



**Contribuição da Mata Atlântica
para a NDC brasileira:
análise histórica das emissões
de GEE e potencial de
mitigação até 2050**

OUTUBRO DE 2021



**Contribuição da Mata Atlântica
para a NDC brasileira:
análise histórica das emissões
de GEE e potencial de
mitigação até 2050**

OUTUBRO DE 2021

Realização:





A Fundação SOS Mata Atlântica é uma ONG ambiental brasileira. Atua na promoção de políticas públicas para a conservação da Mata Atlântica por meio do monitoramento do bioma, produção de estudos, projetos demonstrativos, diálogo com setores públicos e privados, aprimoramento da legislação ambiental, comunicação e engajamento da sociedade em prol da Mata Atlântica e do clima, da restauração da floresta, das áreas protegidas e da água limpa.

www.sosma.org.br

facebook.com/SOSMataAtlantica

twitter.com/sosma

youtube.com/sosmata

instagram.com/sosmataatlantica

[linkedin.com/company/](https://linkedin.com/company/fundacao-sos-mata-atlantica)

fundacao-sos-mata-atlantica

Presidência

Pedro Luiz Barreiros Passos

Vice-Presidência

Roberto Luiz Leme Klabin

Vice-Presidência de Finanças

Morris Safdié

CONSELHOS

Conselho Administrativo

Clayton Ferreira Lino, Fernando Pieroni, Fernando Reinach, Gustavo Martinelli, Ilan Ryfer, Jean Paul Metzger, José Olympio da Veiga Pereira, Luciano Huck, Marcelo Leite, Natalie Unterstell, Sonia Racy

Conselho Fiscal

Daniela Gallucci Tarneaud, Sylvio Ricardo Pereira de Castro

DIRETORIAS

Diretoria Executiva

Marcia Hirota

Diretoria de Comunicação e Marketing

Afra Balazina

Diretoria de Conhecimento

Luís Fernando Guedes Pinto

Diretoria de Finanças e Negócios

Olavo Garrido

Diretoria de Políticas Públicas

Maria Luisa Ribeiro

DEPARTAMENTOS

Administrativo Financeiro/

Valdeilton de Sousa
Aislan Silva, Débora Severo, Elaine Calixto, Fabiana Costa, Ítalo Sorilha, José Silva, Letícia de Mattos, Patrícia Galluzzi, Rosana Cinturião

Comunicação e Marketing

Andrea Herrera, Luisa Borges, Matheus Mussolin

Negócios

Carlos Abras
Ana Paula Santos, Lucas Oliveira

Políticas Públicas e Advocacy

Mario Mantovani
Beloyanis Monteiro, Lídia Parente*

Tecnologia da Informação

Kleber Santana

CAUSAS

Restauração da Floresta

Rafael Fernandes
Ana Paula Guido, Aretha Medina, Berlânia dos Santos, Celso da Cruz, Cícero de Melo Jr., Fernanda dos Santos, Filipe Lindo, Ismael da Rocha, Joaquim Prates, Joveni de Jesus, Kelly De Marchi, Loan Barbosa, Maria de Jesus, Mariana Martineli, Reginaldo Américo, Roberto da Silva, Wilson de Souza

Áreas Protegidas

Diego Martinez
Camila Takahashi, Monica Fonseca*

Água Limpa

Gustavo Veronesi
Cesar Pegoraro*, Marcelo Naufal*

*consultor(a)

EXPEDIENTE

Contribuição da Mata Atlântica para a NDC brasileira: análise histórica das emissões de GEE e potencial de mitigação até 2050

Autores

Luís Fernando Guedes Pinto, Renata Potenza, Marina Piatto, Tasso Azevedo

Pesquisa de Imagens

Andrea Herrera

Revisão

Ana Cíntia Guazzelli

Projeto Gráfico e Diagramação

Rodrigo Masuda / Multitude

Tradução

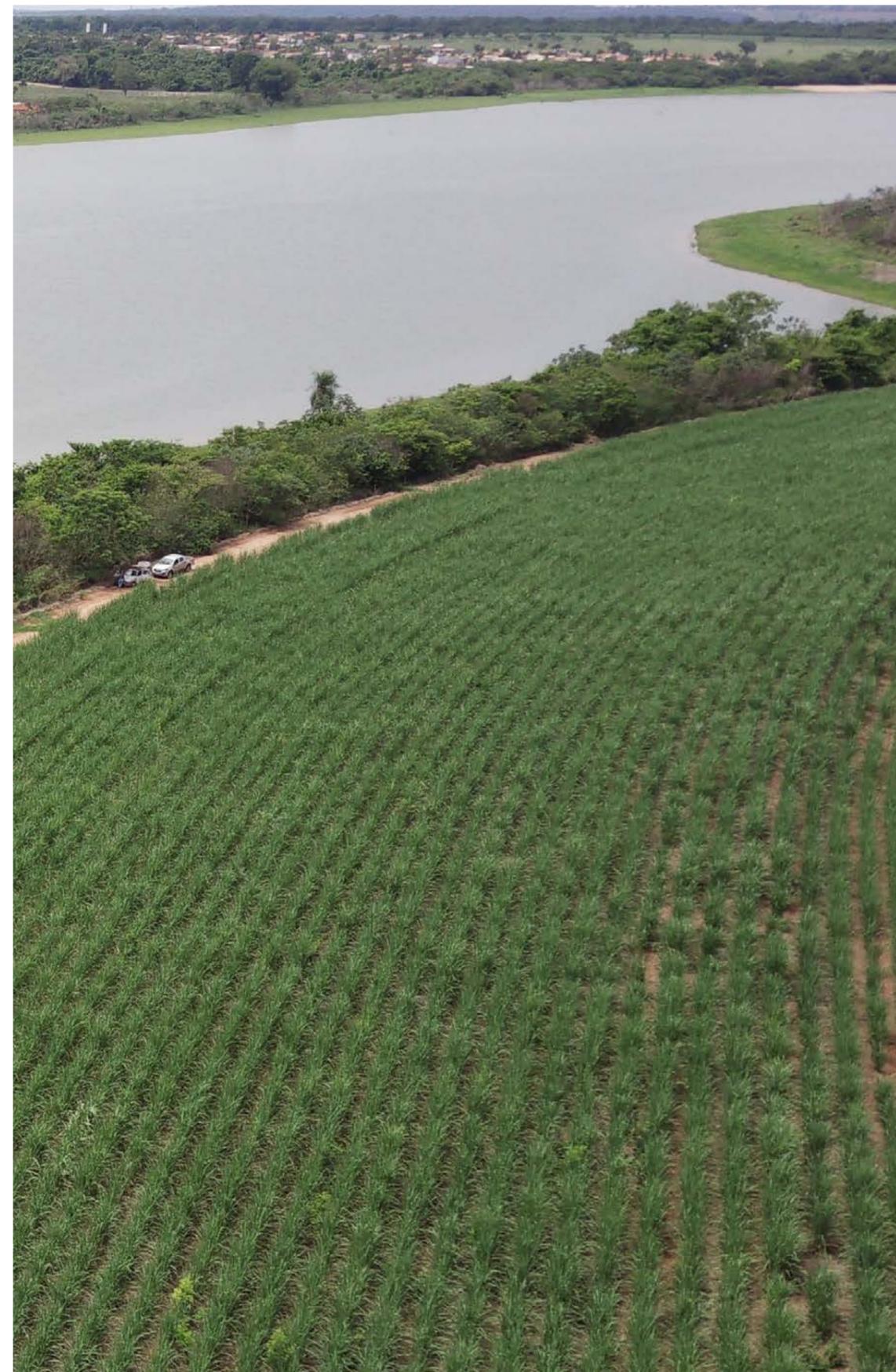
Janaína Ribeiro

Agradecimentos por apoio técnico:

Edriano Souza (IPAM), Marcos Rosa (Mapbiomas), Cláudio Maretti

Crédito das fotos

Capa - Hudson Laviola Filho
P. 5, 9, 42, 47 - Loan Barbosa



Resumo Executivo

- O estudo tem o objetivo de avaliar o potencial de mitigação das emissões de gases de efeito estufa (GEE) das atividades de uso da terra na Mata Atlântica. Para tanto, por meio dos dados e métodos do SEEG, analisou-se a série histórica de todos os setores de emissões do bioma, entre 2000 e 2018, e estimou-se o potencial de mitigação dos setores de mudança de uso da terra e agropecuária até 2050.
- A principal conclusão é que o setor de uso da terra (agropecuária + mudança de uso da terra) da Mata Atlântica pode ser neutro em emissões, a partir de 2042, alcançando desmatamento zero, em 2030; restaurando 15 milhões de ha de florestas e atingindo as projeções de produção agrícola e pecuária com práticas de baixo carbono. O cenário engloba alta produção de alimentos com fim do desmatamento, vigorosa restauração florestal e potencial geração de emprego e renda.
- O desmatamento histórico de 115 milhões de hectares de florestas da Mata Atlântica resultou na emissão de 55 Gigatoneladas de CO₂e (GtCO₂e) ao longo de 521 anos. Este valor é 20% maior do que o emitido pelo desmatamento da Amazônia e 5,5 vezes maior do que todas as emissões da China, em 2010, ano em que esse país foi o maior emissor do planeta com 9,87 GtCO₂e.
- As emissões de todos os setores do bioma Mata Atlântica (agricultura, mudança de uso da terra, resíduos, energia e indústria) foram de 8,55 GtCO₂e, entre 2000 e 2018, sendo o segundo bioma em emissões de GEE do país, com 21% do total emitido no Brasil, no período.
- Com emissões de 0,45 GtCO₂e, em 2018, a Mata Atlântica seria o 18º país com maiores emissões do mundo, ficando acima do Reino Unido, que emitiu 0,44 GtCO₂e, no mesmo ano.
- Abrigando 70% da população e 80% do PIB nacional, as emissões per capita e por unidade do PIB da Mata Atlântica foram de três a cinco vezes menores que as médias do Brasil, no período 2000-2018. Isto revela uma menor pegada e maior eficiência de emissões do bioma em relação à população e à economia do país.
- A Mata Atlântica também foi o segundo bioma mais importante em relação às remoções de gases de efeito estufa da atmosfera. Entre 2000 e 2018, o bioma foi responsável por 14% das remoções totais, fixando 1,25 GtCO₂e. As remoções anuais dobraram entre 2000 e 2018, principalmente em função do aumento das remoções por regeneração da vegetação secundária. As remoções giram entre 10 e 15% das emissões brutas anuais.
- O comportamento das emissões na Mata Atlântica por setor difere do restante do Brasil e, em especial, da Amazônia. Na Mata Atlântica, no período 2000-2018, as emissões foram lideradas pelos setores de energia (37%), agropecuária (32%) e mudança de uso da terra e floresta (17%). Quando somados, os setores relacionados ao uso da terra (agropecuária, mudança de uso da terra e florestas) são a principal fonte de emissões do período 2000-2018 (49%), mas em proporção menor que do Brasil e da Amazônia.
- Entre os subsetores de emissão, no período 2000-2018, destaca-se a liderança de Queima de combustíveis (36%), seguido por Fermentação entérica (20%) e Alteração do uso do solo - em especial o desmatamento -, com 16%.
- A eliminação do desmatamento e a substituição de combustíveis fósseis por renováveis teriam o potencial de reduzir as emissões totais do bioma em 52%, no período.
- Dentro do setor agropecuário, a Mata Atlântica é o segundo bioma mais expressivo em termos de emissões de gases de efeito estufa do país (27%), considerando-se o período histórico de 2000 a 2018 e emitindo 145 MtCO₂e em 2018.
- Ao longo do período de 19 anos, verificou-se um aumento de 11,4 MtCO₂e nas emissões de GEE da agropecuária para o bioma Mata Atlântica. Apesar desse aumento de 9%, a Mata Atlântica apresentou uma das menores taxas de crescimento das emissões quando comparada com os demais biomas, com maior eficiência produtiva por emissão, especialmente da pecuária.
- Três municípios da Mata Atlântica (São Paulo, Rio de Janeiro e Serra/ES) constam entre os 10 maiores emissores de GEE do

Brasil em 2018. Enquanto 10% dos municípios acumulam 65% das emissões do Brasil, 10% da Mata Atlântica acumulam 56% no bioma.

• Analisando a distribuição das emissões entre os subsetores e os municípios no bioma, percebe-se que a busca pela neutralidade de emissões na Mata Atlântica deveria priorizar políticas para:

- A redução do uso de combustíveis fósseis no transporte nas metrópoles;
- O tratamento de resíduos (esgoto e lixo) nas cidades associado à recuperação do metano e geração de energia elétrica a partir de sua combustão;
- O combate ao desmatamento em especial nos estados de MG, BA, PR, SC e MS que concentram 91% do desmatamento no bioma;
- A restauração florestal e a criação de áreas protegidas;
- A adoção da agricultura de baixo carbono com a recuperação de pastagens e solos degradados, pecuária mais eficiente e fixação biológica de nitrogênio.

• Tendo como base 2005, o fim do desmatamento até 2030, a recuperação/restauração de 15 milhões de hectares de florestas e a criação de 3 milhões de hectares de áreas protegidas, até 2050, resultariam em uma redução acumulada de emissões de 3,76 GtCO₂e, sendo 35% resultado da redução do desmatamento, 63% da regeneração florestal e 2% da criação de áreas protegidas. Isto é praticamente duas vezes maior que as emissões totais da Rússia, em 2018 (1,992), o quarto maior emissor do mundo no ano.

• A recuperação de 21 milhões de hectares de pastagens, implantação de 8,4 milhões de ha de ILPF e 24,9 milhões de ha de plantio direto na agricultura resultariam em um balanço positivo de 2,521 GtCO₂e em 2050, sendo 40% deste valor provenientes das pastagens recuperadas; 29% do ILPF e 31% do plantio direto. O valor é 1,5 vezes maior que as emissões do Japão, em 2018.

• O setor de uso da terra na Mata Atlântica tem o potencial de diminuir as emissões totais do bioma em até 6,28 GtCO₂e, entre 2005 e 2050, valor maior que todas as emissões da Índia (3,346) e da Rússia (1,992), em 2018, terceiro e quarto maiores emissores do planeta, no ano. Distribuindo-se em valor médio anual (0,139 GtCO₂e), seria suficiente para compensar um terço das emissões da França (0,361) ou do Vietnã (0,364), em 2018, por um período de 45 anos.

• O alcance das metas de redução das emissões e remoção dos GEE depende de medidas de governança e da adoção de melhores práticas por tomadores de decisão dos setores públicos e privados. Estas ações combinam políticas de comando e controle e de incentivos conhecidas, mas que precisam ser plenamente implementadas ou aprimoradas, como o Código Florestal, SNUC,

Planaveg, Plano Safra. Não há barreiras tecnológicas para a sua implantação e já tivemos avanços neste sentido nos últimos anos.

• De maneira complementar, o seu financiamento deve ser oriundo de investimentos para a adequação ambiental de imóveis rurais, de negócios e cadeias produtivas florestais e agroflorestais, da intensificação da pecuária e da agricultura de baixo carbono. Deve atrair recursos dos governos federal e estaduais, do setor privado, do mercado de carbono e do multilateralismo.

• As metas deste estudo podem ser incorporadas na próxima revisão da NDC brasileira, visando contribuir para o alcance do Acordo de Paris e de um país neutro em emissões em 2050.



Introdução

A Mata Atlântica ocupa 15% do território brasileiro e é o bioma mais devastado e ameaçado do país, sendo um dos cinco *hotspots* mais importantes para a conservação da biodiversidade no planeta (Myers et al., 2000). Considerando-se os remanescentes florestais maiores que três hectares (ha) sem degradação, restaram somente 12,4% da sua cobertura florestal original (SOS Mata Atlântica e INPE, 2021). Somando-se todos os fragmentos acima de 0,5 ha em qualquer estado de conservação e a regeneração, a cobertura florestal atinge 27% da área original (Rosa et al., 2021).

Apesar de uma intensa regeneração (Rezende et al., 2018), a cobertura florestal segue abaixo do limiar mínimo de 30% da paisagem para a conservação da sua biodiversidade (Banks-Leite, 2014). Estudos recentes apontam que a área total das florestas do bioma segue estável, com a perda de florestas maduras e a regeneração e perda de florestas jovens, resultando no aumento do isolamento de seus fragmentos em algumas regiões (Rosa et al., 2021). Além disso, há perda de biodiversidade e biomassa em grande parte de seus remanescentes (Lima et al., 2020). A distribuição dos fragmentos e da regeneração é desigual, com regiões com baixa cobertura de florestas. Como resultado, as florestas seguem em rota de alta ameaça para a sua perseverança e conservação.

Mesmo havendo extensas áreas contínuas de remanescentes florestais, estes estão distribuídos de maneira muito desigual, estando a maior parte em fragmentos menores que 50 hectares. Por volta de 80% estão presentes em terras privadas ou em imóveis rurais. E com toda esta ameaça, o bioma abriga 70% da população e 80% da economia nacional, que dependem em grande parte dos seus serviços ecossistêmicos (Marques e Grelle, 2021).

Frente à grande destruição dos ecossistemas no mundo e da sua importância para prover serviços essenciais para o bem-estar da humanidade e à economia, como a oferta de água, energia, alimentos, mitigar e adaptar às mudanças climática, entre muitos outros, a ONU declarou o período 2021-2030 como a Década da Restauração de Ecossistemas.

Neste contexto, a Mata Atlântica foi apontada como um dos ecossistemas com maior prioridade para a restauração no mundo, considerando-se os benefícios para a conservação da biodiversidade, a mitigação das mudanças climáticas e os custos para a sua

recuperação. O bioma faz parte de um grupo de ecossistemas do planeta em que a recuperação de 15% da sua área evitaria 60% das extinções de espécies previstas, ao mesmo tempo em que sequestraria o equivalente a 30% do CO₂ lançado na atmosfera desde o início da Revolução Industrial (Strassburg et al., 2020).

Assim, a restauração das suas florestas contribuiria para a reversão do seu ponto de não retorno (*tipping point*), ultrapassado décadas atrás, e poderia se tornar uma referência internacional para a conservação e restauração de ecossistemas tropicais altamente fragmentados e ameaçados. A restauração da Mata Atlântica em grande escala e em alta velocidade (e o consequente sequestro de grande quantidade de carbono) se combinaria com o fim do desmatamento da Amazônia (e a redução da emissão de grandes quantidades de gases de efeito estufa), seguindo a vocação brasileira de soluções baseadas na natureza para atingirmos o cenário de 1,5oC de aquecimento global (Pinto and Voivodic, 2021), assim como a promoção da agricultura de baixo carbono.

Além de sua importância para a produção agropecuária e de alimentos ao longo de toda a história do Brasil, a Mata Atlântica permanece como um bioma muito relevante para a agricultura nacional. Em 2018, ainda respondia pela maior parte da produção agropecuária do Brasil (41%) e por 22% do rebanho bovino brasileiro. Também se caracterizava por ser a região com maior produtividade média do país, apesar da crescente participação e aumento da produtividade no Cerrado (Souza et al., 2021). Na Mata Atlântica ainda temos a maior parte do cultivo e produção de commodities para exportação, como a cana-de-açúcar, o café, a laranja (suco de laranja) e o eucalipto (celulose). Há também relevante produção de grãos e cereais (incluindo soja), carne de aves, suínos e bovinos e grande parte dos alimentos para consumo direto da população brasileira, como laticínios, frutas, legumes e verduras.

Portanto, combater o desmatamento, incentivar a restauração em grande escala, promover a criação de novas áreas protegidas e fomentar a agricultura de baixo carbono no bioma Mata Atlântica são ações fundamentais para o enfrentamento das mudanças climáticas e para garantir a conservação da biodiversidade, a provisão de serviços ecossistêmicos e a produção de alimentos para o bem-estar e a prosperidade da população da Mata Atlântica e do Brasil.

Objetivo

Este estudo tem o objetivo geral de avaliar a contribuição potencial da Mata Atlântica para a mitigação das mudanças climáticas até 2050, considerando a ambição climática de limitar em até 1,5°C de aquecimento global até 2100. As conclusões pretendem oferecer subsídios para a revisão e o aprimoramento da NDC brasileira.

Para tanto, inicialmente, foi feita a análise histórica das emissões de todos os setores de emissão de GEE do bioma, entre 2000 e 2018. Em seguida, foi feita uma estimativa do potencial de redução de emissões e aumento de remoções de GEE dos setores de mudança de uso da terra e agropecuária, até 2050.

Métodos

A avaliação da evolução das emissões de gases de efeito no período 2000-2018 foi feita a partir dos dados do [SEEG](#) (Sistema de Estimativa de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa), do Observatório do Clima.

Segundo o SEEG, “as estimativas são geradas segundo as diretrizes do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), com base na metodologia dos Inventários Brasileiros de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases do Efeito Estufa, elaborado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), e em dados obtidos junto a relatórios governamentais, institutos, centros de pesquisa, entidades setoriais e organizações não governamentais”. O método completo está publicado na revista Nature (Azevedo et al., 2018). As estimativas de emissão são feitas para os cinco setores definidos pelo IPCC e o Inventário, sendo: agricultura, mudança de uso da terra e floresta, resíduos, energia e processos industriais.

Os fatores de emissão do SEEG seguem a iniciativa oficial do Inventário Brasileiro de Emissões. Este define o estoque de carbono em florestas da Mata Atlântica em 130,38 toneladas de carbono por hectare. A taxa de remoção por floresta secundária é de 1,66 tonC/ha/ano, usada para as estimativas de restauração. Para florestas primárias, a taxa é de 0,32 tonC/ha/ano, usada para as estimativas de remoção por áreas protegidas. O carbono da biomassa florestal foi convertido em CO₂ equivalente com a multiplicação pelo fator 3,67.

As estimativas de redução de emissões e incremento de remoções também foram feitas seguindo o método e equações do SEEG, a partir de metas que estabelecemos para os setores de Mudança de Uso da Terra e Agropecuária, para 2025, 2030 e 2050 (Tabela 1). Quando existentes, as metas seguem referências de metas ou compromissos internacionais e nacionais já definidos ou em negociação, que apontam para um cenário de ambição climática. Seguindo os parâmetros do Acordo de Paris, a linha de base das metas é o ano de 2005, isto é, as reduções e remoções de 2025, 2030 e 2050 são a diferença dos valores deste ano.

O estudo somente avaliou a redução de emissões e incremento das remoções, mas sem estimar as emissões futuras de cada setor. Portanto, os resultados não são de emissões líquidas, mas somente do potencial de redução e aumento de remoções. A avaliação do balanço líquido pode ser realizada em um estudo futuro.

O desmatamento segue a linha de base de 79.747 ha de floresta primária registrada pelo Mapbiomas, em 2005. Os dados de 2005 a 2019 foram os registrados pelo Mapbiomas para o período, com 38.903 ha para o último ano. Entre 2020 e 2026 foi projetada uma redução de 5 mil ha por ano. Em seguida, há diminuição de 1.000 ha por ano, até alcançar desmatamento zero, em 2030.

A recuperação florestal considera o crescimento médio de 156 mil ha/ano, entre 2005 e 2025 (Rosa et al., 2021). Para o período 2025-2030, foi projetado aumento da floresta nativa de 344 mil ha/ano e 500 mil ha/ano, entre 2030 e 2050, até alcançar a meta dos 15 milhões de hectares do Pacto pela Restauração da Mata Atlântica, em 2050. Considera a recuperação de 100% do déficit de APPs, até 2030, e a restauração de Reserva Legal e silvicultura econômica, entre 2030 e 2050, sem distinguir se é regeneração natural ou restauração.

A estimativa das áreas protegidas parte da linha de base do Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica de 2005, que contabiliza 16,5 milhões de ha de remanescentes de florestas em fragmentos acima de 3 ha. Destes, há 3,8 milhões de hectares de florestas em Unidades de Conservação públicas, incluindo APAs. Além disso, em 2005, havia 106 mil ha de florestas protegidas em RPPNs no bioma, segundo a SOS Mata Atlântica. Finalmente, pela malha fundiária do Atlas da Agropecuária Brasileira (Imaflora-GeoLab), há 1,3 milhões de ha de Terras Indígenas na Mata Atlântica. Assim, em 2005, havia 5,2 milhões de ha de florestas protegidas, que correspondem a 31% das florestas remanescentes do bioma, segundo o Atlas dos Remanescentes Florestais. Para registro, isto corresponde a apenas 4% da área original do bioma. As metas de criação de áreas protegidas seguiram as referências abaixo.

Ressaltamos que as metas foram adotadas em relação a proteger a porcentagem das florestas remanescentes e não à área florestal original do bioma. As referências existentes não deixam claro se as metas se aplicam em relação à área remanescente ou à original.

- a. Meta Aichi: proteção de 17%, em 2020.
- b. Proposta IUCN: proteção de 30% para 2030
- c. Proposta interna da IUCN: 50% de proteção para 2050.

Para chegar em 50% dos remanescentes florestais, em 2050, será necessário proteger mais 3,05 milhões de hectares, entre 2005 e 2050. Para o período 2005-2020, distribuimos de maneira normalizada os registros da SOS Mata Atlântica de que foram criados 700 mil hectares de Unidades de Conservação (sem contabilizar APAs) e 130 mil hectares de RPPNs. Foi projetado se criar mais 220 mil ha, entre 2026 e 2030, e 2 milhões de há, entre 2031 e 2050, alcançando novos 3,05 milhões de hectares, em 2050. Somados à linha de base de 2005 (5,2 milhões de ha), chegaremos a 8,25 milhões de ha protegidos ou 50% das florestas remanescentes.

Para o setor agropecuário, há previsão de expansão da produção. A produção de carne bovina tem um crescimento projetado de 1,4% ao ano para atender ao consumo doméstico e às exportações. Além disso, estima-se que a atual safra de grãos compreende 250,9 milhões de toneladas e as projeções para 2029/2030 são de uma safra de grãos por volta de 318,3 milhões de toneladas, correspondendo a um acréscimo de 26,9% sobre a atual safra (MAPA, 2020).

Essa tendência de aumento para as atividades do setor agropecuário impacta em um provável acréscimo das emissões de gases de efeito estufa do setor. Para que esta tendência seja revertida em larga escala, é fundamental que práticas de baixas emissões e alto sequestro de carbono sejam adotadas na produção e que o balanço de carbono estocado no solo seja contabilizado.

Os solos utilizados pela agropecuária podem emitir ou remover (sequestrar) CO₂ da atmosfera, dependendo da forma como eles são manejados. Esses estoques de carbono no solo ainda não são reportados nos inventários nacionais devido à dificuldade em se obter os dados das práticas utilizadas nas áreas produtivas e dos fatores de emissão e remoção de CO₂ para a realização desse cálculo, assim como a fatores ligados ao aspecto de permanência deste estoque de carbono ao longo dos anos (IPCC, 2006).

Porém, devido à sua grande importância e relevância no balanço das emissões de GEE do Setor Agropecuário e ao fato de que o êxito da efetiva mitigação das emissões desse setor depende da capacidade dos sistemas produtivos em sequestrar grandes volumes de carbono no solo, este documento também realizou o exercício de calcular essa variação para três principais usos do solo utilizados pela agropecuária brasileira e seu potencial de mitigação das emissões de GEE, como a recuperação das pastagens

degradadas, implementação de sistemas integrados e a prática de sistema plantio direto para a lavoura agrícola.

Para a construção da variação líquida do estoque de carbono no solo dentro dos três principais usos, são contabilizadas as seguintes subcategorias emissoras: i) Pastagem degradada e ii) Lavoura cultivada sob sistema convencional; e três subcategorias responsáveis pelo sequestro de CO₂: i) Pastagem bem manejada, ii) Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) e iii) Lavoura cultivada sob sistema de plantio direto.

Os fatores de emissão e remoção de GEE foram baseados no Inventário Nacional e em especialistas na área de clima e agropecuária, utilizando-se valores médios de emissão ou remoção anual, sendo as seguintes referências: para as pastagens, utilizou-se um fator de emissão de 0,48 tCO₂e ha⁻¹ para as pastagens degradadas e um fator de remoção de -1,43 tCO₂e ha⁻¹ para pastagens melhoradas (Oliveira et. al, 2018). O fator de remoção de -3,11 tCO₂e ha⁻¹ foi utilizado para os sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (Carvalho et. al, 2010). E, por fim, utilizou-se um fator de emissão de 0,88 tCO₂e ha⁻¹ para sistemas de Plantio Convencional (Costa Junior et. al, 2013) e um fator de remoção de -1,53 tCO₂e ha⁻¹ para sistemas de Plantio Direto (Bernoux et. al, 2006).

É importante ressaltar que esses fatores de emissão e remoção utilizados para os cálculos das estimativas de carbono no solo são valores médios e genéricos, não englobando em sua totalidade as diferentes características dos solos brasileiros. Além disso, esses valores possuem outra limitação relacionada ao fato de que esses solos atingem um limite de estoque de carbono ao longo dos anos ainda não tão bem definidos. Entretanto, apesar destas limitações, entende-se a importância deste estudo que pretende apresentar estimativas dos desafios e oportunidades que os setores relacionados ao uso da terra possuem, iniciando uma discussão a respeito deste tema de extrema relevância.

As projeções de emissões consideraram inicialmente a meta de zerar o desmatamento a partir de 2030. Em seguida, terras de pastagens foram alocadas para a expansão de agricultura (lavouras), na proporção para que fossem comparáveis com a produção de grãos projetada para 2030 pelo MAPA, mas sem projeção de aumento de produtividade. A área restante de pastagem foi alocada para ILPF e recuperação florestal. A área remanescente de pastos foi totalmente recuperada e alcançou o estágio de ótimas condições, até 2050. O estoque de terras abertas no bioma, em 2005, e o desmatamento zero, em 2030, permitiram acomodar a área de pastagem necessária para se alcançar as previsões de produção de pecuária e a expansão da área de grãos realizada pelo MAPA, para 2030, e restaurar 15 milhões de hectares de florestas. Os estoques de terras foram obtidos no Mapbiomas, considerando áreas de agricultura, pastagem e mosaico pasto/agricultura, que se aproximam de 70 milhões de hectares (Tabela 2).

Tabela 1. Metas e referências para as estimativas de redução de emissões de gases de efeito estufa da Mata Atlântica para os setores de mudança de uso da terra e agropecuária, para 2025, 2030 e 2050, tendo 2005 como linha de base.

Setor	Subsetor	2025	2030	2050	Referências da linha de base ou das Metas
Mudança de uso da terra	Desmatamento Linha de base 2005: 79.747 ha	Redução de 87%. De 79.474 para 10.000 ha	Redução de 100% Desmatamento zero	Redução de 100% Desmatamento zero	Mapbiomas Coleção 6.0
	Recuperação florestal	3,276 milhões de hectares	5 milhões de hectares	15 milhões de hectares	Rosa et al. (2021), Pacto da Mata Atlântica, PLANAVEG e déficit de APP
	Criação de áreas protegidas. Linha de base 2005: 5,2 milhões de ha de florestas protegidas = 31% das florestas remanescentes	830.000 hectares	1,05 milhões hectares	3,05 milhões de hectares	Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica, Convenção da Biodiversidade e IUCN
Agropecuária	Recuperação de pastagens degradadas. Linha de base 2005: 15 milhões de ha de pastagens recuperadas = recuperação de 41% das áreas de pastagem degradada.	Recuperação de 65% das áreas de pastagem degradada	Recuperação de 75% das áreas de pastagem degradada	Recuperação de 100% das áreas de pastagem degradada da Mata Atlântica	Plano ABC - Agricultura de Baixo Carbono e Mapbiomas
	Implementação de sistemas integrados. Linha de base 2005: 517.000 ha	5,2 milhões de hectares de integração lavoura-pecuária- floresta	5,9 milhões de hectares de integração lavoura-pecuária- floresta	8,4 milhões de hectares de integração lavoura-pecuária- floresta	Plano ABC - Agricultura de Baixo Carbono e Rede iLPP
	Plantio sob Sistema de Plantio Direto. Linha de base 2005: 8,2 milhões de ha	11,7 milhões de hectares em lavouras cultivadas sob Sistema de Plantio Direto	14,2 milhões de hectares em lavouras cultivadas sob Sistema de Plantio Direto	23,8 milhões de hectares em lavouras cultivadas sob Sistema de Plantio Direto	Plano ABC - Agricultura de Baixo Carbono; Fedrapdp e IBGE/SIDRA

Tabela 2. Mudança do uso do solo terra resultante das metas de emissões

		ÁREAS - USO DO SOLO			
		Milhões de ha			
		2005	2025	2030	2050
DISTRIBUIÇÃO DO USO DO SOLO MATA ATLÂNTICA	Pastagens	36,8	27,8	26,6	21,6
	<i>Degradada</i>	21,8	9,7	6,6	0,00
	<i>Ótimas Condições</i>	15,0	18,01	19,9	21,6
	Integração Lavoura- Pecuária-Floresta	0,52	5,2	5,9	8,4
	Lavouras (Milhões de ha)	17,0	19,8	20,8	24,9
	<i>Sistema Plantio Convencional</i>	8,8	7,9	6,2	0,0
	<i>Sistema Plantio Direto</i>	8,2	11,9	14,6	24,9
	Recuperação Florestal	0,0	3,3	5,0	15,0
Total	54,3	54,3	58,3	69,9	

Resultados

Emissões e remoções de gases de efeito estufa, entre 2000 e 2018

Emissões gerais

Ao longo de sua história, a Mata Atlântica perdeu 115 milhões dos seus 131 milhões de hectares de florestas. A área original de florestas foi reduzida para 12,4% da original, considerando-se remanescentes acima de três hectares (SOS Mata Atlântica, 2021). Isto resultou na emissão de 55,05 GtCO₂e ao longo de 521 anos, pelos parâmetros do SEEG. Este valor é maior do que o emitido pelo desmatamento histórico de 20% da Amazônia, que foi de 46,61 GtCO₂e, ao perder 73, dos seus 420 milhões de hectares de florestas (Inpe, 2021). Além disso, estima-se que a degradação dos fragmentos da Mata Atlântica tenha emitido mais de 1,93 GtCO₂e (Lima et al., 2020). Estima-se que, somente no estado de São Paulo, a perda de vegetação nativa, que acumulava 4,62 Gt de carbono, tenha sido reduzida em 87,3%, até 2017, com a perda de 3,85 Gtoneladas. Essas perdas foram atribuídas em 90% (3,46 Gt) ao desmatamento, e em 10% (0,39 Gt) a efeitos decorrentes da fragmentação (Pitta, 2019). Além de serem maiores que as da Amazônia, as emissões históricas do desmatamento da Mata Atlântica foram 5,5 vezes maiores que todas as emissões da China, em 2010, ano em que esse país foi o maior emissor do planeta, com 9,87 GtCO₂e (Climate Watch Data, 2021).

No período 2000-2018, o bioma Mata Atlântica foi responsável pela emissão de 8,551 Gtoneladas de CO₂e, ou 21% do total emitido no Brasil, ficando em segundo lugar entre os biomas brasileiros. O valor também é maior que a soma das emissões totais dos EUA e da Rússia, em 2018 (7,79 GtCO₂e). A Amazônia ficou em primeiro lugar, com 17,874 GtCO₂e, ou 44% do país. O Cerrado ficou em terceiro lugar, com 19%, nos 19 anos da série. Em todos os anos do período, as emissões da Mata Atlântica foram maiores que as do Cerrado, exceto em 2003 e 2004 (Figura 1). Analisando-se somente o último ano da série (2018), a Amazônia permanece como maior emissor (39%), seguido pela Mata Atlântica (23%) e Cerrado (20%) - Figura 2.

Vale destacar que as emissões totais da Mata Atlântica tendem a estar subestimadas em relação aos demais biomas em função das emissões que não foram alocadas por bioma, por limitações da origem das fontes de dados. As emissões não alocadas representaram 9% do total e são principalmente dos setores de energia, produção industrial e resíduos, que estão localizados principalmente nesta região.

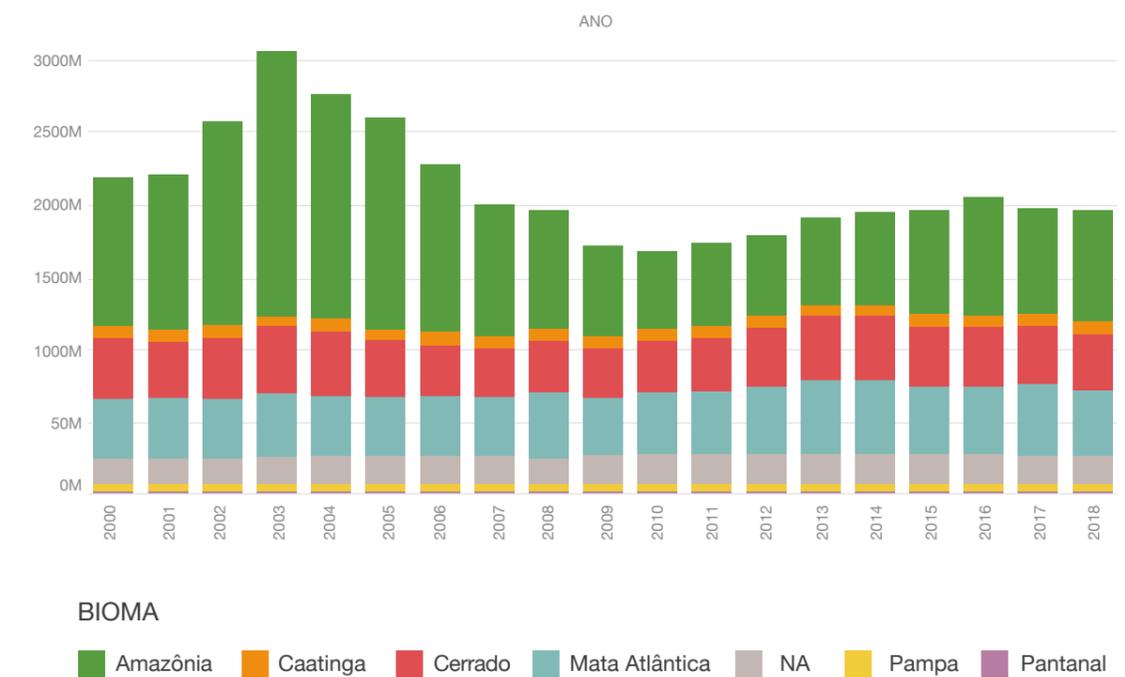


Fig. 1. Evolução das emissões brutas de gases de efeito estufa com origem nos biomas brasileiros, entre 2000 e 2018.

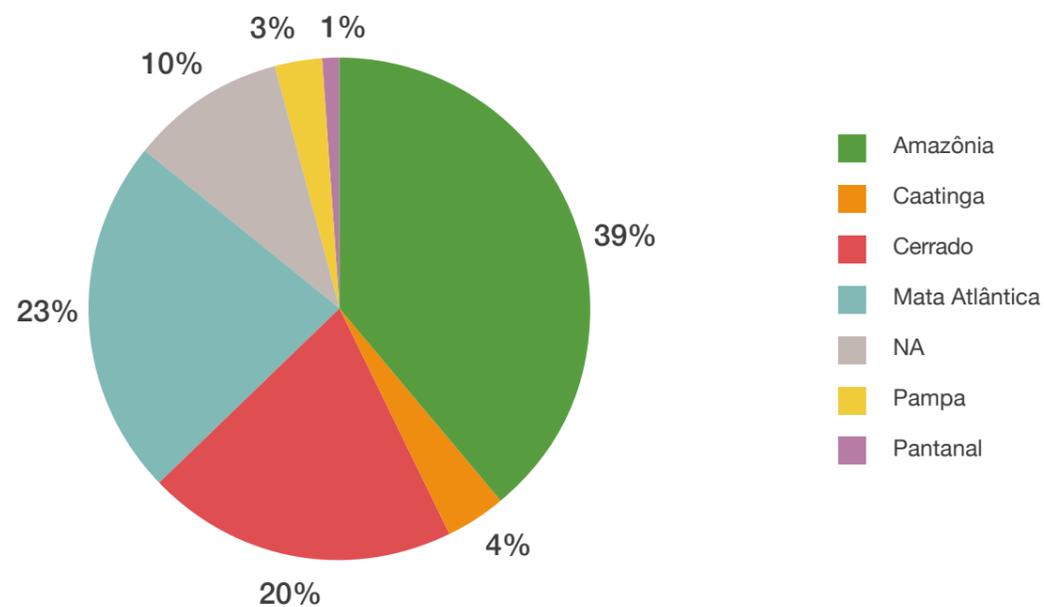


Fig. 2. Distribuição relativa das emissões de GEE dos biomas brasileiros, em 2018.

No período 2000-2018, houve uma pequena tendência de aumento das emissões da Mata Atlântica, que partiu de 0,426 GtCO₂e, em 2000, para 0,454, em 2018, sendo o maior valor da série ocorrido em 2013, com 0,521 GtCO₂e (Figura 3). Em 2018, a Mata Atlântica seria o 18º país com maiores emissões do mundo, ficando acima do Reino Unido, que emitiu 0,441 GtCO₂e.

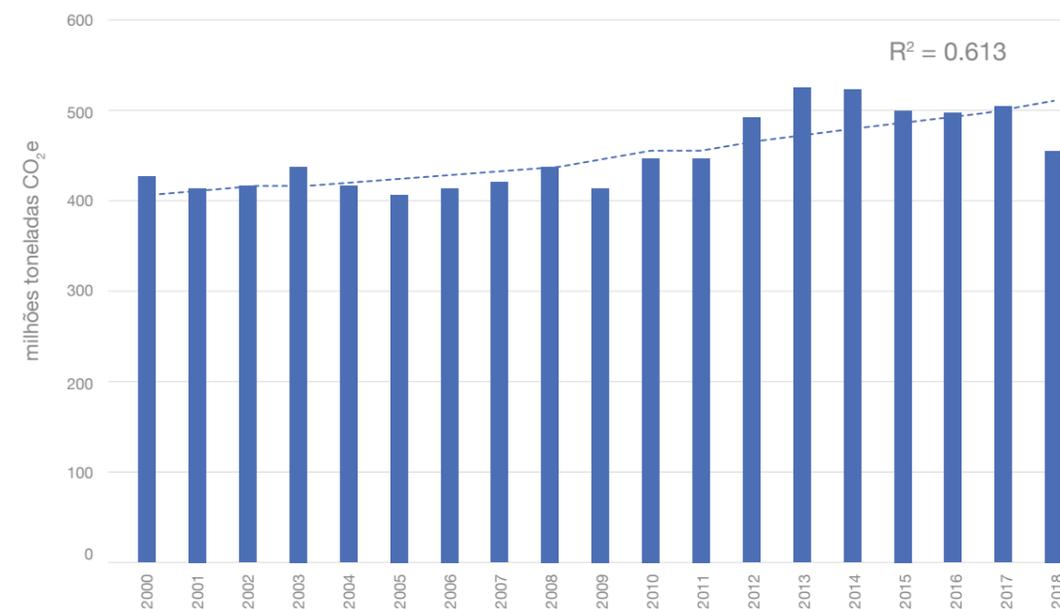


Fig. 3. Evolução das emissões brutas de GEE no bioma Mata Atlântica, entre 2000 e 2018.

Embora abrigue 70% da população e 80% do PIB nacional, as emissões *per capita* e por unidade do PIB da Mata Atlântica são menores que as médias do Brasil. Para a população, em 2005, chegou a ser cinco vezes menor: 14,1 toneladas de Co₂e por habitante do Brasil contra 3,1 toneladas de Co₂e por habitante da Mata Atlântica. O bioma tem uma pegada de emissões também menor que a do Reino Unido, que, em 2018, foi de 6,5 toneladas de Co₂e por habitante. A variação das emissões por habitante no bioma, entre 2000 e 2018, foi pequena, diminuindo de 3,58, em 2000, para 3,09 toneladas de Co₂e, em 2018 (Figura 4).

Tanto para o Brasil como para a Mata Atlântica, as emissões diminuíram em relação ao PIB, entre 2000 e 2018. De todo modo, as da Mata Atlântica sempre foram entre 5 (2005) e 3 (2010) vezes menores que as do Brasil (Figura 5). Tanto para a análise *per capita* quanto para a do PIB, vale destacar novamente que as emissões do bioma tendem a ser subestimadas devido à não alocação de alguns setores.

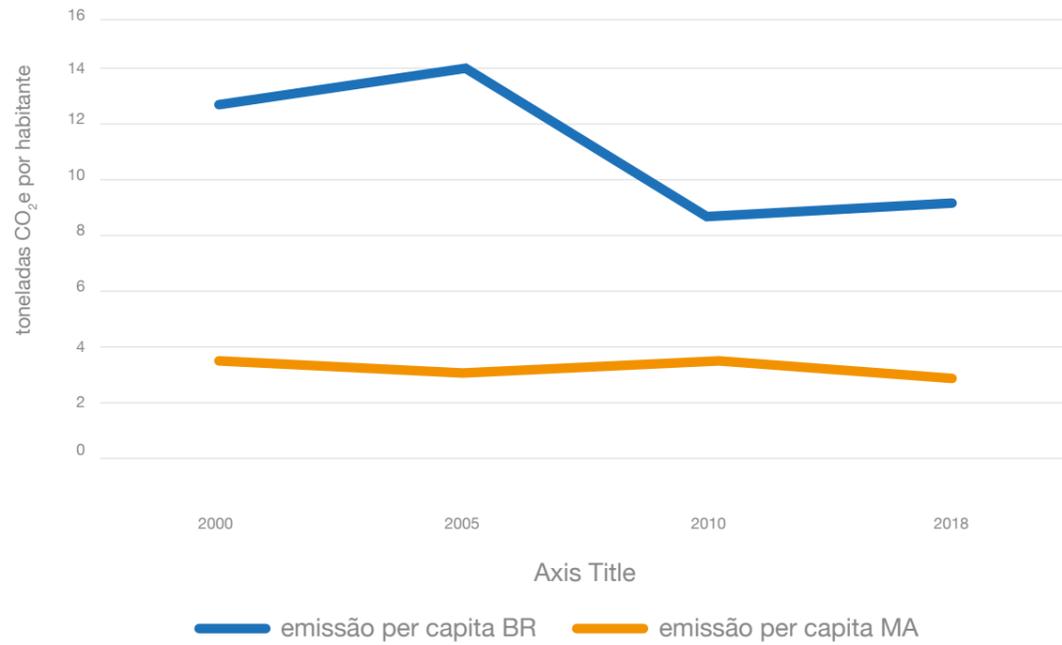


Fig. 4. Taxa de emissão de GEE por habitante no Brasil e no bioma Mata Atlântica, entre 2000 e 2018.

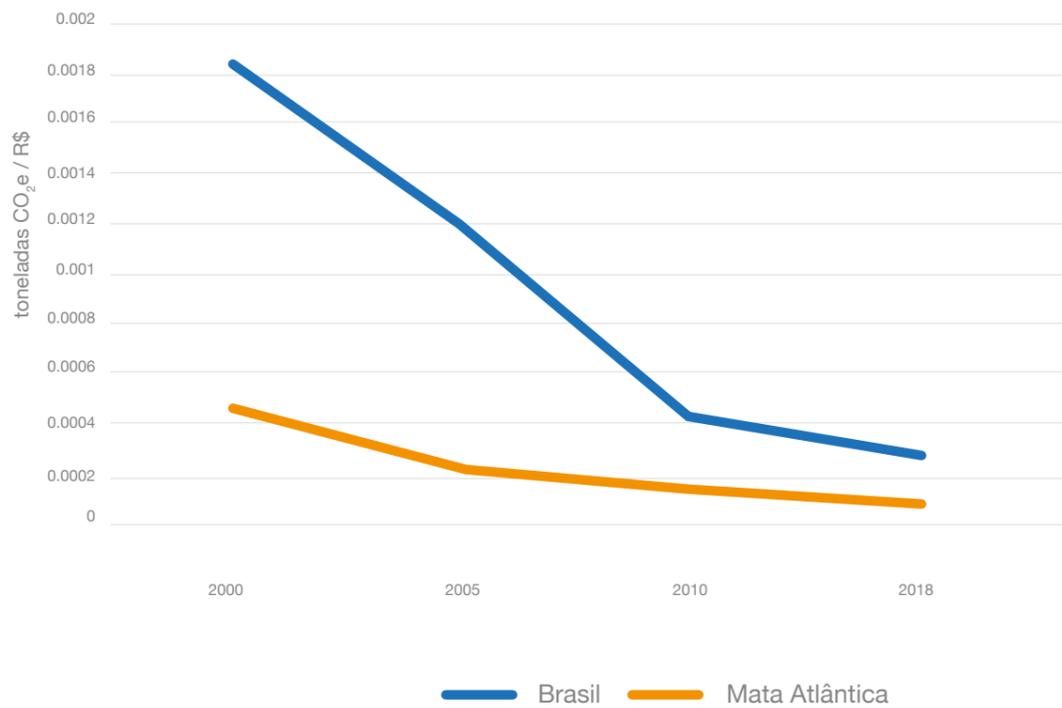


Fig. 5. Taxa de emissão de GEE por unidade do PIB no Brasil e no bioma Mata Atlântica, entre 2000 e 2018.

Remoções e emissões líquidas de gases de efeito estufa

Assim como para as emissões, a Mata Atlântica também foi o segundo bioma mais importante em relação às remoções de gases de efeito estufa da atmosfera. Entre 2000 e 2018, o bioma foi responsável por 14% das remoções totais, fixando 1,245 GtCO₂e. A Amazônia foi responsável por 70% das remoções, enquanto o Cerrado ficou em terceiro lugar, com 12% do total (Figura 6). As remoções anuais da Mata Atlântica aumentaram em pouco mais de 100% ao longo do período, partindo de 0,04 GtCO₂e, em 2000, para 0,09, em 2018 (Figura 7). O crescimento se deve basicamente ao aumento das remoções por regeneração secundária, que aumentaram de 0,03 para quase 0,08 GtCO₂e por ano, enquanto as remoções por áreas protegidas aumentaram somente 30% (de 0,005 para 0,007 GtCO₂e).

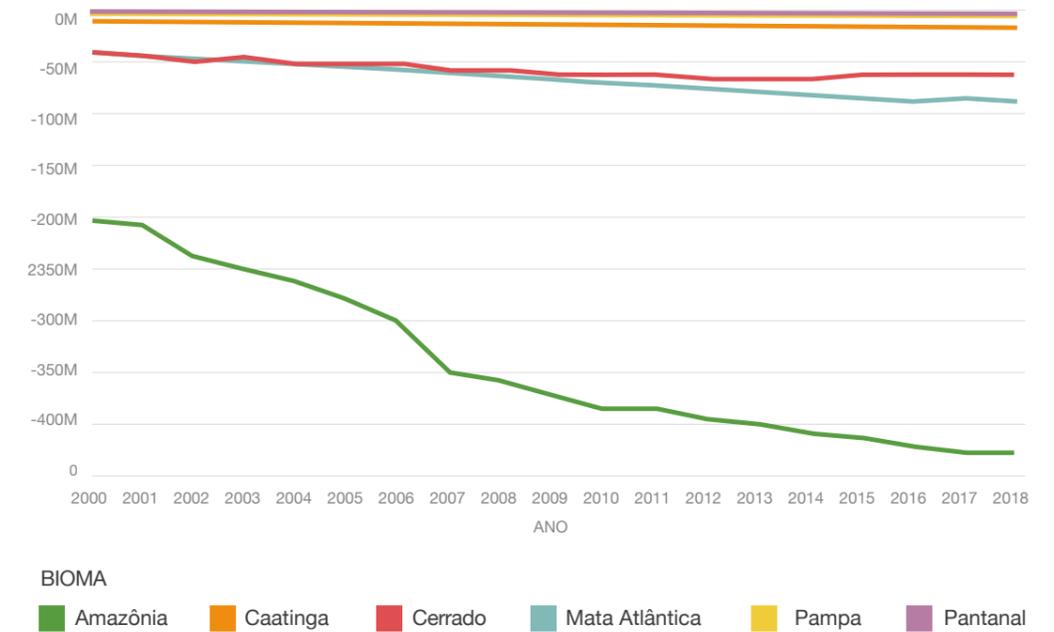


Fig. 6. Remoções de gases de efeito estufa dos biomas brasileiros, entre 2000 e 2018.

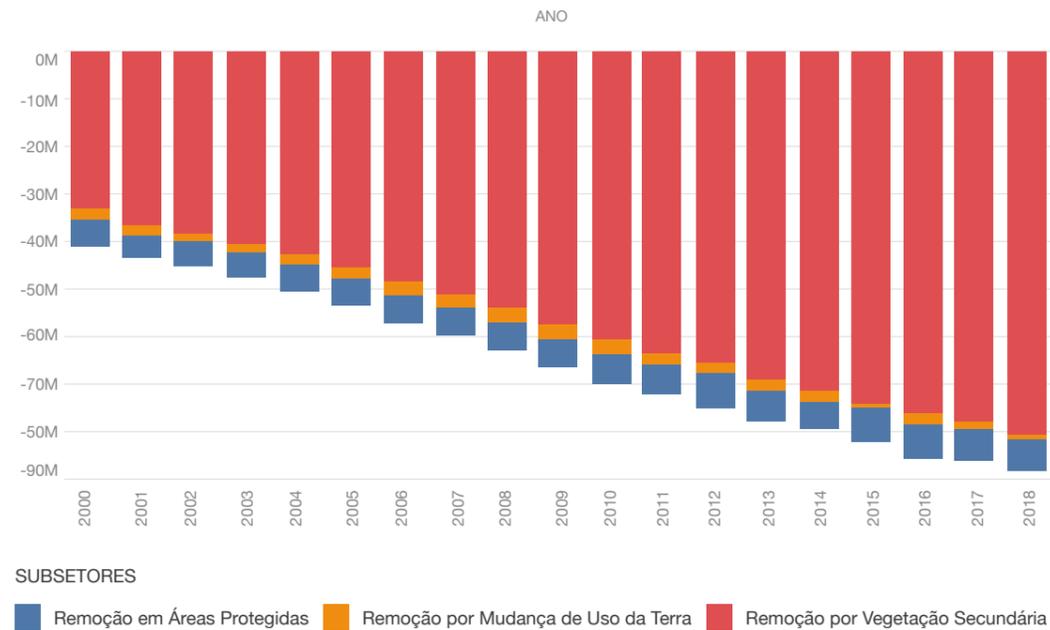


Fig. 7. Remoções de GEE por subsetor do bioma Mata Atlântica, entre 2000 e 2018.

Descontando-se as remoções, as emissões líquidas da Mata Atlântica, entre 2000 e 2018, foram de 7,306 GtCO₂e. O menor valor do período foi de 0,342 GtCO₂e, em 2009, contra o maior valor de 0,443 GtCO₂e, em 2013 (Figura 8).

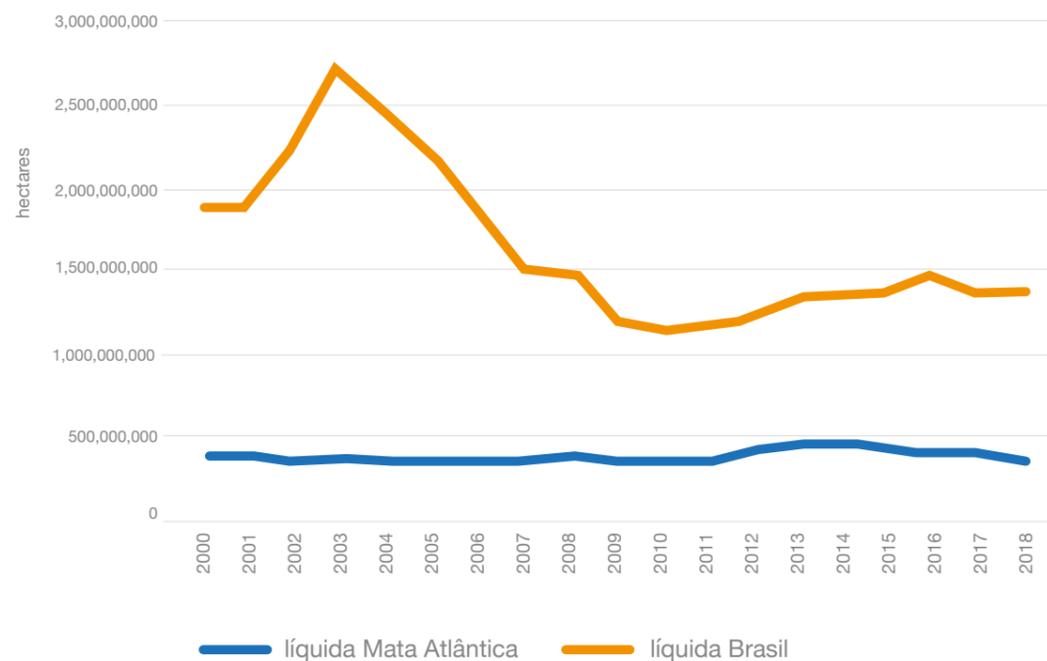


Fig. 8. Evolução das emissões líquidas do Brasil e da Mata Atlântica, entre 2000 e 2018.

Emissões por setor e subsetor

O comportamento das emissões por setor na Mata Atlântica difere-se do restante do Brasil e, em especial, da Amazônia. Na Mata Atlântica, no período 2000-2018, as emissões foram lideradas pelos setores de energia (37%), agropecuária (32%) e mudança de uso da terra e floresta (17%) – Figura 9. Entre 2000 e 2018, o setor de energia aumentou em participação total e relativa, subindo de 32 para 41% do total, mesmo com a tendência de aumento anual das emissões da agropecuária, que teve participação estável, por volta de 30%, ao longo dos anos. Energia passou a ser hegemônico somente após 2007, pois, entre 2002 e 2006, a agropecuária ainda foi a maior fonte de emissões (Figura 10).

Com diversas oscilações, mudança de uso da terra e floresta teve tendência de queda ao longo do tempo, estando sempre como terceiro maior responsável pelas emissões. Sua participação diminuiu de 26% para 10%, entre 2000 e 2018. O setor somente foi ultrapassado pelo de resíduos, em 2018, que aumentou continuamente ao longo do período (Figura 10).

Porém, quando somados os setores de agropecuária e mudança de uso da terra e florestas, estes se tornam a principal fonte de emissões, chegando a 49% das emissões, do período 2000-2018. Em relação ao Brasil como um todo e à Amazônia, observamos que o agregado agropecuária e mudança de uso da terra e floresta é sempre o setor mais relevante, mas em proporções diferentes para cada geografia. A importância da agropecuária na Mata Atlântica é maior que o de mudança de uso da terra em relação à Amazônia e ao Brasil. Finalmente, há uma importância relativa significativamente maior dos setores de energia e resíduos na Mata Atlântica em relação ao Brasil e à Amazônia (Figura 11).

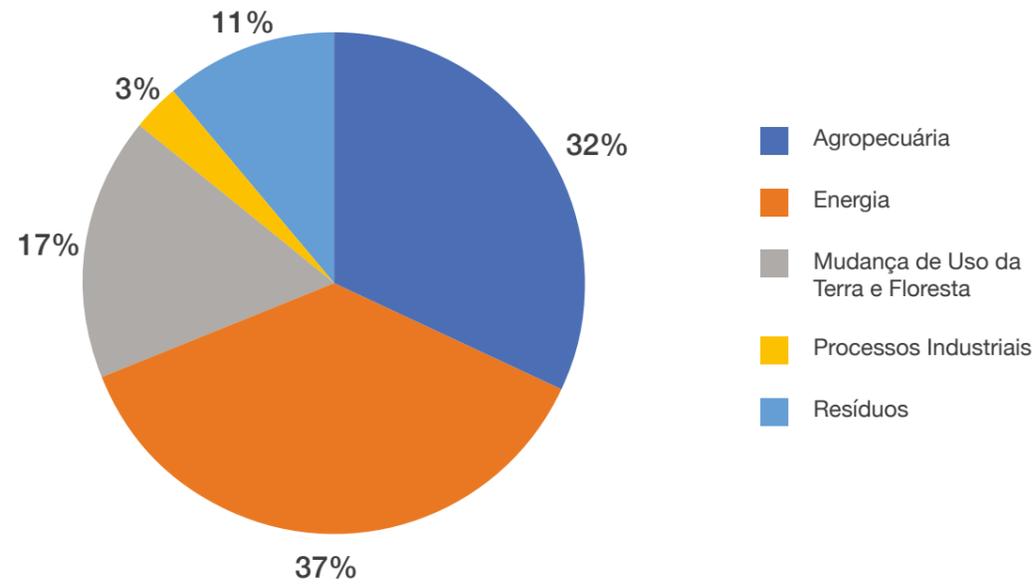


Fig. 9. Proporção das emissões acumuladas entre os setores na Mata Atlântica, entre 2000 e 2018.

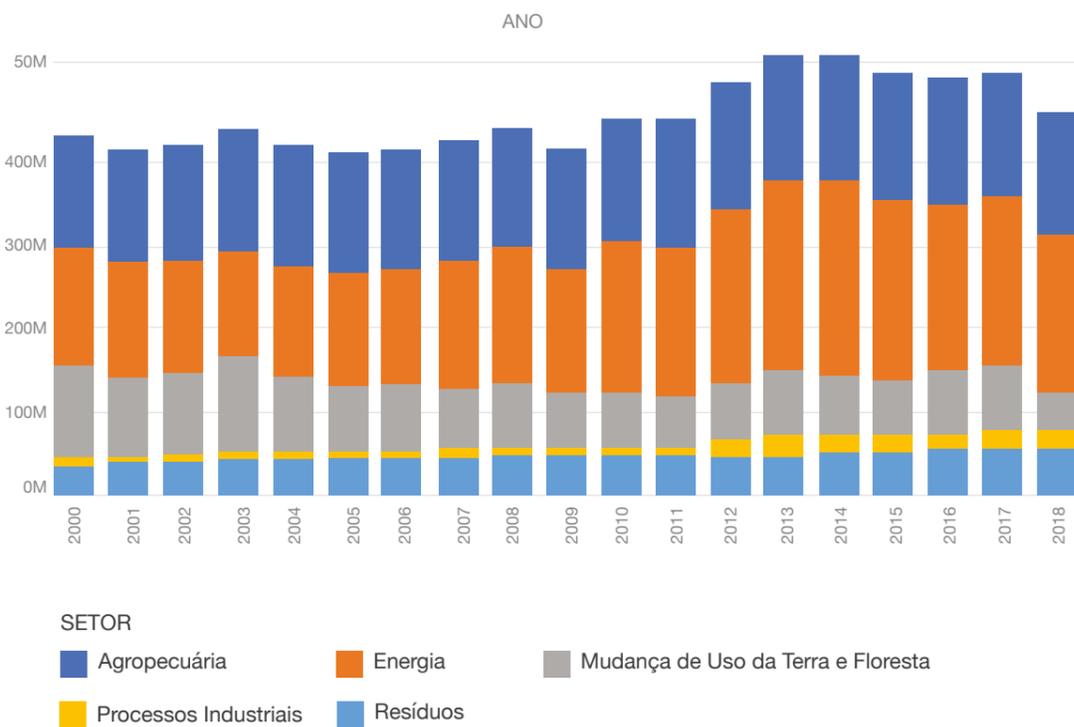


Fig. 10. Evolução das emissões no bioma Mata Atlântica por setor, entre 2000 e 2018.

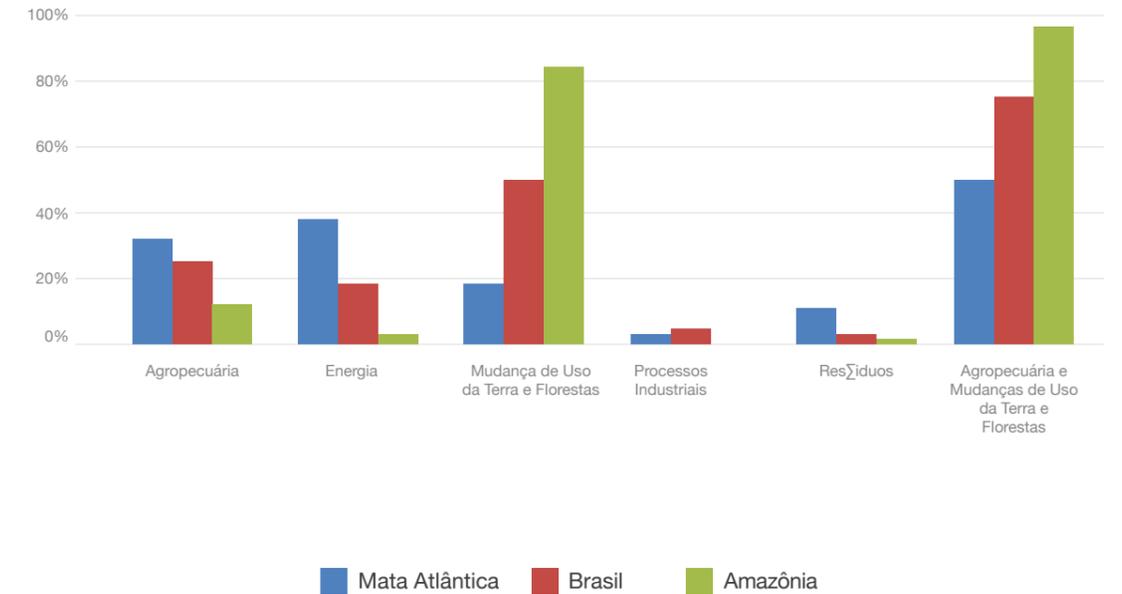


Fig. 11. Participação das emissões brutas por setor na Mata Atlântica, Brasil e Amazônia, entre 2000 e 2108.

Dos subsetores de emissão, destaca-se a liderança de Queima de combustíveis, com 36% das emissões acumuladas, entre 2000 e 2018, o principal em todos os anos da série, com tendência crescente até 2014 (pico de 0,222 GtCO₂e) e redução posterior (Figuras 12 e 13). Em seguida vem o subsetor de Fermentação entérica (ligado à pecuária), acumulando 20% do total do período e flutuando entre 0,086 e 0,095 GtCO₂e por ano. Em terceiro lugar vem o subsetor de Alteração do uso do solo (desmatamento), com 16% das emissões acumuladas no período, variando entre 0,044 (2018) e 0,107 (2003) GtCO₂e por ano. Finalmente, solos manejados (9%, principalmente de fertilizantes nitrogenados) e resíduos sólidos (4%).

A análise dos subsetores aponta que somente a eliminação do desmatamento e a substituição de combustíveis fósseis por renováveis (como etanol e eletricidade) têm o potencial de reduzir as emissões totais do bioma em 52%. A coleta e queima de gases oriundos de resíduos sólidos poderiam reduzir para 56%. Mudanças na produção pecuária poderiam elevar ainda mais a ambição de redução na Mata Atlântica. Além disso, as remoções acumuladas, até 2018, de 1,245 GtCO₂e seriam suficientes para neutralizar mais 14% das emissões brutas, de 2000 a 2018, que somam 8,5 GtCO₂e. Isto é, ter a Mata Atlântica como um bioma neutro é uma ambição possível.

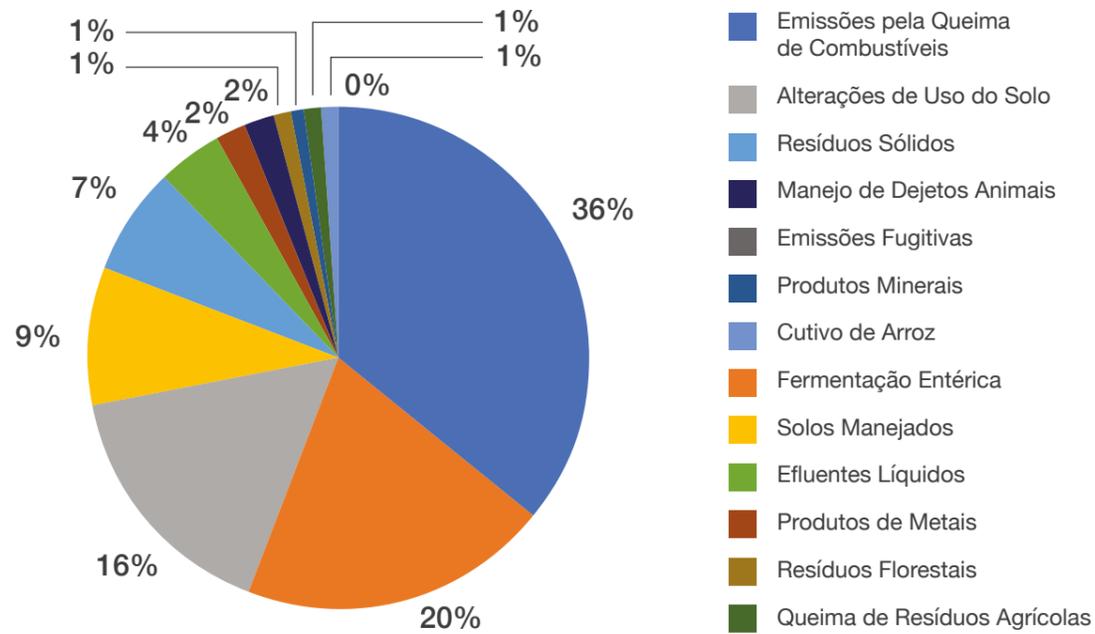


Fig. 12. Proporção das emissões totais dos subsetores na Mata Atlântica, entre 2000 e 2018.

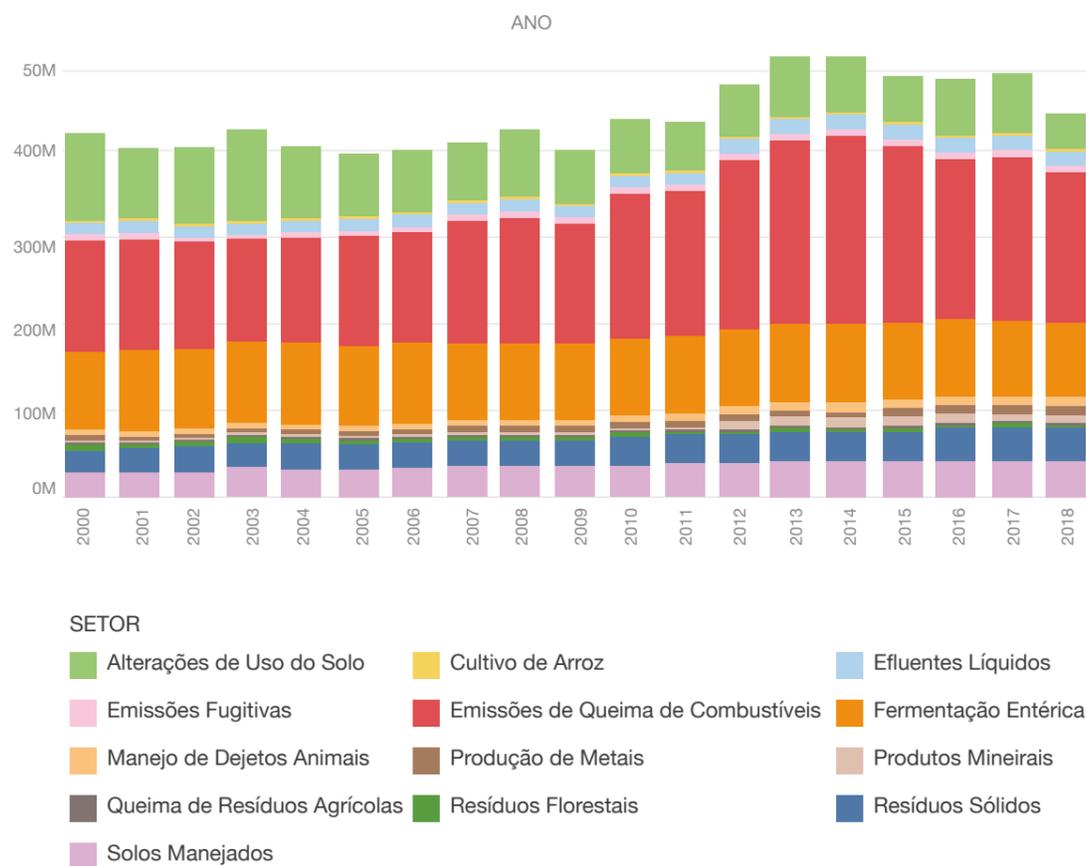


Fig 13. Emissões brutas por subsetor no bioma Mata Atlântica, entre 2000 e 2018.

Emissões da agropecuária

Para o setor agropecuário, a Mata Atlântica é o segundo bioma mais expressivo em termos de emissões de gases de efeito estufa (27%), considerando-se o período histórico, de 2000 a 2018, e emitindo 0,145 GtCO₂e, em 2018. A primeira posição dentro do setor é ocupada pelo Cerrado, correspondendo a 32% das emissões do país para todos os anos da série histórica. A Amazônia ocupa o terceiro lugar, apresentando uma emissão de 0,139 GtCO₂e, em 2018 (22%) – Figura 14.

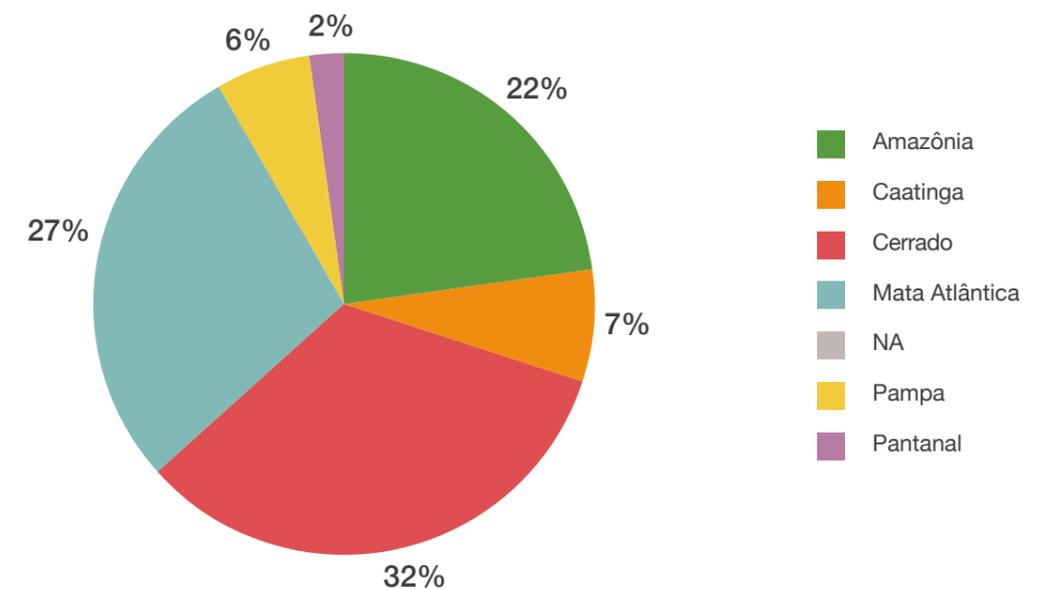


Fig. 14. Proporção das emissões totais por bioma do setor de agropecuária, entre 2000 e 2018.

Ao longo do período de 19 anos, verificou-se um aumento de 0,0114 GtCO₂e nas emissões de GEE para o bioma Mata Atlântica. Apesar desse aumento de 9%, a Mata Atlântica apresentou uma das menores taxas de crescimento das emissões quando comparado com os demais biomas, observando-se um aumento de 88% nas emissões da Amazônia, seguidos pelo Pantanal e Cerrado, com acréscimo de 38% e 24%, respectivamente. Vale a pena ressaltar que, a partir de 2016, ano onde a Mata Atlântica atingiu sua maior taxa de emissão dentro do setor agropecuário, iniciou-se uma leve tendência de redução dessas emissões do bioma (Figura 15).

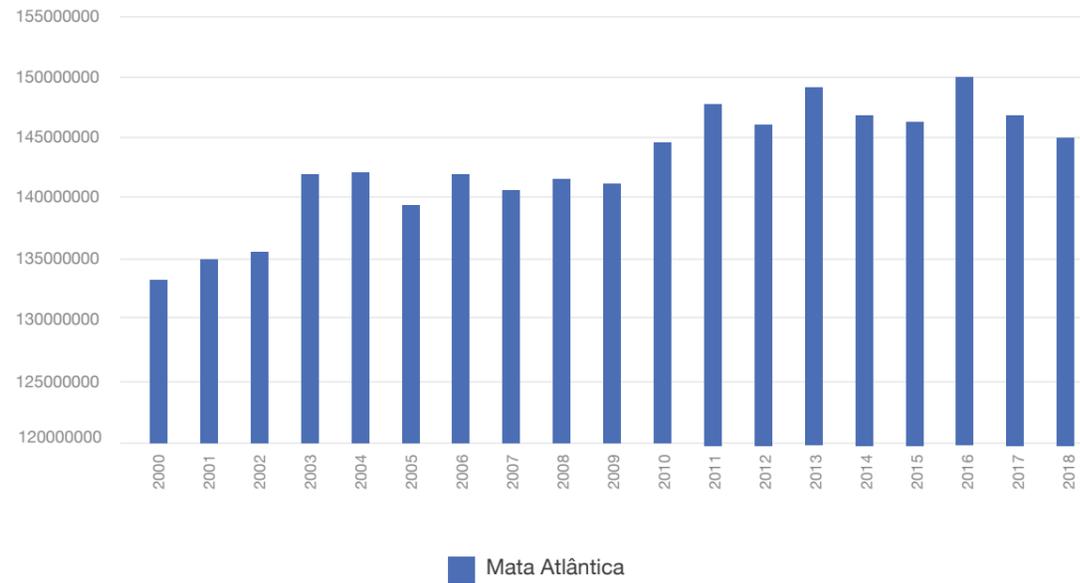


Fig. 15. Evolução das emissões de GEE do setor agropecuário para o bioma Mata Atlântica, entre 2000 e 2018.

Uma das explicações para essa mudança frente aos demais biomas, pode estar relacionada ao fato de que a Mata Atlântica conseguiu aumentar a sua produtividade em termos de quilos de carne produzida por cabeça de gado, em 9,3%, correspondendo à principal atividade emissora do bioma. Em 2000, o sistema produtivo pecuário da Mata Atlântica apresentava um valor produção de 218,8 kg de carne por cabeça de gado abatido, aumentando para 239,1 kg de carne por cabeça de gado, em 2018. Logo, o bioma aumentou sua produção de quilos de carne, sem aumentar seu rebanho de bovinos e, conseqüentemente, não contribuindo para o aumento das emissões provenientes dos bovinos de corte.

Entre as emissões dos cinco subsetores referentes à agropecuária, a Mata Atlântica apresenta um comportamento similar aos demais biomas brasileiros, havendo um destaque para o subsetor de Fermentação entérica (64%), o qual apresenta as emissões oriundas da digestão dos animais ruminantes, com destaque para os bovinos, flutuando entre 0,086 e 0,095 GtCO₂e por ano. Logo em seguida, o subsetor de Solos manejados foi responsável por 27% das emissões do setor dentro do período histórico 2000 a 2018, flutuando entre 0,030 e 0,045 GtCO₂e por ano, principalmente devido ao uso de insumos, como é o caso dos fertilizantes sintéticos. Os demais subsetores representam apenas 9% das emissões totais, sendo Manejo de dejetos animais (6%), Queima de resíduos agrícolas (2%) e Cultivo de arroz (1%) – Figuras 16 e 17.

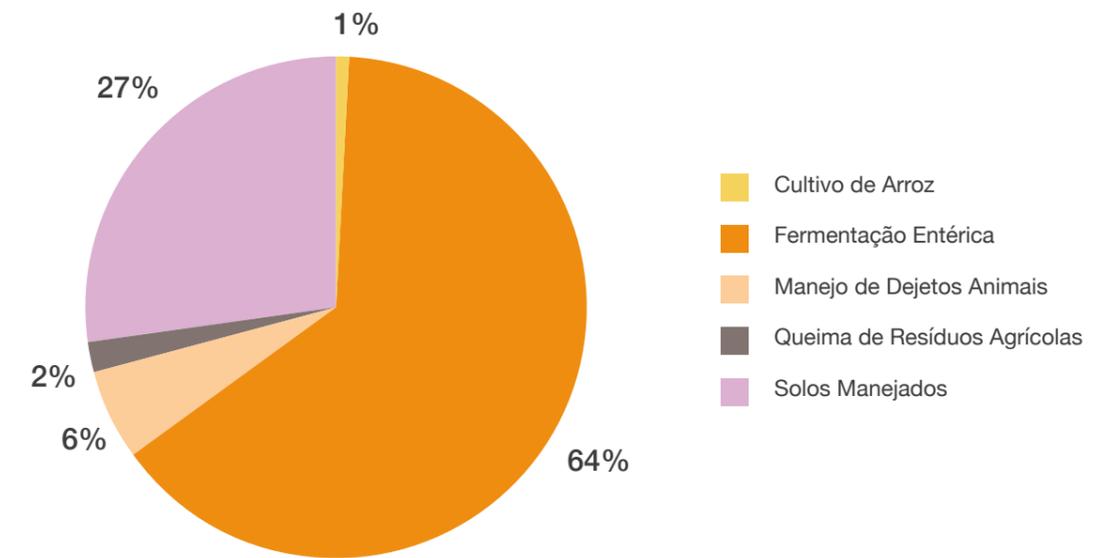


Fig. 16. Proporção das emissões totais por subsetor referente à agropecuária, entre 2000 e 2018.

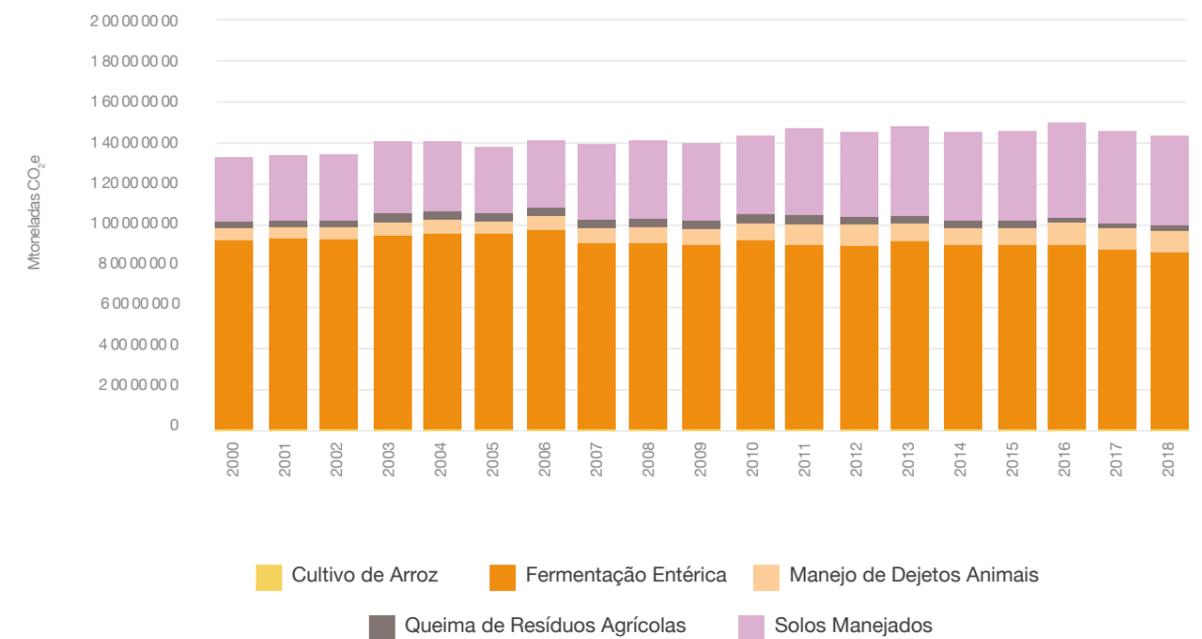


Fig. 17. Evolução das emissões de GEE para os subsetores agropecuários para o bioma Mata Atlântica, entre 2000 e 2018.

Esses subsetores ainda podem ser desagregados por atividades emissoras de gases de efeito estufa referentes à agropecuária. Neste sentido, a principal fonte encontrada para a Mata Atlântica refere-se à criação de bovinos, sendo gado de corte responsável por 54% das emissões do setor e gado de leite, por 16%. Essas fontes emitiram 0,102 GtCO₂e, em 2018, valor semelhante ou superior a emissões de países como Qatar, Paraguai e Marrocos (Figuras 18 e 19).

Em terceiro lugar, encontra-se o uso de insumos aplicados nos principais cultivos agrícolas brasileiros, com uma emissão total de 0,017 GtCO₂e, em 2018, sendo representado pelo uso de fertilizantes sintéticos, com 6%, e aplicação de calcário e ureia, com 5%.

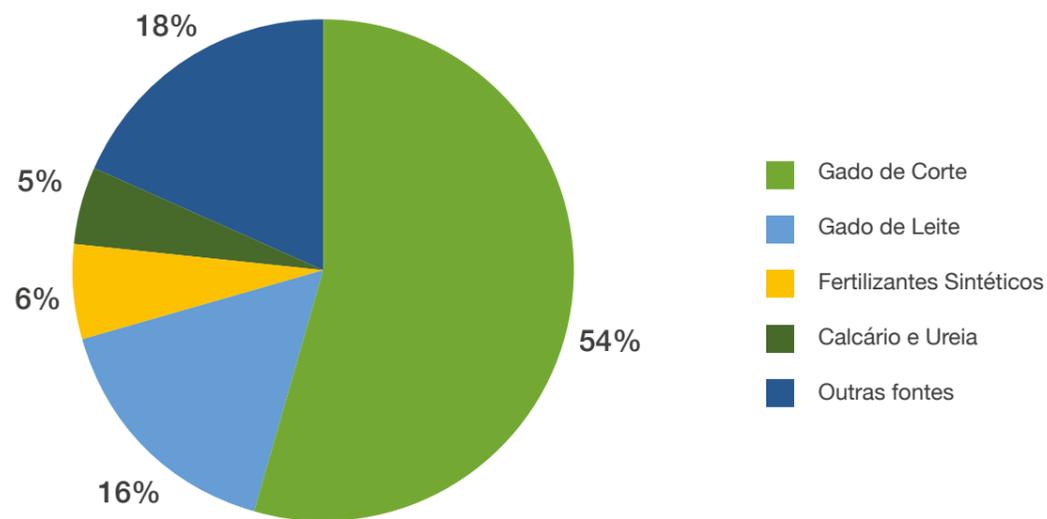


Fig. 18. Proporção das emissões totais por fonte emissora referente à agropecuária, entre 2000 e 2018.

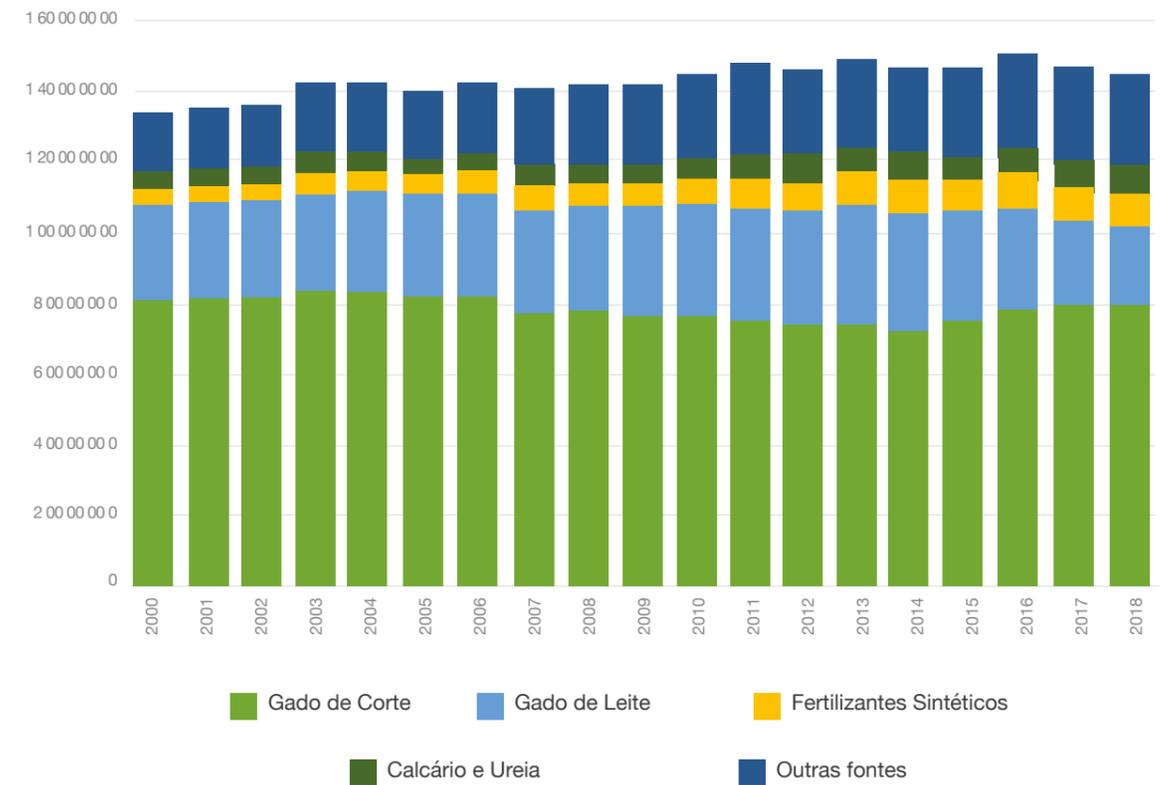


Fig. 19. Evolução das emissões de GEE para as fontes emissoras agropecuárias para o bioma Mata Atlântica, entre 2000 e 2018.

As quatro fontes descritas acima são responsáveis por mais de 82% das emissões de gases de efeito estufa do setor agropecuário para o bioma Mata Atlântica, demonstrando que as prioridades na busca efetiva de ações para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa devem estar focadas na maior eficiência da produção pecuária e os modos de produção, como a recuperação de pastagens degradadas, implementação de sistemas integrados e maior eficiência no uso dos insumos químicos ou substituição por fontes mais orgânicas.

Emissões por municípios

Três municípios da Mata Atlântica (São Paulo, Rio de Janeiro e Serra/ES) constam entre os 10 maiores emissores do Brasil, sendo os outros sete da Amazônia. Treze municípios do bioma ficam entre os 100 maiores do país. Há uma grande concentração nos grandes maiores emissores no Brasil e na Mata Atlântica. Um por cento dos 5.568 municípios do Brasil (55) acumulam 25% das emissões totais do país. E 1% dos 3.427 municípios da Mata Atlântica (30) somam 24% do bioma, enquanto 10% dos municípios do Brasil (550) acumulam 65% das emissões do Brasil. Os 10% maiores emissores da Mata Atlântica (300) acumulam 56%.

Projeções de redução de emissões dos setores de Mudança do uso da terra e floresta e Agropecuária

Mudança de uso da terra

Desmatamento

A manutenção do desmatamento de floresta primária no mesmo valor de 2005 (79.747 mil ha) até 2050 resultaria na perda de 3,67 milhões de ha de florestas na Mata Atlântica, que resultariam na emissão de 2,4 GtCO₂e. A meta de alcançar o desmatamento zero somente em 2030 resultaria na perda de 862.846 ha de matas primárias, com a emissão de 0,4 Gton CO₂e. Assim, o resultado da meta seria a redução do desmatamento em 2,8 milhões de ha de florestas primárias e da redução da emissão de 1,34 GtCO₂e, com metas parciais de 0,39, em 2025, e de 0,62, em 2030 (Figura 20 e Tabela 3).

Com flutuações no período, os dados do Mapbiomas Coleção 6 apontam que houve uma redução substantiva do desmatamento, entre 2005 e 2019, diminuindo de 79 mil para 39 mil, mas ainda permanece em um valor alto.

Portanto, a série histórica dos últimos 10 anos não aponta uma tendência de uma nova redução significativa e uma rota segura rumo ao fim do desmatamento. O alcance desta meta, em 2030, exigirá esforços de fiscalização e o rigoroso cumprimento da Lei da Mata Atlântica. Esta cria as condições para que o desmatamento das florestas do bioma seja próximo de zero, e que toda eventual conversão seja compensada. Assim, por contar com uma governança particular em relação aos demais biomas, ser o bioma mais ameaçado do Brasil, a agropecuária não depender da abertura

de novas áreas e a maior parte da população e economia do país dependerem dos seus serviços ecossistêmicos, o desmatamento zero do bioma, até 2030, é uma ambição possível e necessária.

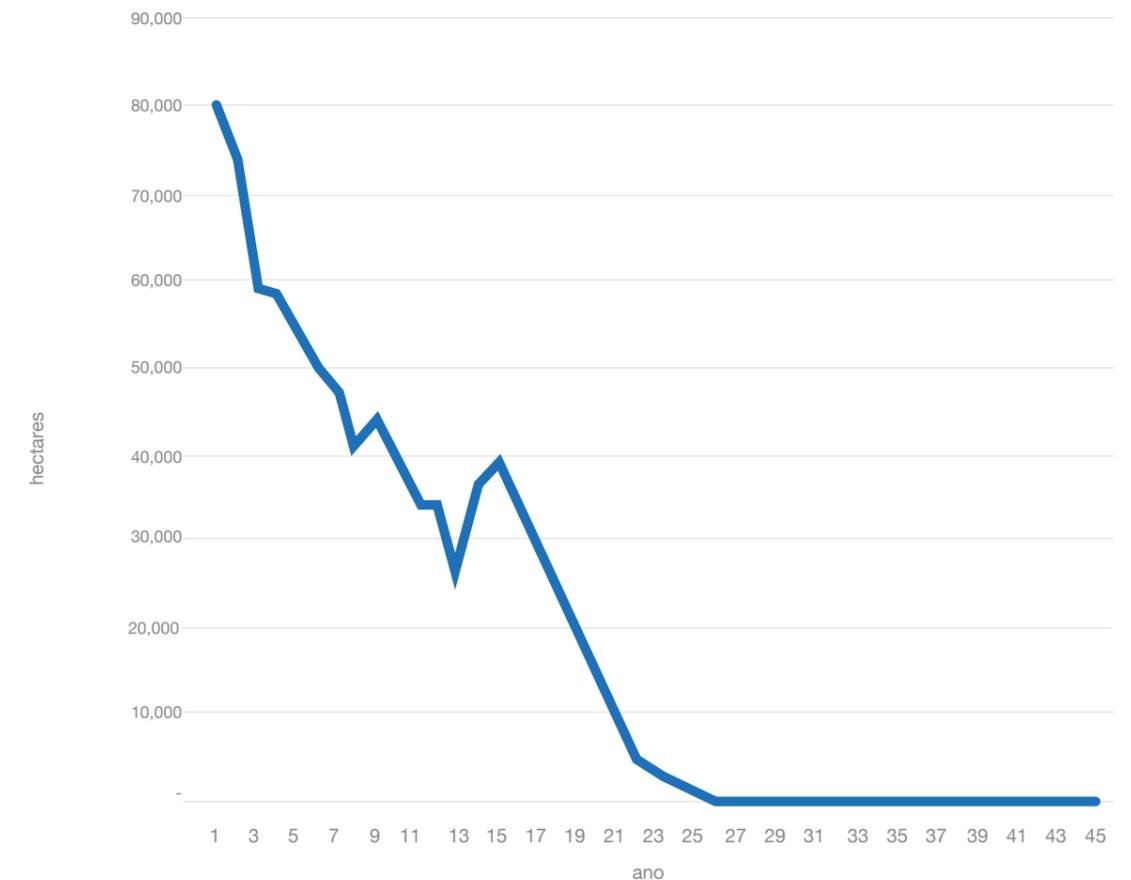


Fig. 20. Redução do desmatamento, entre 2005 e 2050.

Tabela 3. Redução do desmatamento e das emissões de gases de efeito estufa, entre 2005 e 2025, 2030 e 2050.

Período	2025	2030	2050
Redução Desmatamento (ha)	822.840	1.210.575	2.805.515
Redução emissões (GtCO ₂ e)	0,39	0,62	1,34

Recuperação florestal

A recuperação de 15 milhões de hectares resultaria na remoção de 2,35 GtCO₂e até 2050, com parciais de 0,31, em 2025, e de 0,51, em 2030 (Tabela 4). A taxa de regeneração da literatura (Rosa et al., 2021) aponta que por volta de 2,5 milhões de hectares tenham sido regenerados, entre 2005 e 2020, seja naturalmente ou por iniciativas de restauração.

Para se chegar à meta de recuperar mais 770 mil ha, até 2025, e 1,73 milhões, entre 2025 e 2030 (alcançando um total de 5 milhões, entre 2005 e 2030), basta recuperar o déficit de APPs (Áreas de Preservação Permanente) do Código Florestal. Estima-se que este déficit variava entre 4 e 5 milhões de hectares, em 2008, na Mata Atlântica (Guidotti et al., 2017) (Rezende et al., 2018). Não há incertezas ou insegurança sobre o cumprimento do requisito de APPs e sua recuperação deveria iniciar imediatamente para se proteger serviços ecossistêmicos essenciais, especialmente no contexto de mudanças climáticas e crise hídrica e energética.

Contudo, o déficit de Reserva Legal estimado por Guidotti et al. (2018), de 2,7 milhões, é insuficiente para se alcançar a meta de 15 milhões de hectares do Pacto da Mata Atlântica. Além disso, a regulamentação estadual do Código Florestal (PRA) dos estados do bioma oferece diversas alternativas de compensação para o cumprimento do requisito de Reserva Legal. Portanto, não há garantias de que o déficit de Reserva Legal se converta em restauração florestal. Logo, a restauração em grande escala somente será alcançada com políticas adicionais de incentivo a serviços ambientais e uma silvicultura com espécies nativas que substitua atividades agropecuárias (Faria et al., 2021).

Tabela 4. Área em regeneração e remoções de gases de efeito estufa, entre 2005 e 2025, 2030 e 2050.

Período	2025	2030	2050
Área em regeneração ao final do período (ha)	3.276.000	5.000.000	15.000.000
Remoções de carbono (GtCO ₂ e)	0,31	0,51	2,35

Criação de áreas protegidas

A criação de 3,05 milhões de hectares de áreas protegidas, entre 2005 e 2050, resultaria na remoção de 0,06 GtCO₂e, até 2050, com parciais de 0,013, em 2025, e de 0,018, em 2030 (Tabela 5). Uma vez que 830 mil ha já foram criados até 2020, será necessário proteger novos 2,22 milhões de hectares, entre 2020 e 2050.

Considerando-se que por volta de 80% das florestas remanescentes

do bioma estão em terras privadas e que há menos de 100 mil ha de terras públicas não destinadas conhecidas no bioma (Faria et al., 2021), é plausível supor que as áreas protegidas serão criadas a partir de terras privadas. Assim, é necessário um grande programa de incentivo para a criação de RPPNs.

Há também potencial para a criação de novas Unidades de Conservação municipais. Muitas delas já existem e não estão registradas no Cadastro Nacional de Unidades de Conservação e, portanto, não são consideradas nas estimativas oficiais de remoções. Dezenas delas foram criadas nos últimos anos e são desconhecidas, havendo uma forte correlação com a adoção de políticas públicas de transferência de recursos para os municípios, como o ICMS Ecológico (Pinto et al., 2020).

Finalmente, avanços nas políticas de criação e demarcação de Terras Indígenas também podem fomentar a criação em grande escala de novas áreas protegidas, até 2050, e o alcance das metas estabelecidas neste estudo.

Tabela 5. Áreas protegidas e remoções de gases de efeito estufa, entre 2005 e 2025, 2030 e 2050.

Período	2025	2030	2050
Áreas protegidas (ha)	830 mil	1,05 milhões	3,05 milhões
Remoções de carbono (GtCO ₂ e)	0,013	0,018	0,066

Contabilizando-se as três medidas de mudança de uso da terra para a diminuição das emissões e aumento das remoções de gases de efeito estufa, a Mata Atlântica pode contribuir com a redução de 3,76 GtCO₂e da atmosfera, até 2050 (Tabela 6). Isto é 1,9 vezes maior que as emissões totais da Rússia, em 2018 (1,992), o quarto maior emissor do mundo no ano. Em 45 anos (entre 2005 e 2050), isto corresponde a um valor médio de 0,083 GtCO₂e por ano, o que é maior que as emissões totais de Portugal, em 2018 (0,067). As remoções da criação de áreas protegidas e da restauração florestal e a diminuição e fim das emissões do desmatamento, em 2030, permitiram que o balanço de emissões do setor de mudança de uso da terra fosse zerado na Mata Atlântica, em 2012 (Figura 21). Seria, portanto, uma relevante contribuição para uma nova e ambiciosa versão da NDC brasileira.

Tabela 6. Estimativa de redução de emissões e remoções de gases de efeito estufa de mudança de uso da terra na Mata Atlântica, entre 2005 e 2025, 2030 e 2050.

Período	2025	2030	2050	% 2050
Redução do Desmatamento	0,392	0,616	1,340	35%
Restauração Florestal	0,310	0,510	2,350	63%
Criação de Áreas protegidas	0,001	0,018	0,066	2%
Total (GtCO ₂ e)	0,703	1,144	3,760	100%

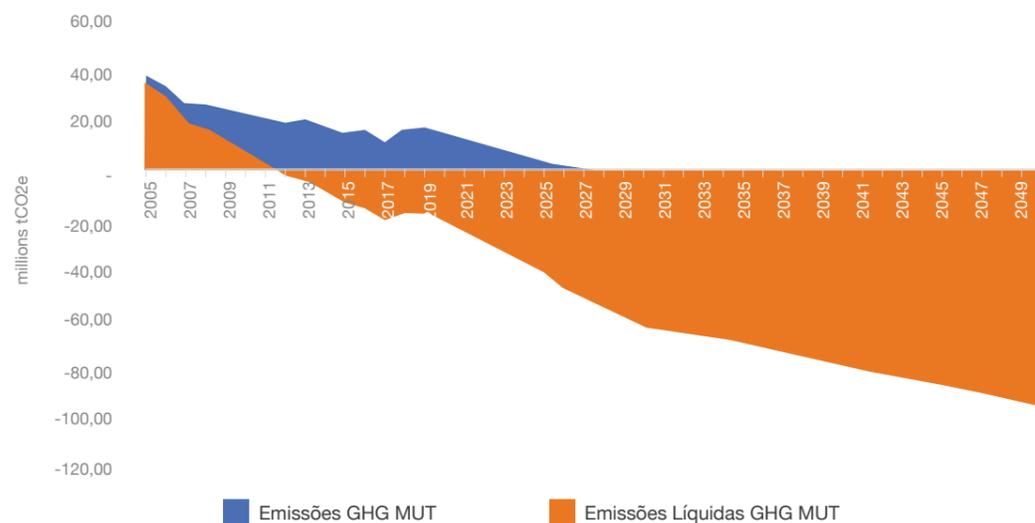


Fig. 22. Balanço das emissões e remoções de gases de efeito estufa do setor de mudança de uso da terra na Mata Atlântica, até 2050.

Agropecuária

Recuperação de pastagens degradadas

Atualmente, o bioma Mata Atlântica possui uma área de 29 milhões de hectares de pastagens, sendo que 56,6% não possuem nenhum nível de degradação (Mapbiomas). Conforme a análise do histórico do tamanho das áreas de pastagens para o bioma, verificou-se que as áreas destinadas à produção pecuária estão sendo reduzidas a uma taxa anual de aproximadamente 1,4% ao ano. A partir desses dados, assume-se neste estudo que grande parte das pastagens dará espaço para áreas de restauração florestal, áreas de produção agrícola e áreas de integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF), conforme detalhado nos próximos itens, chegando a uma área de 6,03 milhões de hectares, em 2050.

Portanto, considerando as áreas que ainda serão destinadas às pastagens, em 2050, a recuperação de 100% dessas pastagens

resultaria na remoção líquida acumulada de carbono de 1,0 GtCO₂e até 2050, com parciais de 0,314, em 2025, e de 0,433, em 2030 (Tabela 7). Esses valores de remoção líquida já estão considerando as emissões provenientes do carbono no solo da porcentagem de pastagens degradadas existentes em cada ano.

A taxa de recuperação dessas pastagens para a Mata Atlântica, segundo dados do Mapbiomas, aponta que por volta de 1,6% das áreas de pastagens estão sendo recuperadas ano a ano nas áreas da Mata Atlântica, portanto, demonstrando a viabilidade da meta apresentada acima.

Entretanto, para que se cumpra todas as metas propostas, principalmente o relacionado à meta de restauração florestal, entende-se ser extremamente importante ressaltar que outras medidas devem ser implementadas visando a contribuição para a redução das emissões do rebanho bovino e buscando o aumento da eficiência dessa produção através da intensificação pecuária e aumento da produtividade. Outras práticas que também podem contribuir são a suplementação animal, a redução da idade de abate, manejo rotacionado de pastagens e o aumento e melhorias no volume de tratamento de dejetos animais. Mesmo assim, observa-se a possibilidade de haver uma redução na produção de carne bovina do bioma devido ao cumprimento das metas, evidenciando o desafio que o bioma enfrentará nos próximos anos.

Tabela 7. Áreas de pastagens no bioma Mata Atlântica e remoções de gases de efeito estufa para 2025, 2030 e 2050.

Período	2025	2030	2050
Áreas de pastagens recuperadas nos respectivos anos (ha)	18.080.129	19.935.711	21.642.412
Remoções líquidas acumuladas de carbono (GtCO ₂ e)	0,314	0,433	1,0

Implementação de sistemas integrados

Além da recuperação de pastagens degradadas, a implementação de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta também se apresenta como uma atividade importante para promover o aumento nos estoques de carbono do bioma Mata Atlântica.

Segundo dados da Rede ILPF, a área destinada a estes sistemas, em 2018, no Brasil, era de aproximadamente 15 milhões de hectares, e através do tratamento desses dados, de acordo com a proporção das áreas dos estados que fazem parte do bioma Mata Atlântica, identificou-se que atualmente o bioma possui cerca de 4,53 milhões de hectares sob a implementação de sistemas integrados.

Um aumento de 85%, ou 3,90 milhões de hectares, nas áreas de implementação de sistemas integrados de lavoura, pecuária e floresta em cima de áreas degradadas resultaria na remoção acumulada de carbono de 0,729 Gton CO₂e, até 2050, com parciais de 0,197, em 2025, e de 0,283, em 2030 (Tabela 8).

Nos últimos 10 anos, entre 2008 e 2018, houve um incremento de mais de 11 milhões de hectares de sistemas ILPF no Brasil, ou seja, um aumento de 37,5% ao ano para as áreas integradas, demonstrando ser factível e conservadora a meta proposta para o bioma Mata Atlântica.

Tabela 8. Áreas de integração lavoura-pecuária-floresta no bioma Mata Atlântica e remoções de gases de efeito estufa, para 2025, 2030 e 2050.

Período	2025	2030	2050
Áreas de integração lavoura-pecuária-floresta (ha)	5.171.329	5.813.026	8.379.818
Remoções de carbono acumuladas (Gton CO ₂ e)	0,197	0,283	0,729

Lavouras cultivadas sob Sistema Plantio Direto (SPD)

Os dados referentes à lavoura seguem a mesma tendência de aumento para o país, sendo que a área de grãos deve aumentar 16,7%, entre 2019-2020 e 2029-2030, passando de 65,6 milhões de hectares, em 2019-2020, para 76,4 milhões, em 2029-2030, o que corresponde a um acréscimo anual de 1,6% (MAPA, 2020). Para sustentar este aumento, é necessário que o mesmo ocorra em áreas já abertas e degradadas em conjunto com um aumento na eficiência da produção e pela adoção do Sistema Plantio Direto.

Portanto, a trajetória de remoções líquidas para as áreas destinadas aos grãos no bioma Mata Atlântica, considerando as emissões provenientes do cultivo convencional e as remoções oriundas do Sistema Plantio Direto, sugere a adoção do SPD em 100% da área de produção de grãos do bioma, até 2050, resultando na remoção líquida acumulada de carbono de 0,792 Gton CO₂e, até 2050, com parciais de 0,17, em 2025, e de 0,242, em 2030 (Tabela 9). Esses valores de remoção líquida já estão considerando as emissões provenientes do carbono no solo da porcentagem de lavouras cultivadas sob sistema cultivo convencional existentes em cada ano.

Os valores foram calculados com base nas porcentagens de lavouras cultivadas sob Sistema Plantio Direto apresentadas pela Federação Brasileira do Sistema Plantio Direto (Febrapdp), sendo que atualmente o Brasil apresenta uma porcentagem de 53,2% de Sistema Plantio Direto para as áreas de cultivo de grãos. Além disso, é extremamente necessário priorizar o uso de variedades e cultivares que promovam a fixação biológica de nitrogênio.

Tabela 9. Áreas de lavouras cultivadas sob Sistema Plantio Direto no bioma Mata Atlântica e remoções de gases de efeito estufa, para 2025, 2030 e 2050.

Período	2025	2030	2050
Áreas de lavouras cultivadas sob Sistema Plantio Direto	11.853.382	14.550.924	24.917.638
Remoções líquidas acumuladas de carbono (Gton CO ₂ e)	0,170	0,242	0,792

Contabilizando-se as três medidas do setor agropecuário para a diminuição das emissões e aumento das remoções de carbono no solo, a Mata Atlântica pode contribuir com a redução de 2,521 GtCO₂e ou bilhões de toneladas de gás carbônico da atmosfera, considerando o período acumulado entre 2005 e 2050 (Tabela 10). Este montante corresponderia a 35,5% das emissões acumuladas pelo bioma por 45 anos, entre 2005 e 2050, considerando que as emissões de setor nos próximos anos se mantivessem no patamar dos dias atuais. As remoções resultantes da adoção da agricultura de baixo carbono têm potencial de reduzir as emissões líquidas do setor agropecuário em mais de 50%, até 2050 (Figura 22)

Tabela 10. Estimativa de redução de emissões e incremento de remoções de gases de efeito estufa do setor agropecuária na Mata Atlântica, entre 2025, 2030 e 2050.

Período	2025	2030	2050	% 2050
Pastagens recuperadas	0,314	0,433	1,0	40%
Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta	0,197	0,283	0,729	29%
Lavouras cultivadas sob Sistema Plantio Direto	0,170	0,242	0,792	31%
Total acumulado (Gton CO ₂ e)	0,681	0,958	2,521	100%

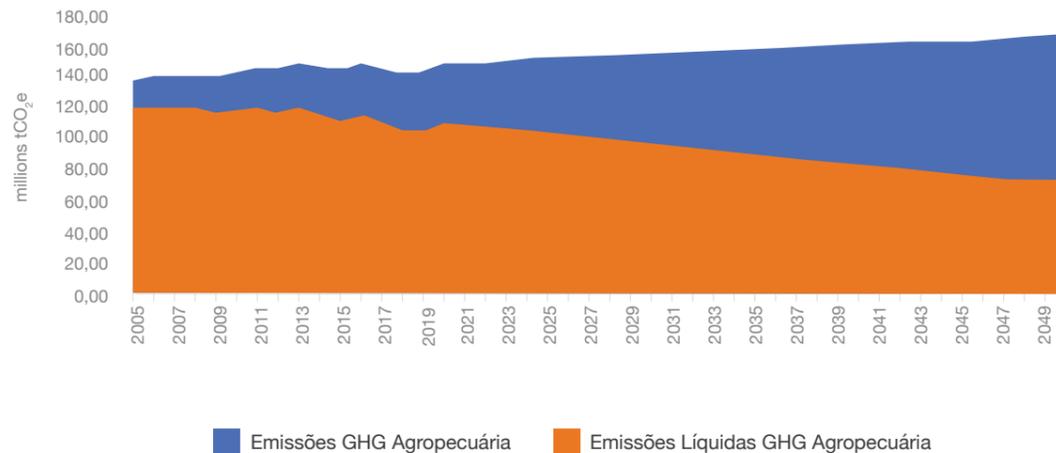


Fig. 22. Balanço das emissões e remoções de gases de efeito estufa do setor agropecuário na Mata Atlântica, até 2050.



Conclusões

Com um histórico de longo prazo de altas emissões de gases de efeito estufa devido ao desmatamento, a Mata Atlântica foi o segundo bioma com maiores valores, entre 2000 e 2018. Contudo, neste período, o perfil das emissões difere das do Brasil, por ser liderada pelo setor de energia, uma vez que a região abriga 70% da população e 80% da economia do Brasil. Apesar disso, a pegada de emissões por habitante ou unidade do PIB do bioma é menor que a média do país.

Mesmo tendo um perfil diferente do país, o setor de uso da terra permanece como a principal fonte das emissões, quando se agrega os setores de agropecuária e mudança de uso da terra (desmatamento). Isto ocorre pois o nível de desmatamento permanece relativamente alto para o bioma e a produção agropecuária é muito relevante, com a Mata Atlântica ainda sendo a principal região produtora de alimentos do país, a despeito do crescimento no Cerrado nas últimas décadas (Souza et al., 2021).

Cruzando-se a concentração dos subsetores de emissão com o de municípios, percebe-se que a busca por um bioma neutro deveria priorizar políticas para:

- A redução do uso de combustíveis e o uso de combustíveis renováveis nas metrópoles, sendo o transporte coletivo por biocombustível e eletricidade uma alternativa com alto potencial;
- O tratamento de resíduos (esgoto e lixo) nas cidades, sendo que este ainda pode combinar a redução de emissões com a geração de energia elétrica a partir da combustão dos gases de efeito estufa;
- O combate ao desmatamento em regiões prioritárias, sabendo-se que este é concentrado em poucos estados e regiões conhecidas. Em 2019-2020, regiões específicas de cinco estados (Minas Gerais, Bahia, Paraná, Santa Catarina e Mato Grosso do Sul) acumularam 91% do desmatamento no bioma (SOS Mata Atlântica e INPE, 2021);
- A restauração florestal e a criação de áreas protegidas;
- Agricultura de baixo carbono com a recuperação de pastagens e solos degradados, produção pecuária mais eficiente e uso de insumos menos emissores.

As medidas de governança e adoção de melhores práticas para redução das emissões e aumento das remoções de gases de efeito estufa da atmosfera dos setores de mudança de uso da terra e agropecuária na Mata Atlântica têm o potencial de diminuir as emissões totais em até 6,28 GtCO₂e. entre 2005 e 2050 (Tabela 11 e Figura 23). Portanto, estas soluções deste bioma são maiores

que todas as emissões da Índia (3,346) e da Rússia (1,992), em 2018, o terceiro e o quarto maiores emissores do planeta no ano. Distribuindo-se em valor médio anual (0,139 GtCO₂e), seria suficiente para compensar um terço das emissões da França (0,361) ou do Vietnã (0,364), em 2018, por um período de 45 anos.

A alocação da área acomodou a expansão projetada da produção agrícola de lavouras (sem considerar aumento de produtividade), com a substituição de pastagens degradadas por áreas de plantio direto e ILPF e o alcance do desmatamento zero, em 2030. Também incorporou 15 milhões de hectares para recuperação ou restauração florestal. A redução da área de pastagem de 36,8 milhões de hectares, em 2005, para 21,6 milhões de hectares, em 2030, comporta o rebanho projetado pelo MAPA, para 2050, com uma intensificação compatível com a tendência atual do bioma, sem ser necessário alcançar a lotação de três animais por hectare. O cenário permite que o setor de uso da terra (agropecuária + mudança de uso da terra) seja neutro em emissões, a partir de 2042, com uma pujante produção, sem desmatamento e vigorosa restauração florestal (Figura 24).

Assim, não há uma redução da produção total de alimentos. Pelo contrário, há um grande aumento, especialmente ao se considerar que no Brasil, em 2006, culturas agrícolas tiveram produtividade de proteína 25 vezes maiores do que da pecuária e com emissões de gases de efeito estufa 140 vezes menores, por hectare (Sparovek et al., 2018). A substituição de pastagem por 10 milhões de hectares de silvicultura econômica também não implica em diminuição da renda. De fato, pode alcançar uma rentabilidade maior e gerar mais empregos do que a pecuária extensiva e ter resultado comparável a outras atividades agrícolas e de silvicultura de espécies exóticas (Batista et al., 2021).

Tabela 11. Estimativa de redução de emissões e incremento de remoções de gases de efeito estufa do setor agropecuária e uso da terra na Mata Atlântica, entre 2025, 2030 e 2050.

Período	2025	2030	2050	% 2050
Mudança de uso da terra (GtCO ₂ e)	0,703	1,144	3,760	60%
Agropecuária (GtCO ₂ e)	0,681	0,958	2,521	40%
Total	1,384	2,102	6,281	100%

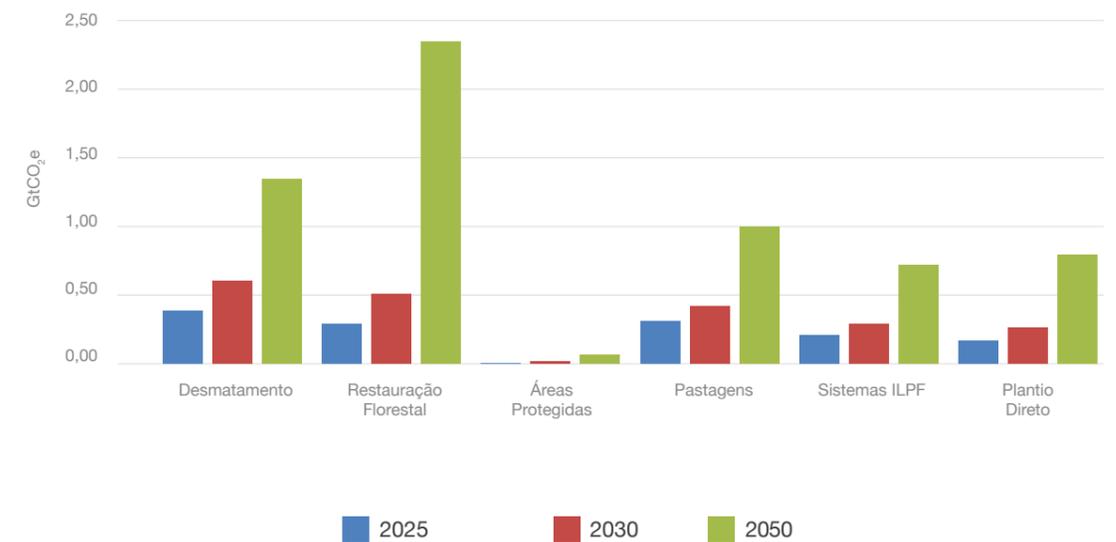


Fig. 23. Estimativa de redução de emissões e incremento de remoções de gases de efeito estufa do setor agropecuária e uso da terra na Mata Atlântica, entre 2025, 2030 e 2050, por atividade de mudança de uso da terra e agropecuária.

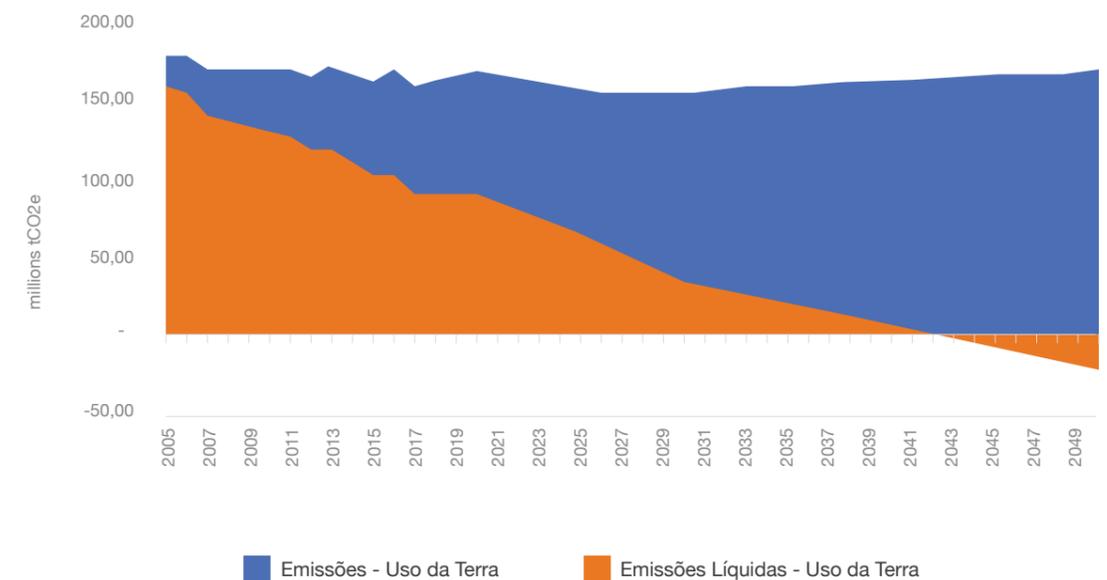


Fig. 24. Balanço das emissões e remoções de gases de efeito estufa de uso da terra (agropecuária + mudança de uso da terra) na Mata Atlântica, até 2050.

O alcance das metas de redução das emissões e remoção dos GEE depende de medidas de governança e da adoção de melhores práticas conhecidas das autoridades e tomadores de decisão públicos e privados que incidem sobre estes setores. Estas combinam políticas de comando e controle e de incentivos também conhecidas, mas que precisam ser totalmente implementadas ou aprimoradas. Não há barreiras tecnológicas para a sua implantação e já tivemos avanços neste sentido nos últimos anos. Portanto, as metas deste estudo podem ser incorporadas na próxima revisão da NDC brasileira, visando contribuir para o alcance do Acordo de Paris e de um país neutro em emissões, em 2050.

O alcance das metas de redução das emissões e remoção dos GEE depende de medidas de governança e da adoção de melhores práticas por tomadores de decisão dos setores públicos e privados. Estas ações combinam políticas de comando e controle e de incentivos também conhecidas, mas que precisam ser plenamente implementadas ou aprimoradas, como o Código Florestal, SNUC, Planaveg, Plano Safra. Não há barreiras tecnológicas para a sua implantação e já tivemos avanços neste sentido nos últimos anos.

O seu financiamento deve ser oriundo de investimentos para a adequação ambiental de imóveis rurais, de negócios e cadeias produtivas florestais e agroflorestais, da intensificação da pecuária e da agricultura de baixo carbono. Deve atrair recursos dos governos federal e estaduais, do setor privado, do mercado de carbono e de pagamentos por serviços ambientais e do multilateralismo para impulsionar uma economia que acelere a conservação, a restauração e a produção agrícola e florestal.



Referências

Atlântica, SOS Mata; INPE. *Atlas Dos Remanescentes Florestais Da Mata Atlântica, 2019-2020*. 2021, p. <http://mapas.sosma.org.br/>.

Azevedo, Tasso Rezende et al. "SEEG Initiative Estimates of Brazilian Greenhouse Gas Emissions from 1970 to 2015." *Scientific Data*, vol. 5, 2018, pp. 1–43, doi:10.1038/sdata.2018.45.

Bernardo B. N. Strassburg, Alvaro Iribarrem, Hawthorne L. Beyer, Carlos Leandro Cordeiro, Renato Crouzeilles, Catarina C. Jakovac, André Braga Junqueira, Eduardo Lacerda, Agnieszka E. Latawiec, Andrew Balmford, Thomas M. Brooks, Stuart H. M. Butchart, Rob, Fabio R. Scarano & Piero Visconti. "Global Priority Areas for Ecosystem Restoration." *Nature*, 2020, <https://www.nature.com/articles/s41586-020-2784-9>.

Banks-Leite et al. "Using Ecological Thresholds to Evaluate the Costs and Benefits of Set-Asides in a Biodiversity Hotspot." *Science*, 2014.

Bastista et al. INVESTIMENTO EM REFLORESTAMENTO COM ESPÉCIES NATIVAS E SISTEMAS AGROFLORESTAIS NO BRASIL: UMA AVALIAÇÃO ECONÔMICA INVESTIMENTO EM REFLORESTAMENTO COM ESPÉCIES NATIVAS E SISTEMAS AGROFLORESTAIS NO BRASIL: UMA AVALIAÇÃO ECONÔMICA." WRI, 2021.

Guedes Pinto, Luis Fernando, and Mauricio Voivodic. "Reverse the Tipping Point of the Atlantic Forest for Mitigation." *Nature Climate Change*, vol. 11, no. 5, Springer US, 2021, pp. 364–65, doi:10.1038/s41558-021-01035-4.

Guidotti, Vinicius, et al. "Números Detalhados Do Novo Código Florestal e Suas Implicações Para o PRAs." *Sustentabilidade Em Debate*, vol. 5, no. May, 2017, pp. 1–10, doi:10.13140/RG.2.2.23229.87526.

Marques, Marcia CM, and Carlos EV Grelle, eds. *The Atlantic Forest: History, biodiversity, threats and opportunities of the mega-diverse forest*. Springer Nature, 2021.

Myers, Norman, et al. "Biodiversity Hotspots for Conservation Priorities." *Nature*, vol. 403, no. 6772, 2000, pp. 853–58, doi:10.1038/35002501.

Oliveira, Daniele Costa de. *Potencial de sequestro de carbono no solo e dinâmica da matéria orgânica em pastagens degradadas no Brasil*. 2018. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2018. doi:10.11606/T.11.2018.tde-17072018-184226. Acesso em: 2020-12-01.

Pinto, Luiz Paulo, and Erika Guimarães. *Municipal Protected Areas Within the Urban Context of Brazil ' s Atlantic Forest*. no. 11, 2020, pp. 1183–95, doi:10.15341/mese(2333-2581)/11.06.2020/005.

Pitta, Gregory Ramos. *O Balanço de Carbono Em Paisagens Tropicais Antropizadas Carbon Balance in Human-Modified Tropical Landscapes O Balanço de Carbono Em Paisagens Tropicais Antropizadas Carbon Balance in Human-Modified Tropical Landscapes*. 2019.

Renato A. F. de Lima, Alexandre A. Oliveira, Gregory R. Pitta, André L. de Gasper, Alexander C. Vibrans, Jérôme Chave, Hans ter Steege, Paulo I. Prado. "The Erosion of Biodiversity and Biomass in the Atlantic Forest Biodiversity Hotspot." *Nature Communications*, vol. 11, no. 1, 2020, pp. 1–16, doi:10.1038/s41467-020-20217-w.

Rezende, C. L., et al. "From Hotspot to Hopespot: An Opportunity for the Brazilian Atlantic Forest." *Perspectives in Ecology and Conservation*, vol. 16, no. 4, Associação Brasileira de Ciência Ecológica e Conservação, 2018, pp. 208–14, doi:10.1016/j.pecon.2018.10.002.

Souza et al. *Os Impactos do Crédito Rural na Agropecuária e no Uso da Terra: uma Análise dos Biomas Brasileiros*. Rio de Janeiro: Climate Policy Initiative, 2021.

Rosa, Marcos R., et al. "Hidden Destruction of Older Forests Threatens Brazil's Atlantic Forest and Challenges Restoration Programs." *Science Advances*, vol. 7, 2021, p. eabc4547.

Sparovek, Gerd, et al. "Asymmetries of Cattle and Crop Productivity and Efficiency during Brazil ' s Agricultural Expansion from 1975 to 2006." *Elementa: Science of the Anthropocene*, vol. 6, no. 25, 2018, p. 15.

Strassburg, Bernardo BN, et al. "Global priority areas for ecosystem restoration." *Nature* 586.7831 (2020): 724–729.

**SEDE**

Avenida Paulista, 2073,
Conjunto Nacional
Torre Horsa 1 – 13º andar,
cj. 1318
01311-300 – São Paulo (SP)
Tel.: (11) 3262-4088
info@sosma.org.br

**CENTRO DE EXPERIMENTOS
FLORESTAIS SOS MATA
ATLÂNTICA - HEINEKEN BRASIL**

Rodovia Marechal Rondon, km
118
13300-970, Porunduva – Itu, SP

ONLINE

www.sosma.org.br
facebook.com/SOSMataAtlantica
twitter.com/sosma
youtube.com/sosmata
instagram.com/sosmataatlantica