequada, de acordo com as condições e especificidades de cada território, do aprimoramento da comunicação e da governança, fomentando assim a participação social e intersetorial, incluindo o diálogo constante com as políticas de saúde e assistência social de forma preventiva.
- Deve-se promover uma produção agropecuária resiliente ao clima, sustentável e regenerativa;

Ciente de que algumas ações de adaptação têm sinergias com ações de mitigação, o Brasil:

- Desenvolverá a geração descentralizada de energia, especialmente pequenos parques eólicos e solares, prioridade para o gerenciamento pelas comunidades e asseguradas as salvaguardas sociais necessárias.
- Realizará o mapeamento da integridade estrutural e de segurança das infraestruturas energéticas existentes em relação a danos associados aos riscos climáticos, propondo soluções, bem como os efeitos nas taxas de eficiência energética das plantas de gera-



ção de energia com temperaturas mais elevadas, ajustando os modelos de acordo com esses novos parâmetros.

- Considerará os cenários de mudanças climáticas e modelagens sobre os recursos hídricos e avaliará os impactos em termos de produção de energia elétrica e garantia de geração de energia limpa.
- Utilizará as Soluções baseadas na Natureza para fins de redução de ondas de calor em ambientes urbanos associadas com estratégias passivas de conforto ambiental para diminuição da temperatura interna em edificações.
- Direcionará orçamento e esforços para a habilitação dos serviços públicos de saúde para o atendimento integral da população brasileira quanto aos efeitos adversos das mudanças climáticas, como estresse térmico, arboviroses e doenças transmissíveis pela água.

Brasil 2045

5

+
x

JUSTIÇA
CLIMÁTICA





A justiça climática é transversal a todas as agendas, trazendo consigo diversas discussões estruturantes da agenda climática nacional, as quais devem ter como um dos principais pressupostos para elaboração e efetivação de políticas públicas com direitos humanos e o combate ao racismo ambiental. Os planos nacionais, setoriais e territoriais devem ter como centralidade a busca por justiça climática, visando diminuir as desigualdades sociais, raciais, étnicas, de classe e gênero, estabelecendo metas claras, objetivas e ambiciosas. A justiça climática também deve ser alcançada pelo estrito cumprimento da legislação existente, em especial as normas garantidoras de direitos fundamentais e estruturantes, bem como de formulação e efetivação de políticas públicas.

Deve-se avançar na efetivação da educação climática (e antirracista) da sociedade, agentes públicos e privados, com foco essencial nas crianças e adolescentes.

O Brasil deve concluir todos os processos de demarcação de terras indígenas abertos e não concluídos e de titulação de territórios quilombolas. Além de medida de mitigação, pela proteção contra o desmatamento, a integridade, a proteção e a adequada gestão dos territórios tradicionais ajuda a fortalecer a capacidade adaptativa do país, sendo igualmente medida urgente para garantir a justiça climática para essas populações. O país também deve garantir a proteção dos direitos e culturas dos povos e comunidades tradicionais e indígenas, em cumprimento ao que se determina na legislação brasileira, destacando-se a Constituição Federal brasileira, a Convenção OIT 169, o Estatuto do Índio (Lei Federal 6.001/1973) e a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais (Decreto Federal 6.040/2007).

Ainda, deve-se garantir a participação das comunidades mais impactadas pela emergência climática nos processos de discussão, financiamento e implementação de medidas e ações de adaptação às mudanças climáticas.

Deve haver o direcionamento de orçamento público para as medidas de adaptação, bem como para o fortalecimento da agenda de justiça climática e incentivos financeiros para melhores práticas socioambientais e climáticas. Seja de origem nacional ou estrangeira, os recursos financeiros devem ser aplicados corretamente nas situações e realidades que realmente necessitam de tais investimentos, como a prevenção de desastres e o fortalecimento da agricultura familiar. Importante ressaltar a relevância do olhar local para as mazelas territoriais, ou seja, para a regionalização das problemáticas e direcionamento dos investimentos. É necessária a criação de políticas específicas para atingidos climáticos.

Nesse contexto, deve-se pensar num “orçamento participativo climático” a nível local, com regras para a aplicação correta dos recursos e mais participação da sociedade (em especial das comunidades vulnerabilizadas/atingidas) para discutir o seu uso com transparência. Dentro desse contexto, vale ressaltar a necessidade de inserção da sociedade e dos atingidos/vulnerabilizados nas atividades e discussões relativas à transferência de recursos financeiros para ações de prevenção em áreas de risco de desastres dispostas no Decreto Federal 11.219/2022.

No Brasil, os eventos climáticos extremos vêm se avolumando numa crescente que traz preocupação e impactos econômicos significativos, como a perda de safras e desembolsos extraordinários dos cofres públicos para mitigar os efeitos negativos das mudanças climáticas, como visto em 2024 no Rio Grande do Sul – segundo o Datafolha, 47% das pessoas que ganham até dois salários mínimos relatam ter tido prejuízos econômicos com as enchentes, e 52% dos pretos tiveram perdas, contra 26% dos brancos³⁰.

Na gestão dos desastres, é essencial que haja o direcionamento de esforços e orçamento para a redução das áreas de risco, especialmente as litorâneas, periferias das cidades e próximo de encostas, a fim de se efetivar a agenda de adaptação e não somente de mitigação de efeitos. Projetos de infraestrutura urbana voltados para a permanência da população que reside em áreas de risco, mediante a urbanização qualificada de seus territórios, se viável tecnicamente em face das condições locais, estudos desenvolvidos e da perspectiva de eventos extremos, com a garantia da segurança à vida da população ali residente. Tal medida passa pela revisão e efetivação da legislação brasileira, especialmente as relacionadas às atividades de defesa civil e repasses de recursos aos municípios. O monitoramento e acompanhamento público de tais medidas é essencial.

Ainda na questão territorial, deve haver o avanço nos instrumentos de gestão dos espaços terrestres e aquáticos para povos e comunidades tradicionais, com a priorização na destinação de territórios (Termo de Autorização de Uso Sustentável - TAUs - e Contrato de Concessão de Direito Real de Uso - CCDRU) para se direcionar medidas para além da demarcação/reconhecimento de territórios, mas também manutenção das atividades econômicas sustentáveis.

Relacionando a pauta de energia com adaptação climática, deve se desenvolver a geração descentralizada de energia, especialmente pequenos parques eólicos e solares, com o seu gerenciamento pelas comunidades, visando o pleno acesso energético a povos e comunidades tradicionais, inclusive para manutenção das suas atividades básicas.

³⁰ <https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2024/06/enchentes-do-rs-atingiram-proporcao-maior-de-pobres-negros-e-menos-escolarizados.shtml>

Brasil 2045

6

+
x

**OCEANO
E ZONAS
COSTEIRAS**



Na Decisão 1/CMA.5 (Global Stocktake), as partes foram convidadas a conservar e restaurar os oceanos e ecossistemas costeiros e aumentar a escala das ações de mitigação baseadas no oceano. Foi também reconhecido que as ações de adaptação baseadas no oceano e medidas para aumentar resiliência a partir da abordagem ecossistêmica reduzem o alcance do risco causado pelas mudanças climáticas e promovem múltiplos co-benefícios. Por fim, foi encorajado que ações de adaptação e mitigação baseadas no oceano sejam fortalecidas.

A maior faixa contínua de manguezais do mundo está no norte brasileiro, representando 80% da cobertura de manguezais do país. A maior parte da área de manguezais e apicuns do país está dentro de unidades de conservação (ICMBio, 2018) da Zona Costeira Brasileira. Apesar da importância desses números, já contabilizamos 25% de perda da cobertura original desse ecossistema desde o início do século XX, sendo que no Nordeste esse percentual pode chegar a 40% por projetos de infraestrutura e fazendas de camarão (ICMBIO, 2018). O Mapbiomas destaca que ações antrópicas diretas foram as maiores responsáveis pelas mudanças na cobertura de manguezais e apicuns entre os anos 2000 e 2020.

Os manguezais assumem importância ainda mais significativa por contribuírem tanto na adaptação dos impactos às mudanças climáticas quanto na fixação de carbono. Estudos indicam que as maiores concentrações de carbono no solo da Amazônia estão em áreas de manguezais. Estima-se que manguezais brasileiros tenham potencial de sequestrar 468,3 toneladas de carbono por hectare³¹, potencial que precisa ser considerado no desenvolvimento de uma estratégia nacional para aproveitamento de carbono azul, e que, uma vez iniciada, possa gerar inventário para quantificação, compreensão e dados compartilháveis. Esses ecossistemas são fundamentais tanto para as comunidades costeiras — onde os manguezais são fonte de subsistência e proteção contra desastres naturais — quanto para o resto do mundo, que tem nos mangues um aliado contra o aquecimento global.

Nesse sentido, o Brasil deve recuperar 27 mil hectares de manguezais e apicuns. Para além das metas de restauração, é necessário identificar áreas críticas às mudanças climáticas que já apresentam projeções e/ou sintomas de impacto (áreas de intrusão salina, áreas de projeção de aumento do nível do mar e áreas recorrentes de branqueamento), tendo meta específica de recuperação de 30 mil hectares de restinga arbórea até 2035. Essas áreas devem ser prioritárias para o desenvolvimento de planos de adaptação, mitigação e ações emergenciais.

O relatório “Situação do Clima Global 2023” da Organização Meteorológica Mundial³² enfatiza que em 2023 o aumento da temperatura do oceano atingiu seu pico em 65 anos de análise. Efeito que altera significativamente a dinâmica oceânica, prejudicando a capacidade de reduzir a temperatura da atmosfera e aumentando o potencial de acidificação das águas. O processo de acidificação oceânica tem levantado

³¹ <https://www.nature.com/articles/s41467-024-45459-w>

³² World Meteorological Organization (WMO). State of the Global Climate 2023. Geneva, Switzerland, 2024 (https://library.wmo.int/viewer/68835/download?file=1347_Statement_2023_en.pdf&type=pdf&navigator=1o.int)



atenção uma vez que afeta organismos e serviços ecossistêmicos, tendo potencial para reduzir a biodiversidade e reforçar a insegurança alimentar.

Mais de 54% das áreas de recifes de coral no oceano estão passando pelo quarto evento de branqueamento global³³, monitorados pelo Satélite Nacional Ambiental através do “Coral Reef Watch” (NOAA). O branqueamento tem acontecido especialmente na Flórida, Caribe, Brasil, além de vários países no Pacífico Sul, Oriente Médio, Indonésia e África. A vulnerabilidade dos recifes de corais causa grande preocupação, uma vez que trata-se de um dos ecossistemas mais biodiversos do planeta, abrigo de cerca de 25% das espécies marinhas, incluindo aquelas de grande importância ecológica e comercial.

Sabemos, no entanto, que esse cenário tende a piorar, pois ao atingirmos 1,5°C de aumento médio da temperatura a projeção é de perda de 70% a 90% dos corais do mundo, que seriam extintos com um aquecimento de 2°C. No Brasil, a APA Costa dos Corais já sofreu 18,1% de perda (PEREIRA et al., 2022)³⁴, enquanto na região de Abrolhos outro estudo identificou mortalidade de 89% de corais de fogo na onda de calor de 2019 (DUARTE et al., 2019)³⁵.

Além da diminuição do estoque pesqueiro e de prejudicar as atividades turísticas, a deterioração dos recifes de coral intensifica a vulnerabilidade costeira, especialmente durante eventos extremos, como ressacas e tempestades, resultando em significativos danos materiais e imateriais. Ao evitar os efeitos de ressacas e outros eventos climáticos extremos, os recifes protegem a infraestrutura pública e privada, evitando também gastos com obras para erguer barreiras artificiais cada vez mais necessárias em regiões costeiras.

O Coral Reef Breakthrough, lançado na COP28, determina 4 pontos de ação para salvar os recifes de coral: 1) Parar as causas da perda - Mitigar fontes de poluição terrestre, desenvolvimento costeiro destrutivo e pesca excessiva; 2) Dobrar a área de recifes protegidos - Reforçar esforços de conservação de recifes alinhados com metas globais, incluindo o 30x30 (30% de áreas protegidas até 2030); 3) Acelerar a restauração - Apoiar soluções inovadoras e designs climáticos para adaptar 30% dos recifes degradados até 2030; 4) Garantir investimentos de pelo menos US\$ 12 bilhões até 2030 para conservar e restaurar esses ecossistemas cruciais. O Brasil deve responder a esse chamado, criando uma meta de adaptação voltada para desenvolver e implementar um plano para uso sustentável, conservação e restauração dos recifes de corais a partir de uma abordagem ecossistêmica.

Muitos dos municípios costeiros apresentam grandes sistemas estuarinos que se relacionam com processos oceânicos e de continente coexistem. Alterações do regime hidrológico que são comuns em eventos extremos e afetados diretamente pelas mudanças climáticas ainda não fazem parte da equação de

³³ <https://www1.folha.uol.com.br/opiniaio/2024/04/o-oceano-em-preto-e-branco.shtml>

³⁴ <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2022.725778/full>

³⁵ <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2020.00179/full>

adaptação para zonas costeiras. É necessário, portanto, desenvolver políticas de adaptação que considerem estuários em sua base, evidenciando a relação entre ‘intervenções no continente x respostas na zona costeira’ e vice-versa – a fim de prevenir ou reduzir o impactos sociais e ambientais de desastres como o que ora se observa no Estado do Rio Grande do Sul. Sugere-se, portanto, que programas de gestão de recursos hídricos dialoguem com o gerenciamento costeiro, a fim de proteger esses ambientes e adaptar, como necessário, para proteção de biodiversidade e populações afetadas por eventos climáticos.

Emerge, também, a preocupação com a expansão imobiliária nas cidades do litoral, especialmente no que tange à restauração urbana na área de orla, seja pelos manguezais, apicuns ou mesmo áreas de restinga, que tem relevante importância para o ecossistema local e contenção dos efeitos adversos das mudanças do clima nessas regiões. Como meta global, é importante que haja degradação zero dos manguezais, apicuns e restingas e que se atinja a meta de 30% de áreas marinhas protegidas até 2035.

O fortalecimento das economias da sociobiodiversidade costeira e marinha, bem como a destinação de terrenos de marinha de interesse social, compreendendo espaços de moradia e acesso a ambientes de trabalho e aos recursos naturais, também são instrumentos importantes para a indução da preservação e conservação dos ecossistemas costeiros e marinhos. Ainda, deve-se focalizar as políticas públicas dessas regiões nas populações afetadas diretamente por eventos extremos, como desastres ambientais e climáticos, além do aumento do nível do mar, incluídos os pescadores locais e comunidades e povos tradicionais que vivem e desenvolvem suas atividades nessas regiões.

Áreas Marinhas Protegidas (AMPs) e outras áreas conservadas, reconhecendo territórios de povos e comunidades tradicionais, são um dos principais meios para a conservação participativa e justa da biodiversidade marinha, razão pela qual são abordadas na Meta 3 do Marco Global de Biodiversidade. Na era das mudanças climáticas³⁶, áreas protegidas assumem novos papéis, devendo ser consideradas nas NDCs por também aumentar a resiliência da biodiversidade e comunidades costeiras, ser medida de adaptação e ajudar a mitigar o ritmo e a extensão dos impactos das mudanças climáticas. A eficácia das AMPs na redução do declínio dos sistemas marinhos, permitindo a mitigação e adaptação às mudanças climáticas e a resiliência sócio-ecológica tem sido constantemente relatada em experiências práticas e científicas³⁷.

Atualmente, o Brasil possui 26,1% de Áreas Marinhas Protegidas. Entretanto, a avaliação de 96% das UCs Marinhas identificou que menos de um terço delas podem ser consideradas plenamente efetivas (SAM-Ge, 2020). Além disso, não estamos perto de formar uma rede conectada de UCs, de forma representati-

³⁶ https://ocean-climate.org/wp-content/uploads/2022/11/Policy-Brief_Adaptation_MPA.pdf

³⁷ [https://www.cell.com/one-earth/pdfExtended/S2590-3322\(22\)00480-8](https://www.cell.com/one-earth/pdfExtended/S2590-3322(22)00480-8)

<https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.1701262114>

<https://www.iucn.org/resources/issues-briefs/marine-protected-areas-and-climate-change>



va, e efetiva, o que certamente garantiria a persistência da biodiversidade marinha a longo prazo (Magris et al., 2020)³⁸. Assim, é fundamental que esse percentual cresça para, no mínimo, 30% de áreas marinhas protegidas até 2030, fortalecendo o sistema de AMPs ao garantir conectividade, representatividade de habitats e governança equitativa.

É importante avançar em bases de informações que tragam modelagens, cenários e dados sobre a zona costeira e marinha do Brasil, tanto para a formulação de políticas públicas de mitigação e adaptação às mudanças do clima quanto para se elaborar metas específicas.

³⁸ <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/ddi.13183>

Brasil 2045

REFERÊNCIAS

+ x





ABSOLAR - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. ABSOLAR prevê energia solar como principal fonte brasileira até 2040. **ABSOLAR - Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica**, 2023. Disponível em: <<https://www.absolar.org.br/noticia/absolar-preve-energia-solar-como-principal-fonte-brasileira-ate-2040/>>. Acesso em: 2024.

ANDA - ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS. Setor de Fertilizantes - Anuário Estatístico 2022. Associação Nacional para Difusão de Adubos (Anda). São Paulo. 2022.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Nota Técnica nº 184/2023-STR/ANEEL - Atualização da Receita Fixa e da Tarifa de Angra 1 e 2, de 2024, em função da divulgação do IPCA de competência novembro de 2023**. Agência Nacional de Energia Elétrica. Brasília, p. 4. 2023.

ANFAVEA - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES. **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira 2023**. Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. São Paulo, p. 138. 2023.

BRASIL. **Decreto nº 11.666, de 24 de agosto de 2023**. Diário Oficial República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 25 ago. 2023. Seção 1, p. 1.

CARDOSO, Abmael S. *et al.* Impact of the intensification of beef production in Brazil on greenhouse gas emissions and land use. **Agricultural Systems**, [S.L.], v. 143, p. 86-96, mar. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2015.12.007>.

CEBRI - CENTRO BRASILEIRO DE RELAÇÕES INTERNACIONAIS. **Neutralidade de carbono até 2050: Cenários para uma transição eficiente no Brasil**. Centro Brasileiro de Relações Internacionais; Empresa de Pesquisa Energética; Centro de Economia Energética e Ambiental; Banco Interamericano de Desenvolvimento. Rio de Janeiro, p. 108. 2023.

CERRI, Carlos Eduardo P. *et al.* Tropical agriculture and global warming: impacts and mitigation options. **Scientia Agricola**, [S.L.], v. 64, n. 1, p. 83-99, fev. 2007. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-90162007000100013>.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Séries Históricas da Safra - Cana-de-açúcar. **Companhia Nacional de Abastecimento**, 2024. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>>. Acesso em: 2024.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Oferta e Demanda de Carnes. Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), 2024. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/oferta-e-demanda-de-carnes>>. Acesso em: ago. 2024.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar, Brasília, DF.

COSTA JUNIOR, C. *et al.* Assessing soil carbon storage rates under no-tillage: comparing the synchronic and diachronic approaches. **Soil And Tillage Research**, [S.L.], v. 134, p. 207-212, nov. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2013.08.010>.

E+ TRANSIÇÃO ENERGÉTICA. **Scoping Paper on the Brazilian Steel Industry**. E+ Transição Energética. Rio de Janeiro, p. 54. 2022.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. Dados conjunturais da produção de arroz (*Oryza sativa* L.) no Brasil (1986 a 2023): área, produção e rendimento. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2021. Disponível em: <https://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/index.htm>. Acesso em: 10 mar. 2024.

EPBR. TCU diz que Angra 3 custará R\$ 43 bilhões mais caro que alternativas; Eletronuclear rebate. **EPBR**, 2024. Disponível em: <<https://epbr.com.br/tcu-diz-que-angra-3-custara-r-43-bilhoes-mais-carro-que-alternativas-eletronuclear-rebate/>>. Acesso em: 2024.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Leilão de Energia Nova A-5 de 2021 - Informações sobre a Habilitação Técnica e sobre os Projetos Vencedores**. Empresa de Pesquisa Energética; Ministério de Minas e Energia; Governo Federal do Brasil. Rio de Janeiro, p. 1. 2021.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional 2023: Ano base 2022**. Empresa de Pesquisa Energética; Ministério de Minas e Energia; Governo Federal do Brasil. Rio de Janeiro, p. 274. 2023a.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Plano Decenal de Expansão de Energia 2032. **Empresa de Pesquisa Energética**, 2023b. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2032>>. Acesso em: 2024.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA.. **Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2034 - Premissas demográficas e econômicas**. Empresa de Pesquisa Energética; Ministério de Minas e Energia; Governo Federal do Brasil. Rio de Janeiro, p. 16. 2024.

EPL - EMPRESA DE PLANEJAMENTO E LOGÍSTICA. **PNL 2035 - Plano Nacional de Logística**. Empresa de Planejamento e Logística. Brasília, p. 216. 2021.

ESTEVAM, C. G. *et al.* Potencial de Mitigação de gases de efeito estufa das Ações de Descarbonização da produção de soja até 2030. **Observatório de Conhecimento e Inovação em Bioeconomia**. Rio de Janeiro, RJ: Fundação Getúlio Vargas, p. 1-23, 2022.



FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO (FBPDP). Área do Sistema Plantio Direto, 2018. Disponível em: <https://febrapdp.org.br/area-de-pd>. Acesso em: 09 abr. 2024.

GOMES, Rodrigo da Costa *et al.* **Contribuição do Programa PROAPE - Precoce à Política Estadual de Mudanças Climáticas e seus possíveis impactos nas emissões de gases de efeito estufa no Estado de Mato Grosso do Sul**. Campo Grande: Embrapa, 2023. 24 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1156383/contribuicao-do-programa-proape---precoce-a-politica-estadual-de-mudancas-climaticas-e-seus-possiveis-impactos-nas-emissoes-de-gases-de-efeito-estufa-no-estado-de-mato-grosso-do-sul>. Acesso em: 24 maio 2024.

HEBEDA, O. *et al.* Pathways for deep decarbonization of the Brazilian iron and steel industry. **Journal of Cleaner Production**, 2023. 12. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136675>

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Projeções da População. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2018. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9109-projecao-da-populacao.html>>. Acesso em: 2024.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico - Tabela 1209 - População. **Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA**, 2023. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1209>>. Acesso em: 2024.

IBGE (Brasil). Pesquisa da Pecuária Municipal: tabela 3939 - efetivo dos rebanhos, por tipo de rebanho. Tabela 3939 - Efetivo dos rebanhos, por tipo de rebanho. 2023b. SIDRA. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939>. Acesso em: 17 mar. 2024.

IBGE (Brasil). Pesquisa da Trimestral do Abate de Animais: tabela 1092 – número de informantes, quantidade, peso total de carcaças de bovinos abatidos, no mês e no trimestre, por tipo de rebanho e tipo de inspeção. 2023c. SIDRA. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939>. Acesso em: 17 mar. 2024.

IBGE (Brasil). Produção Agrícola Municipal: tabela 5457 - área plantada ou destinada à colheita, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias e permanentes. Tabela 5457 - Área plantada ou destinada à colheita, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias e permanentes. 2023a. SIDRA. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>. Acesso em: 10 mar. 2024.

IBGE (Brasil). **Censo agropecuário**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. 775 p.

IBGE (Brasil). **Censo agropecuário**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. 108 p.

INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ (IRGA). Anuário Brasileiro do Arroz. Santa Cruz do Sul/RS. 2023. IPCC 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Editora: IGES, Japão.

IPCC 2019. 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Calvo Buendia, E., Tanabe, K., Kranjc, A., Baasansuren, J., Fukuda, M., Ngarize, S., Osako, A., Pyrozhenko, Y., Shermanau, P. and Federici, S. (eds). Editora: IPCC, Suíça.

IPCC - IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan. Volume 5 – Waste. 2006. Disponível em: <<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol5.html>>

ITDP - INSTITUTE FOR TRANSPORTATION AND DEVELOPMENT POLICY; UC DAVIS - UNIVERSITY OF CALIFORNIA, DAVIS. **Compact Cities Electrified: Brazil**. Institute for Transportation and Development Policy; University of California, Davis. New York, p. 22. 2024.

LIMA, Augusto M.N. *et al.* Soil organic carbon dynamics following afforestation of degraded pastures with eucalyptus in southeastern Brazil. **Forest Ecology And Management**, [S.L.], v. 235, n. 1-3, p. 219-231, nov. 2006. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2006.08.331>.

MAIA, Stoécio M.F.; OGLE, Stephen M.; CERRI, Carlos E.P.; *et al.* Effect of grassland management on soil carbon sequestration in Rondônia and Mato Grosso states, Brazil. **Geoderma**, v. 149, n. 1–2, p. 84–91, 2009. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0016706108003406>>. Acesso em: 20 maio 2024.

MAPA (Brasil). PROJEÇÕES DO AGRONEGÓCIO: brasil 2022/23 a 2032/33 projeções de longo prazo. Brasília: Mapa, 2023. 108 p. Disponível em <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/projecoes-do-agronegocio-2022-2023-a-2032-2033.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2024.

MAPA (Brasil). **Estatísticas do Setor**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/plano-nacional-de-fertilizantes/estatisticas-do-setor>. Acesso em: 11 abr. 2024.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA. Agropecuária Brasileira em Números. **Ministério da Agricultura e Pecuária**, 2024. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/agropecuaria-brasileira-em-numeros>>. Acesso em: 2024.

MAPA. Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: Plano ABC (Agricultura de Baixa emissão de carbono). Brasília, 2012. 176 p. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/arquivo-publicacoes-plano-abc/download.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2024.



MAPA (Brasil). Agrostat. 2023. Exportação importação. Disponível em: <https://mapa-indicadores.agricultura.gov.br/publico/extensions/Agrostat/Agrostat.html>. Acesso em: 19 ago. 2024.

MAPA. PLANO SETORIAL PARA ADAPTAÇÃO À MUDANÇA DO CLIMA E BAIXA EMISSÃO DE CARBONO NA AGROPECUÁRIA 2020-2030: plano operacional. Brasília, 2021. 136 p. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/arquivo-publicacoes-plano-abc/final-isbn-plano-setorial-para-adaptacao-a-mudanca-do-clima-e-baixa-emissao-de-carbono-na-agropecuaria-com-pactado.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2022.

MAPBIOMAS (Brasil). Qualidade de pastagem. 2023. Disponível em: <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org>. Acesso em: 26 mar. 2024.

MARCO LEGAL DO SANEAMENTO – Atualização do marco legal do saneamento básico. 2020. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm

MCTI (Brasil). QUARTO INVENTÁRIO NACIONAL DE EMISSÕES E REMOÇÕES ANTRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA: relatório síntese dos relatórios de referência subsetoriais setor agropecuária versão de. Brasília, 2020a. 9 p. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/relatorios-de-referencia-setorial>. Acesso em: 11 mar. 2024.

MCTI (Brasil). QUARTO INVENTÁRIO NACIONAL DE EMISSÕES E REMOÇÕES ANTRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA: relatório de referência setor agropecuária subsetor fermentação entérica. Brasília, 2020b. 143 p. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/relatorios-de-referencia-setorial>. Acesso em: 09 mar. 2024.

MCTI (Brasil). QUARTO INVENTÁRIO NACIONAL DE EMISSÕES E REMOÇÕES ANTRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA: relatório de referência setor agropecuária subsetor manejo de dejetos. Brasília, 2020c. 142 p. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/relatorios-de-referencia-setorial>. Acesso em: 09 mar. 2024.

MCTI (Brasil). QUARTO INVENTÁRIO NACIONAL DE EMISSÕES E REMOÇÕES ANTRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA: relatório de referência setor agropecuária subsetor cultivo de arroz. Brasília, 2020d. 102 p. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/relatorios-de-referencia-setorial>. Acesso em: 09 mar. 2024.

MCTI (Brasil). QUARTO INVENTÁRIO NACIONAL DE EMISSÕES E REMOÇÕES ANTRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA: relatório de referência setor agropecuária subsetor queima de resíduos agrícolas. Brasília, 2020e. 114 p. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/relatorios-de-referencia-setorial>. Acesso em: 09 mar. 2024.

MCTI (Brasil). QUARTO INVENTÁRIO NACIONAL DE EMISSÕES E REMOÇÕES ANTRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA: relatório de referência setor agropecuária subsector solos manejados, calagem e aplicação de ureia. Brasília, 2020f. 114 p. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/relatorios-de-referencia-setorial>. Acesso em: 09 mar. 2024.

MCTI – Ministério da Ciência e Tecnologia e Inovação. 2020. Relatório de Referência da Quarta Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, Setor Resíduos do Quarto Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de GEE. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/relatorios-de-referencia-setorial/pdf/inventario4/rr_4cn_residuos_final_set2020.pdf>

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários 2013: Ano-base 2012**. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, p. 115. 2014.

MME (Brasil). **Plano Nacional de Mineração 2030 (PNM – 2030)**. Brasília: Mme, 2011. 180 p. Disponível em: https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/plano-nacional-de-mineracao-2030-1/documentos/pnm_2030.pdf. Acesso em: 04 abr. 2024.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. Novo PAC prevê transição, mas destina R\$ 335 bilhões para petróleo e gás. **Observatório do Clima**, 2024. Disponível em: <<https://www.oc.eco.br/novo-pac-preve-transicao-mas-destina-r-335-bilhoes-para-petroleo-e-gas/>>. Acesso em: 2024.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA – Sistema de Estimativa de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa. 2023. Nota Metodológica do Setor de Resíduos. Disponível em: <<https://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2024/02/SEEG11-NM-RESIDUOS.pdf>>

OLIVEIRA, Daniele Costa de *et al.* Changes in soil carbon and soil carbon sequestration potential under different types of pasture management in Brazil. **Regional Environmental Change**, [S.L.], v. 22, n. 3, p. 1-11, 27 jun. 2022. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10113-022-01945-9>.

OMM - ORGANIZAÇÃO METEOROLÓGICA MUNDIAL. **Scientific Assessment of Ozone Depletion 2022 - Ozone Research and Monitoring - GAW Report No. 278**. World Meteorological Organization. Geneva, p. 509. 2022.

PLANARES - Plano Nacional de Resíduos Sólidos. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/agendaambientalurbana/lixao-zero/plano_nacional_de_residuos_solidos-1.pdf>

PLANSAB - Plano Nacional de Saneamento Básico. 2013. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/plansab/Versao_Conselhos_Resoluo_Alta_Capa_Atualizada.pdf>



POLIDORO, Jos Carlos; FREITAS, Pedro Luiz De; HERNANI, Luis; *et al.* The impact of plans, policies, practices and technologies based on the principles of conservation agriculture in the control of soil erosion in Brazil. Disponível em: <<https://www.authorea.com/users/313628/articles/444131-the-impact-of-plans-policies-practices-and-technologies-based-on-the-principles-of-conservation-agriculture-in-the-control-of-soil-erosion-in-brazil?commit=8ec3ada4c79b971cdae8146043d59676c3bc3e6d>>. Acesso em: 20 maio 2024.

REDE ILPF. **Nota Técnica**, 2015. 10 p. Disponível em: https://www.embrapa.br/documents/1354377/59272646/Nota+te%CC%81cnica_Rede+ILPF+.pdf/30ebc87e-0b06-996a-92f8-e5f28eb-f2e0e. Acesso em: 09 abr. 2024.

REDE KIGALI. Emenda de Kigali é promulgada no Brasil, 2023. **Rede Kigali**. Disponível em: <<https://kigali.org.br/emenda-de-kigali-e-promulgada-no-brasil/>>. Acesso em: 2024.

RTC - RENEWABLE THERMAL COLLABORATIVE. The Renewable Thermal Vision - Finding a Path Forward for Decarbonizing Thermal Energy in the U.S. Industrial Sector. **Renewable Thermal Collaborative**, 2022. Disponível em: <<https://www.renewablethermal.org/rtc-vision-report-downloads/>>. Acesso em: 2024.

SÁ, João Carlos de Moraes *et al.* Low-carbon agriculture in South America to mitigate global climate change and advance food security. **Environment International**, [S.L.], v. 98, p. 102-112, jan. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2016.10.020>. v. 10, n. 4 abril 2023.

SEMIL - SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE, INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA DO GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Plano Estadual de Energia 2050 - Versão de Consulta Pública**. Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística do Governo do Estado de São Paulo. São Paulo, p. 303. 2023.

SENADO FEDERAL. Projeto de Lei nº 528, de 2020. **Senado Federal**, 2024. Disponível em: <<https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/162696>>. Acesso em: 2024.

SNIC - SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO. **Relatório Anual 2022**. Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. São Paulo, p. 48. 2023.

WORLD BANK. Data. **World Bank Group**, 2024. Disponível em: <<https://data.worldbank.org/country/brazil?locale=pt>>. Acesso em: 2024.



OBSERVATÓRIO
DO **CLIMA**

Brasil 2045

 SEEG