



10 SEEG
anos

ANÁLISE DAS EMISSÕES DE
**GASES
DE EFEITO
ESTUFA**
E SUAS IMPLICAÇÕES PARA AS
METAS CLIMÁTICAS DO BRASIL
1970-2021

2023

1

PANORAMA
DAS EMISSÕES
BRASILEIRAS
EM 2021 05

2

MUDANÇAS
NA METODOLOGIA
DO SEEG 10 11

3

EMISSÕES
POR SETOR 13
3.1 - AGROPECUÁRIA 13
3.2 - ENERGIA E PROCESSOS
INDUSTRIALIS 18
3.3 - RESÍDUOS 25
3.4 - MUDANÇAS DE USO DA
TERRA E FLORESTAS 30

4

EMISSÕES
ALOCADAS POR
ESTADO 37

5

A DÉCADA
PERDIDA DAS
EMISSÕES
BRASILEIRAS 39

5.1 - PNMC, NDC E A
“PEDALADA” DE
CARBONO 40
5.2 - BRASIL 2045: VISÃO
PARA UM PAÍS
CARBONO-NEGATIVO 44

6

RECOMENDAÇÕES
AO NOVO
GOVERNO 45

AUTORES:

Renata Fragozo Potenza, Gabriel de Oliveira Quintana, Anderson Matheus Cardoso (Imaflora), David Shiling Tsai, Marcelo dos Santos Cremer, Felipe Barcellos e Silva, Ingrid Graces (Iema), Kacccny Carvalho, Iris Coluna (ICLEI), Julia Shimbo, Camila Silva, Edriano Souza, Bárbara Zimbres, Ane Alencar (Ipam), Claudio Angelo, Tasso Azevedo (Observatório do Clima)

SUMÁRIO EXECUTIVO



- **O Brasil emitiu 2,4 bilhões de toneladas brutas de gases de efeito estufa em 2021**, um aumento de 12,2% em relação a 2020, quando o país havia emitido 2,1 bilhões de toneladas. É o maior aumento de emissões em quase duas décadas, superado apenas por 2003, quando as emissões cresceram 20% e atingiram seu pico histórico. A aceleração é mais do que duas vezes superior à média mundial estimada para o mesmo ano.
- **A alta do desmatamento, sobretudo na Amazônia, foi a principal responsável pelo aumento de emissões.** Em 2021, a poluição climática causada pelas mudanças de uso da terra subiu 18,5%. A destruição dos biomas brasileiros emitiu 1,19 bilhão de toneladas brutas de CO₂ equivalente (GtCO₂e) no ano retrasado — mais do que o Japão inteiro —, contra 1 bilhão de toneladas em 2020.
- **No setor de energia, a alta de emissões também foi de 12,5%, o maior salto em 50 anos.** Foram emitidas 435 milhões de toneladas, contra 387 milhões em 2020. A alta se deve à retomada da economia no pós-Covid, mas também a uma seca extrema que prejudicou a geração das hidrelétricas e a uma queda no uso de etanol. O setor de processos industriais e uso de produtos também registrou alta, de 155,4 milhões de toneladas de CO₂ equivalente (MtCO₂e) em 2020 para 169,9 MtCO₂e em 2021.
- **No setor de agropecuária, a alta de emissões foi de 3,8%, chegando a 601 milhões de toneladas de CO₂ equivalente**, contra 579 milhões de toneladas em 2020. É o maior incremento percentual desde 2004 (aumento de 4,1%) e representa emissões maiores que as da África do Sul.
- **O setor de resíduos registrou uma oscilação para baixo em suas emissões pela primeira vez na história:** em 2021, o setor foi responsável pela emissão de 91,12 milhões de toneladas de CO₂e, uma queda de 0,12% em relação ao ano anterior. Essa discreta redução está, em grande parte, relacionada com o aumento da queima ou recuperação energética de metano (CH₄) em aterros sanitários.
- As mudanças de uso da terra responderam por 49% das emissões brutas de gases de efeito estufa do país em 2021, contra 46% em 2020. Em seguida vêm agropecuária, com 25%, energia e processos industriais, com 22%, e resíduos, com 4%.
- Descontando as remoções de carbono por florestas secundárias e áreas protegidas, **o Brasil teve uma emissão líquida de gases de efeito estufa de 1,76 GtCO₂e, contra 1,49 GtCO₂e em 2020**. A alta é de 17,2% e denota um aumento do desmatamento, inclusive em terras indígenas e unidades de conservação, que foram mais invadidas e desmatadas durante o governo de Jair Bolsonaro.
- O Brasil se mantém em posição elevada entre os maiores emissores do planeta: o país é **o sétimo maior emissor de gases de efeito estufa do mundo**, com 3% do total mundial, atrás de China (25,2%), EUA (12%), Índia (7%), União Europeia (6,6%), Rússia (4,1%) e Indonésia (4%). No entanto, como o desmatamento caiu na Indonésia nos últimos anos e a série de dados globais só vai até 2019, é provável que o Brasil seja na realidade o sexto maior emissor.

SUMÁRIO EXECUTIVO



- Comparando-se as emissões per capita no Brasil com as do resto do mundo, nota-se que o país segue emitindo mais do que a média mundial. Enquanto o mundo emite em média 6,2 toneladas por pessoa, no Brasil, **as emissões brutas per capita em 2021 foram de 11,1 toneladas, e as líquidas, de 8 toneladas.**
- Quando se analisa as emissões brutas per capita nos estados, Roraima lidera o ranking, com 94 toneladas de CO₂e emitidas por habitante em 2021 – mais de 15 vezes a média mundial. Devido à população pequena e ao aumento de 110% no desmatamento em 2021 em relação ao ano anterior, a emissão média por habitante em Roraima é quase duas vezes e meia maior que no Qatar.
- A presente edição do SEEG marca os dez anos da iniciativa do Observatório do Clima e permite dizer que a última década foi perdida do ponto de vista da mitigação (redução das emissões) de gases de efeito estufa. Apesar de ter cumprido a meta numérica de sua Política Nacional sobre Mudança do Clima, **o país não alterou sua trajetória de emissões**, nem o perfil de poluição, altamente contaminado por um tipo de emissão (o desmatamento) que não tem virtualmente nenhum impacto positivo no PIB. O SEEG 10, portanto, mantém a conclusão do SEEG 9 de que **o Brasil falhou em usar a política nacional de clima como um instrumento para uma virada rumo a uma economia de baixo carbono.**
- Essa escrita se mantinha virtualmente inalterada em 2021 em relação à NDC, a meta nacional no Acordo de Paris. O Brasil não iniciou sua implementação, como deveria ter feito no ano retrasado: ao contrário, enfraqueceu a meta, alterando sua base de cálculo, o que hoje é contestado a Justiça.



PANORAMA DAS EMISSÕES BRASILEIRAS EM 2021



As emissões brutas de gases de efeito estufa do Brasil foram de 2,4 bilhões de toneladas de gás carbônico equivalente (GtCO₂e, GWP-AR5) em 2021. O crescimento foi de 12,2% em relação ao ano anterior, quando o país emitiu 2,1 bilhões de toneladas de CO₂e. Trata-se do maior aumento de emissões em quase duas décadas, superado apenas pelos 20% de elevação registrados em 2003, quando o país atingiu seu recorde absoluto de poluição climática, com 3 bilhões de toneladas brutas de CO₂e.

No ano retrasado, as emissões globais cresceram cerca de 5%¹, com a retomada da economia após o tombo causado pela pandemia de Covid-19 em 2020. Portanto, a aceleração verificada no Brasil é mais do que duas vezes maior do que a média mundial.

Isso se deve à forte alta do desmatamento no país, sobretudo na Amazônia. Em 2021, as emissões por mudança de uso da terra e florestas (MUT), setor que compreende principalmente o desmatamento, tiveram alta de 18,5%. O sistema Prodes, do Inpe, registrou a maior taxa de desmate da Amazônia em 15 anos, 13.038 km², contra 10.851 km² em 2020. No Cerrado também houve alta, mas mais discreta (8.531 km² contra 7.905 km² em 2020). A destruição dos biomas brasileiros emitiu 1,19 bilhão de toneladas brutas no ano retrasado — mais do que o Japão inteiro —, contra 1 bilhão de toneladas em 2020.

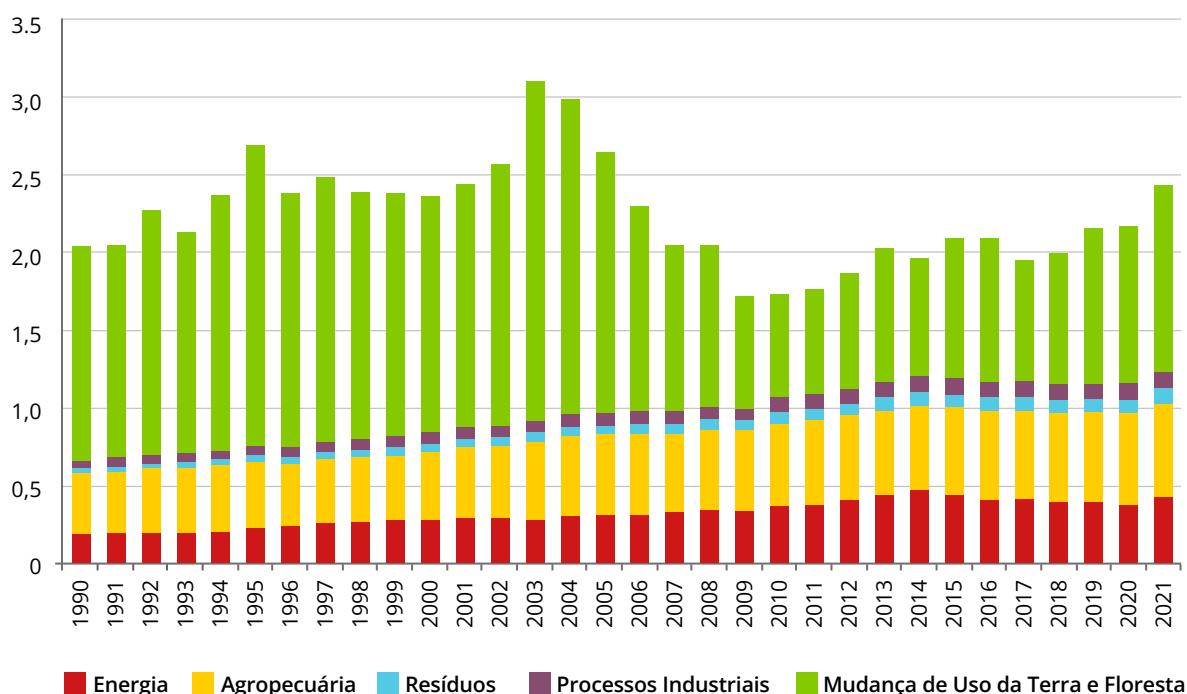
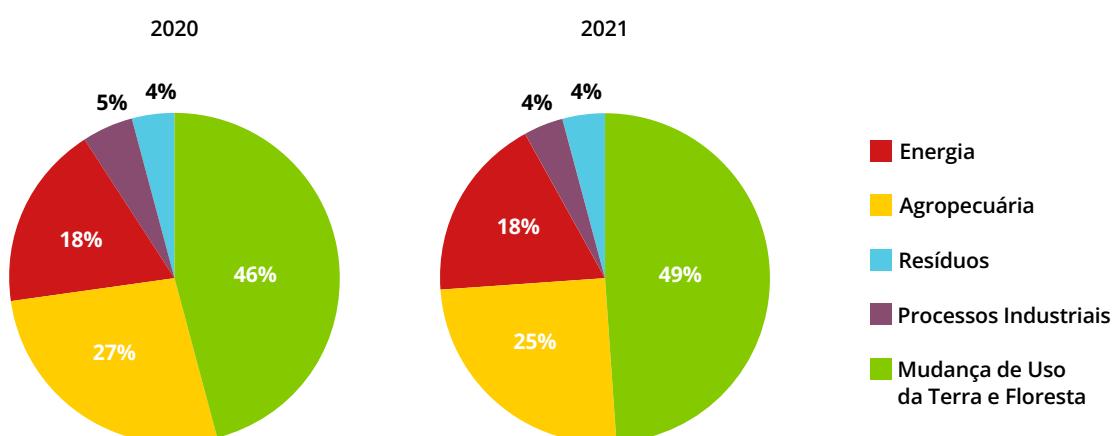
EMISSÕES BRUTAS DE GASES EFEITO ESTUFA NO BRASIL EM 2021:

2,4 bilhões

de toneladas de gás carbônico
equivalente (GtCO₂e GWP-AR5)

Só que não foi apenas em uso da terra que as emissões cresceram. O setor de energia teve a maior alta em suas emissões desde 1973, um dos anos do “milagre” econômico da ditadura: 12,2%. Nesse setor, em 2021, foram emitidas 435 milhões de toneladas, contra 387 milhões em 2020. A agropecuária também teve alta expressiva, de 3,8% (601 milhões de toneladas), puxada principalmente pelo aumento do rebanho bovino. O setor de processos industriais e uso de produtos registrou elevação de 8,2% (para 108 milhões de toneladas), e o de resíduos, uma discreta — e inédita — oscilação para baixo, de 0,1% (91 milhões de toneladas de CO₂e).

¹ Estimativa do Global Carbon Project, com base em emissões fósseis. https://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/archive/2021/GCP_CarbonBudget_2021.pdf

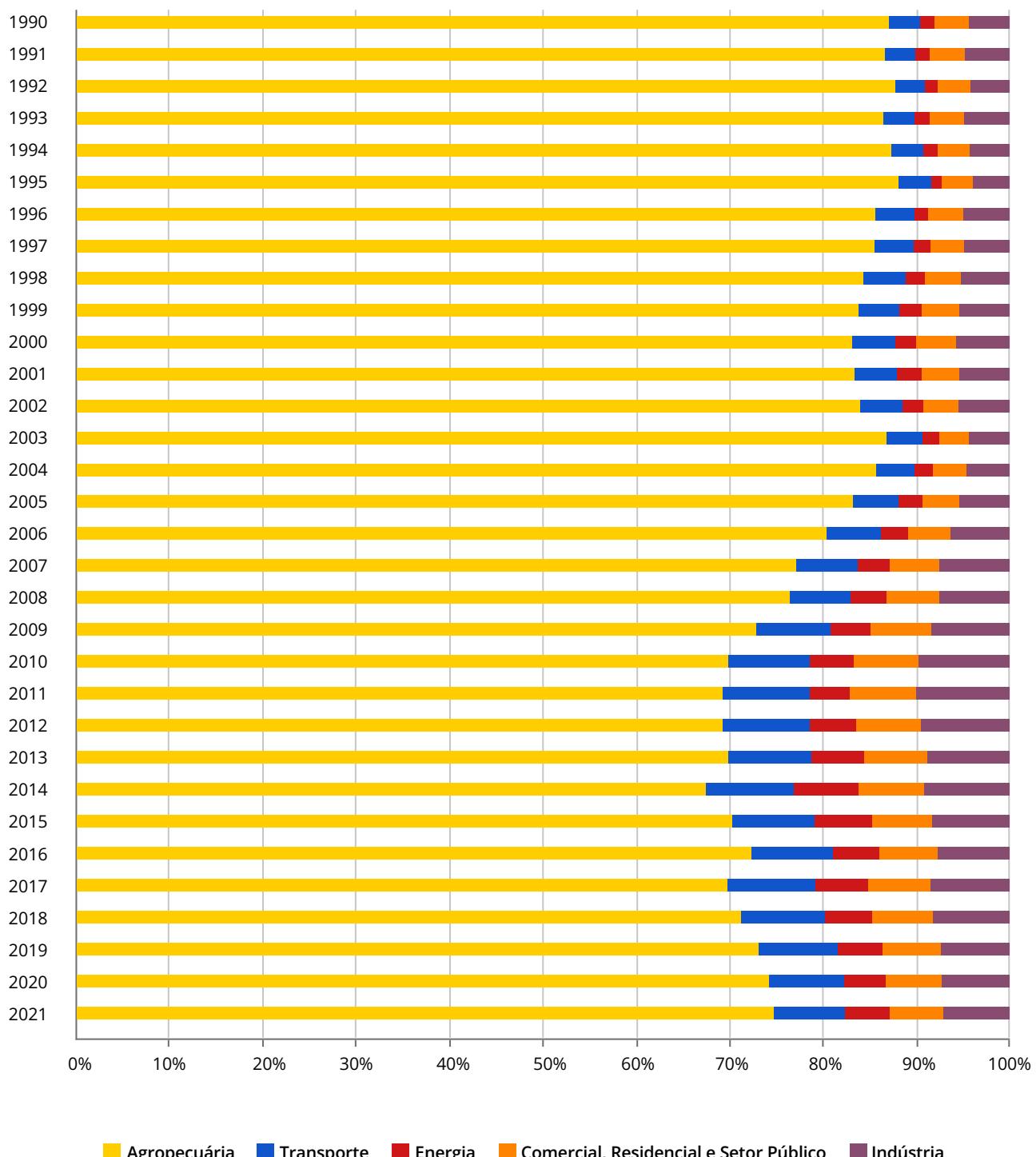
Figura 1 - Emissões de gases de efeito estufa do Brasil de 1990 a 2021 (GtCO₂e)**Figura 2 - Participação dos setores no perfil das emissões brasileiras em 2020 e 2021**

Tal como em anos anteriores, as mudanças do uso da terra responderam pela maior parte das emissões brutas brasileiras: 49% em 2021, contra 46% em 2020. Somando as emissões por desmatamento e outras mudanças de uso da terra com as do setor agropecuário, conclui-se que a atividade agropecuária em sentido amplo responde por 74% de toda a poluição climática brasileira. Segundo um estudo recente², entre 90% e 99% do desmatamento tropical é impulsionado pela agropecuária.

² https://eprints.whiterose.ac.uk/191067/1/AcceptedManuscript_Disentangling.pdf

Incluindo na equação das emissões o cruzamento com o PIB, que em 2021 mostrou forte recuperação pós-pandemia, de 5%, os dados do SEEG permitem concluir que o Brasil ainda polui mais do que gera riqueza em comparação com a média mundial. O desmatamento, em grande parte criminoso, especulativo e descolado da produção de riqueza, distorce a curva nacional de emissões.

Figura 3 - Perfil de emissões por atividade econômica



■ Agropecuária ■ Transporte ■ Energia ■ Comercial, Residencial e Setor Público ■ Indústria

As emissões líquidas nacionais (veja box na página 10) tiveram alta ainda mais expressiva, de 17,2%, considerando os fatores de emissão do 5º Relatório de Avaliação do IPCC (AR5) e usando como parâmetro o potencial de aquecimento global em cem anos (GWP), que é como o SEEG reporta tanto emissões brutas quanto líquidas. As emissões líquidas resultam das emissões brutas menos as remoções de carbono por áreas protegidas, por mudanças de uso da terra e por vegetação secundária. O SEEG mostrou que as remoções por áreas protegidas e vegetação secundária sofreram uma queda em 2021, o que indica avanço de desmatamento em terras indígenas, unidades de conservação e em florestas que já haviam sido desmatadas e cresceram novamente. Em 2021, as emissões líquidas do Brasil foram de 1,76 GtCO₂e, contra 1,49 GtCO₂e em 2020.

Esses dados indicam, como o Observatório do Clima vem alertando ao longo da última década, que a curva de emissões do Brasil permanece essencialmente igual à de antes da adoção da Política Nacional sobre Mudança Climática (Lei 12.187/2009). A expectativa com a PNMC era que o Brasil passasse a ter emissões cada vez mais parecidas com as de outros países do G20, nos quais o setor de MUT tem um peso reduzido. O fracasso da meta da PNMC de reduzir o desmatamento na Amazônia em 80% até 2020, porém, manteve o país com tendência de alta nas emissões e com o uso da terra pesando na trajetória, mesmo após 12 anos de vigência da lei (leia mais no cap. 5).

O BRASIL É O SÉTIMO MAIOR EMISSOR LÍQUIDO DE GASES DE EFEITO ESTUFA*

3%
do total mundial

* De acordo com o Cait/WRI

Olhando para o resto do mundo, o Brasil se mantém em posição elevada entre os maiores emissores do planeta: de acordo com o Cait/WRI (que considera emissões líquidas), o país é o sétimo maior emissor de gases de efeito estufa do mundo, com 3% do total mundial. O país fica atrás de China (25,2%), EUA (12%), Índia (7%), União Europeia (6,6%), Rússia (4,1%) e Indonésia (4%). No entanto, para comparabilidade, os dados do Cait vão até 2019. Nesse período, o desmatamento caiu na Indonésia, enquanto no Brasil ele subiu. Portanto, é provável que o país seja na realidade o sexto maior emissor – ou, se a UE não for considerada como uma unidade na comparação, o quinto.

Comparando-se as emissões per capita no Brasil com as do resto do mundo, nota-se que o país segue emitindo mais do que a média mundial. Enquanto o mundo emite em média 6,2 toneladas por pessoa, no Brasil, as emissões brutas per capita em 2021 foram de 11,1 toneladas, e as líquidas, de 8 toneladas; mais próximas, mas mesmo assim maiores, que a média mundial.

A devastação dos biomas novamente é a responsável por elevar esse patamar. Alguns estados amazônicos, notadamente Roraima e Mato Grosso, emitem por pessoa duas vezes mais do que os habitantes do Qatar, um dos países com maiores emissões per capita do mundo.

Ratificando outra tendência observada ao longo dos últimos anos, o Brasil também está ficando menos economicamente eficiente nas suas emissões. A chamada intensidade de carbono da economia nacio-

nal, a quantidade de CO₂ produzida por dólar gerado no PIB, vem aumentando paulatinamente desde 2011, quando atingiu seu valor mais baixo (0,99 kg/dólar). Em 2021, o país emitia 1,32 kg de CO₂ por dólar adicionado ao PIB real. Enquanto isso, a média mundial segue num patamar bem mais baixo e em trajetória inversa, decrescendo. Em 2011 tínhamos 0,65 kg/dólar, em 2019 0,57 kg/dólar.

A presente edição do SEEG, a décima, marca o que deveria ser o início da implementação da chamada NDC (Contribuição Nacionalmente Determinada), a meta adotada pelo Brasil no acordo do clima de Paris. Em 2020, expirou formalmente o prazo das metas da PNMC, com resultados positivos e negativos. Por um lado, a PNMC teve sua meta geral (36,8% de redução em 2020 em relação ao projetado em 2009 para aquele ano) cumprida no agregado. A lei também foi capaz de gerar um plano setorial que causou mudanças importantes no setor da agropecuária, o Plano ABC (cujos resultados, como se verá adiante, ainda não são contabilizados nos inventários nacionais de emissões). Por outro, seus objetivos centrais, de reduzir o desmatamento na Amazônia e de alterar a trajetória de emissões do país, não foram cumpridos.

Lança-se, assim, o Brasil ao regime de Paris com emissões em alta e sem nenhuma alteração consistente em curva de carbono. Como se argumentará no capítulo 5, pode-se dizer que os anos 2010 foram uma “década perdida” para a mitigação da mudança do clima no país. E os 2020 começaram com um retrocesso: após a virtual paralisação na governança climática federal, em 2019, o governo propôs duas atualizações da NDC que, na prática, reduzem a ambição da meta em relação à que fora proposta em 2015, quando o país aderiu ao acordo do clima.

Hoje o Brasil é o único país do G20 com uma NDC que viola o princípio da progressão das metas de Paris. A chamada “pedalada” na meta brasileira é objeto de ação na Justiça, movida por seis jovens ativistas em 2021. Mesmo com o ajuste anunciado naquele ano na ambição nominal, submetido formalmente em 2022, o Brasil ainda “pedalava” em 73 milhões de toneladas de CO₂e no momento em que este relatório era escrito (veja o cap. 5). O outro país a violar o tratado era o México, cuja NDC permitia uma emissão extra de 14 milhões de toneladas em relação à proposta de 2015, mas que teve a meta anulada na Justiça. Uma nova foi submetida pelo governo em 2022, livre do retrocesso.

O governo Lula, eleito em 2022, prometeu rever a NDC brasileira e implementar o acordo do clima, começando por reativar, já no primeiro dia de governo, os Planos de Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia e no Cerrado (PP-CDAm e PPCerrado). Em seu discurso na COP27, em Sharm El-Sheikh, no Egito, em novembro de 2022, Lula prometeu zerar o desmatamento e a degradação em todos os biomas brasileiros até 2030. A retomada da governança federal ocorre a três anos do prazo da primeira NDC e na década decisiva para o corte global de emissões de 45% em relação a 2020 que a ciência aponta ser necessário para limitar o aquecimento da Terra a 1,5°C neste século. O Brasil volta atrasado ao esforço global e terá de correr atrás do prejuízo.

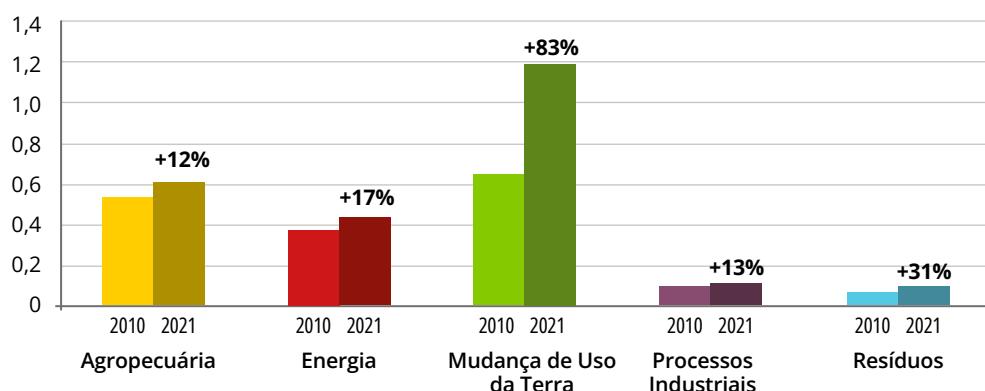
EMISSÃO BRUTA PER CAPITA EM 2021:

11,1 toneladas

EMISSÃO LÍQUIDA PER CAPITA EM 2021:

8 toneladas

Figura 4 - Emissões brasileiras por setor, antes e depois da PNMC (GtCO₂e)



BRUTO X LÍQUIDO



O Observatório do Clima reporta no SEEG tanto as emissões brutas de gases de efeito estufa quanto as líquidas, que consideram as remoções de CO₂ da atmosfera por florestas secundárias e pela manutenção de florestas em terras indígenas e unidades de conservação. Mas, enquanto no SEEG as emissões brutas são destacadas primeiro, o governo federal só reporta à Convenção do Clima da ONU (a UNFCCC) as emissões líquidas. Isso frequentemente causa confusão entre os dados do SEEG e os do Sirene, a plataforma do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações que contém os dados oficiais de emissão do país.

O IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima) autoriza os países, em suas diretrizes para a formulação de inventários de emissões, a descontar as “remoções antropogênicas” de carbono, ou seja, intervenções humanas que ajudem a sequestrar o gás da atmosfera. Embora áreas protegidas não sejam intervenção humana, o governo federal entende que criá-las e mantê-las implica em custo, portanto é autorizado a computar nos inventários nacionais as remoções por essas florestas públicas.

Num contexto de uma economia global que rumava para a “emissão líquida zero” em 2050, o papel das remoções ficará cada vez mais importante. O OC propôs em 2022 que o Brasil fosse até mesmo além disso e se tornasse negativo em carbono já em 2045, lançando mão de regeneração e restauração florestal em grande escala.

O Observatório do Clima entende, porém, que, embora esse “deságio” da contabilidade das áreas protegidas seja autorizado pela UNFCCC, reportar antes as emissões brutas é mais adequado devido às peculiaridades da metodologia de cálculo de remoções no inventário brasileiro, que acaba por não representar a realidade das remoções atuais, que vêm se reduzindo à medida que o desmatamento cresce, inclusive nas áreas protegidas.

2

MUDANÇAS NA METODOLOGIA DO SEEG 10



O SEEG 10 passou por mudanças metodológicas que alteraram toda a série histórica das estimativas de emissões. Esse tipo de aprimoramento é frequente no SEEG e produz modificações nos percentuais de variação das emissões de ano a ano. Já no SEEG 8 as mudanças na forma de cálculo de emissões de uso da terra produziram uma mudança no ano de pico das emissões brasileiras, que passou a ser 2003 e não mais 2004.

Uma das mudanças mais significativas, dada a importância do setor para a curva de carbono do Brasil, é que desde 2020, após dois anos de teste, o SEEG passou a adotar as matrizes de transição de cobertura e uso da terra do MapBiomass como base para o cálculo de emissões por MUT (Mudança de Uso da Terra). Matrizes de transição são os registros das mudanças que acontecem no uso da terra em todos os biomas brasileiros – seja de vegetação nativa para pasto ou agricultura, seja de pasto ou agricultura para floresta secundária, por exemplo.

Os inventários nacionais de emissões, realizados quinquenalmente pelo MCTI (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações), nos quais se baseia o SEEG, utilizam matrizes feitas em intervalos longos: o país é dividido em várias células e cada célula é observada duas vezes, por exemplo, em 2002 e 2010, no caso do Terceiro Inventário publicado em 2015, ou o período de 2010 e 2016, no caso do Quarto Inventário. Conhecendo o carbono estocado na vegetação e nos solos de cada bioma e para cada classe de cobertura e uso da terra, é possível estimar qual foi a perda ou o ganho em cada célula e dividi-la linearmente pelo número de anos para estimar as emissões anuais. A exceção é a Amazônia, para a qual se conhece desde 1988 a taxa anual de desmatamento de florestas primárias, usada como *proxy* para distribuir as emissões em cada período.

Desde a sua primeira edição, em 2013, até a sua sétima edição, em 2019, o SEEG adotou o desmatamento como *proxy* para estimar as emissões por mudanças de uso da terra, exatamente como faz o MCTI nas suas atualizações anuais ou bianuais de emissões. Não é a prática ideal, pois não há dados de desmatamento anual disponíveis para todos os biomas, além de o método não capturar as tremendas variações da dinâmica de uso da terra no país. Este foi o principal motivador para o início do projeto MapBiomass, em 2015. Ele desenvolveu uma série histórica de mapas anuais de cobertura e uso da terra desde 1985 que permitem gerar as matrizes de transição necessárias para aplicar a metodologia completa do inventário para cada ano no Brasil.

Num exemplo hipotético, se uma área que era floresta em 2002 foi convertida para agricultura em 2010, agora é possível saber se ela virou uma pastagem em 2003 ou se foi abandonada em 2005 e virou um início de floresta secundária até ser novamente desmatada em 2009 – e estimar como as emissões e remoções de carbono variaram em cada ano.

Para o cálculo de emissões no setor MUT (Mudança de Uso da Terra e Florestas), foram atualizadas as estimativas com os fatores de emissão e remoção do Quarto Inventário Nacional e dos mapas anuais da mais recente coleção lançada pelo MapBiomas (<https://mapbiomas.org/>), a coleção 7, com ganhos na acurácia dos mapas e inclusão de novas classes até o ano de 2021. A única exceção foram os últimos três anos da série temporal (2019 a 2021), pois a coleção 7 do MapBiomas teve problemas na classificação nesses anos. Para lidar com esse problema, corrigimos as emissões por desmatamento, que são a fonte preponderante de emissões no setor de MUT, com base em dados externos: para os biomas Amazônia e Cerrado, o Prodes foi adotado como proxy para corrigir as estimativas de emissões nesses anos; já para os demais biomas, a proporção de mudança entre os anos nas taxas de desmatamento observadas pelo MapBiomas Alerta foi aplicada como fator de correção das estimativas nesses últimos anos da série temporal.

O uso do MapBiomas traz outros dois avanços relevantes, que também impactam toda a série histórica de emissões brasileiras: a inclusão da supressão e regeneração da vegetação secundária e o uso do ano civil (janeiro-dezembro) para o cálculo das transições, incluindo o desmatamento. Devido à cobertura de nuvens da Amazônia nos meses de primavera e verão, o desmatamento sempre foi estimado pelo sistema Prodes, do Inpe, no período que vai de agosto de um ano a julho do ano seguinte, porque as imagens de satélite eram adquiridas na estação seca. A mudança do chamado “ano-Prodes” para ano-calendário faz, por exemplo, com que o ano do pico de emissões do Brasil no SEEG passe a ser 2003 e não mais 2004, porque o desmatamento recorde de 27,8 mil quilômetros quadrados reportado para 2004 incluía o segundo semestre de 2003, de alta devastação.

Com relação ao setor MUT, o SEEG 10 traz, ainda, duas novidades. A primeira é a incorporação das emissões por alterações no carbono orgânico do solo, relacionadas à conversão de áreas naturais para pastagem ou agricultura. Essas emissões representam em média 0,1% das emissões brutas anuais na série. A segunda é o cálculo de emissões NCI (não contabilizadas no inventário), como as emissões por queimadas não associadas a desmatamento, ou seja, aquelas que ocorrem em áreas naturais que não são posteriormente convertidas. Esse exercício foi feito com base nas cicatrizes de fogo mapeadas pela iniciativa MapBiomas Fogo, cobrindo o período de 1990-2020, e estima emissões líquidas (incluindo mortalidade e regeneração posterior de árvores), nos diferentes biomas brasileiros. Essas estimativas aumentam em média 29% as emissões líquidas anuais do setor MUT ao longo da série histórica.

Outra mudança relevante foi que o SEEG começou a incorporar como base para as estimativas, já em 2020, o Quarto Inventário Nacional de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa, do MCTI, que até a publicação do SEEG 8, em 2020, ainda não havia sido lançado. Após o lançamento do inventário, fatores de emissão e novas metodologias do novo inventário foram amplamente incorporados aos setores de MUT, Agropecuária e Resíduos, tornando as estimativas mais precisas. No setor agropecuário, por exemplo, isso causou uma mudança na série histórica, principalmente no subsetor de solos manejados - que respondia por 32% do total das emissões do agro em 2019, por exemplo, fatia que foi ajustada para 29%.

3

EMISSÕES POR SETOR



3.1 - AGROPECUÁRIA

Em 2021 as emissões do setor agropecuário foram as mais altas da série histórica: 601 milhões de toneladas de CO₂ equivalente (GWP AR5), um aumento de 3,8% em relação a 2020 (579 milhões de toneladas). É o maior incremento percentual desde 2004 (aumento de 4,1%) e representa emissões maiores que as da África do Sul. Desde 1970, as emissões do setor agropecuário saltaram 182%.

No setor de agropecuária são contabilizadas as emissões provenientes da digestão realizada pelos rebanhos de animais ruminantes (fermentação entérica), que emite metano — o popular “arroto” do boi —, do tratamento e disposição que os dejetos desses animais recebem (manejo de dejetos), do cultivo de arroz sob o regime irrigado, da queima dos resíduos agrícolas do cultivo de cana-de-açúcar e algodão e das originadas pela forma como os solos agrícolas são manejados, considerando o incremento de nitrogênio via utilização de insumos, operações agrícolas e uso de calcário (solos manejados). O SEEG também estima as emissões e remoções por solos, que não são contabilizadas no inventário nacional e, portanto, são reportadas separadamente (veja box na pág. 16).

A pecuária, em especial a fermentação entérica, foi a principal fonte de emissões, com 79,4% do total — 477 milhões de toneladas CO₂e —, e também a principal causa do aumento registrado no setor: em 2021, o rebanho bovino cresceu 3,1% no Brasil, em decorrência da permanência de fêmeas para a produção de bezerros, assim como pela queda do número de abates. O número é seis vezes maior que a média de crescimento dos últimos 18 anos; a última vez que o país viu tamanho incremento no número de cabeças de gado foi em 2004. Somados, os rebanhos bovinos de corte e de leite respondem por 93% das emissões da pecuária, ou 444 milhões de toneladas de CO₂ equivalente.

Os solos manejados, que compõem a maior parte das emissões diretas da agricultura, responderam por 29,8% (179 milhões de toneladas de CO₂e) das emissões do setor agropecuário e vêm em um distante segundo lugar. Essas emissões são essencialmente de N₂O (óxido nitroso), proveniente de dejetos de bovinos de corte utilizados como adubo e dispostos no pasto, juntamente do uso de fertilizantes sintéticos, respondendo por 28% e 21% do subsetor, respectivamente. Além disso, com 15% de participação e fonte de emissão de CO₂ (dióxido de carbono), a calagem (aplicação de calcário) veio logo atrás como a terceira maior fonte de emissão do subsetor.

Na agricultura também houve aumento, de 8%, puxado pela alta expressiva no consumo de fertilizantes nitrogenados (14%) e do volume de calcário nas lavouras, que subiu 20%.

A alta nas emissões do setor acompanhou o seu crescimento econômico para o ano de 2021, apresentando aumento no valor da produção da atividade agrícola e pecuária, justamente por ter sido um ano ainda com reflexos dos impactos da pandemia de Covid-19, que resultou em uma busca mundial por commodities agropecuárias, em um momento de alta do dólar diante do real. Tudo isso mesmo com uma safra marcada por impactos de variações climáticas adversas, como secas e geadas.

Para a pecuária, no mesmo período, foram abatidas 27,7 milhões de cabeças, 7,3% a menos do que o alcançado em 2020, ano com 29,9 milhões de cabeças. Essa redução dos abates resulta em uma maior quantidade de animais no pasto, motivada pela valorização das matrizes, bezerros e da arroba. Mesmo com a redução do número de abates, a produção de carne por animal abatido aumentou, saindo de 261,6 kg/cabeça em 2020 para 269,1 kg/cabeça em 2021, com aumento de produção de carne por abate de 2,8%.

Já na agricultura, a produção de grãos apresentou uma leve redução de 0,4%, com o total de 254,4 milhões de toneladas. Essa produção ocorreu em uma área de 86,7 milhões de hectares, sendo 3,9% maior do que a de 2020. Entre as principais culturas, somente a soja teve aumento de sua produção (11%), enquanto o milho, café, algodão e cana-de-açúcar apresentaram redução.

Os demais subsetores, como manejo de dejetos animais, cultivo de arroz e queima de resíduos agrícolas constituem os 7% restantes das emissões.

Figura 5 - Evolução das emissões de GEE de agropecuária por subsetor no período de 1970 até 2021

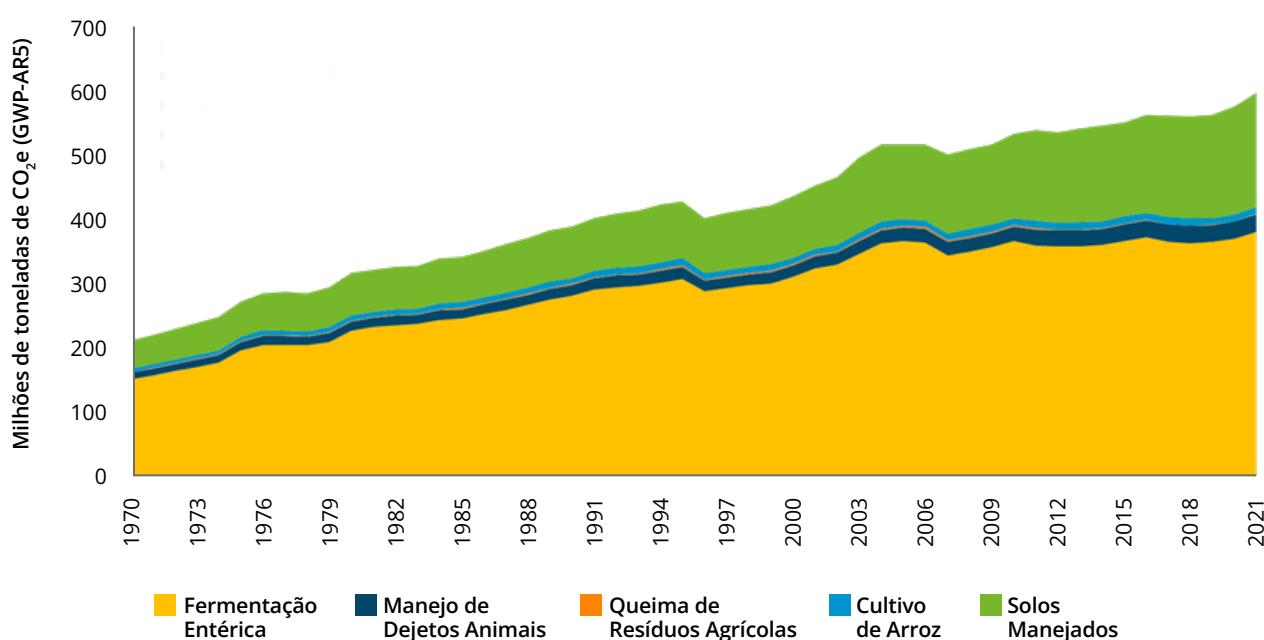
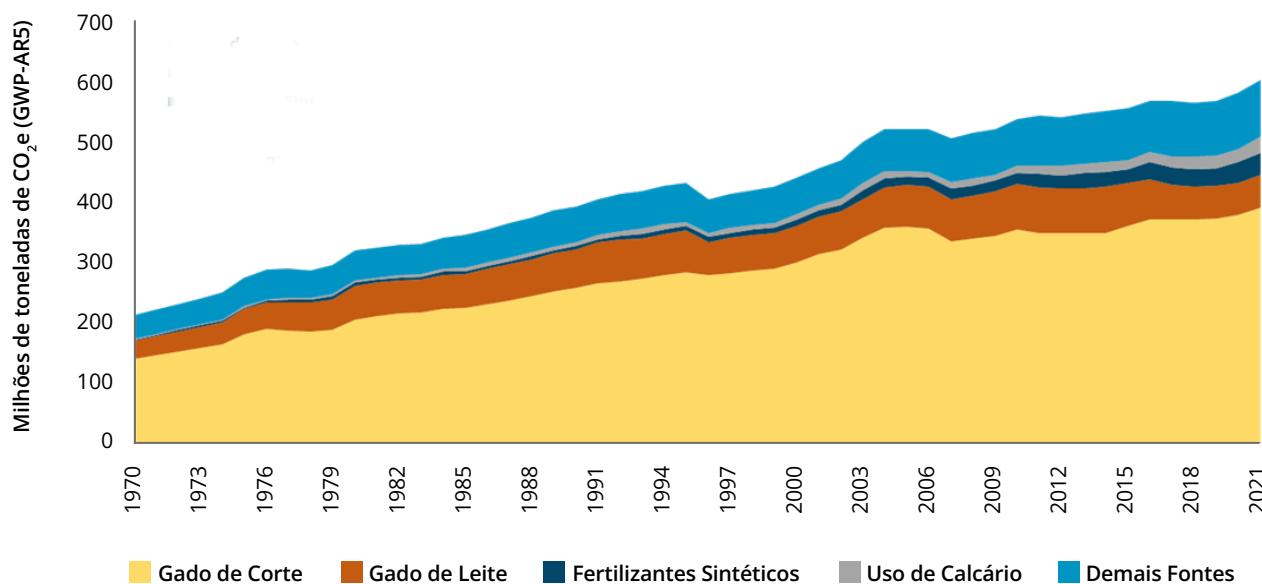


Figura 6 - Emissões de GEE de agropecuária pelas principais fontes no período de 1970 até 2021

No nível estadual, houve redução de emissões somente nos estados do Mato Grosso do Sul (-1,3%) e Paraná (-1,2%), juntamente com DF (-2,5%). Assim, para todos os demais estados houve aumento das emissões pelo setor.

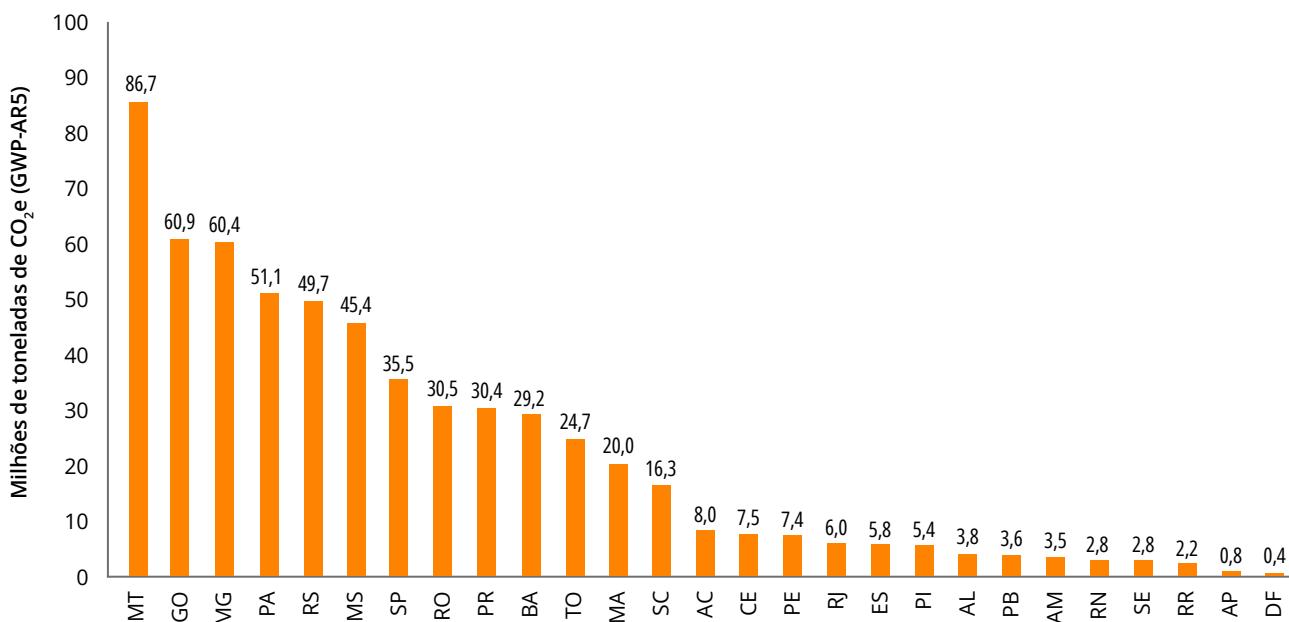
O estado mais emissor foi Mato Grosso, com 86,7 Mt CO₂e, 2,8% a mais que no ano de 2020, respondendo por 14,4% das emissões nacionais da agropecuária. Essa posição ocupada pelo estado desde 2003 é justificada, principalmente, por possuir o maior rebanho bovino do país, com mais de 32,4 milhões de cabeças em 2021 (+0,3%), além de ser o que mais consumiu fertilizantes sintéticos, um total de 1,2 milhões de toneladas (+27,2%).

Logo em seguida, aparecem os estados de Goiás e Minas Gerais, praticamente com as mesmas emissões: 60,9 MtCO₂e e 60,4 MtCO₂e, respectivamente. Juntos, esses três estados respondem por 34,6% das emissões nacionais da agropecuária.

Os estados de fronteira agropecuária e principais produtores são os que concentram as emissões devido ao aumento do rebanho bovino e ao uso de fertilizantes sintéticos. Além de Mato Grosso (14,5%), Goiás (11,0%) e Pará (10,4%) serem os estados com maiores emissões resultantes da bovinocultura de corte e de leite, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul também estão entre os maiores emissores pela fonte, com 10,3% e 8,3% de participação, sendo que somente esses cinco respondem por mais de 54% das emissões pela atividade.

Já para as emissões de fertilizantes sintéticos, o Rio Grande do Sul foi o mais emissor, com 23,5% de participação. Mesmo sendo apenas o segundo estado que mais consumiu o insumo, o RS figura como o maior emissor devido à contabilização das emissões de fertilizantes utilizadas nas áreas de cultivo de arroz inundado, em que é líder. Em seguida aparecem Mato Grosso (16,7%), Minas Gerais (11,5%), São Paulo (10,4%) e Goiás (8,6%).

Figura 7 - Ranking das emissões estaduais do setor agropecuário em 2021



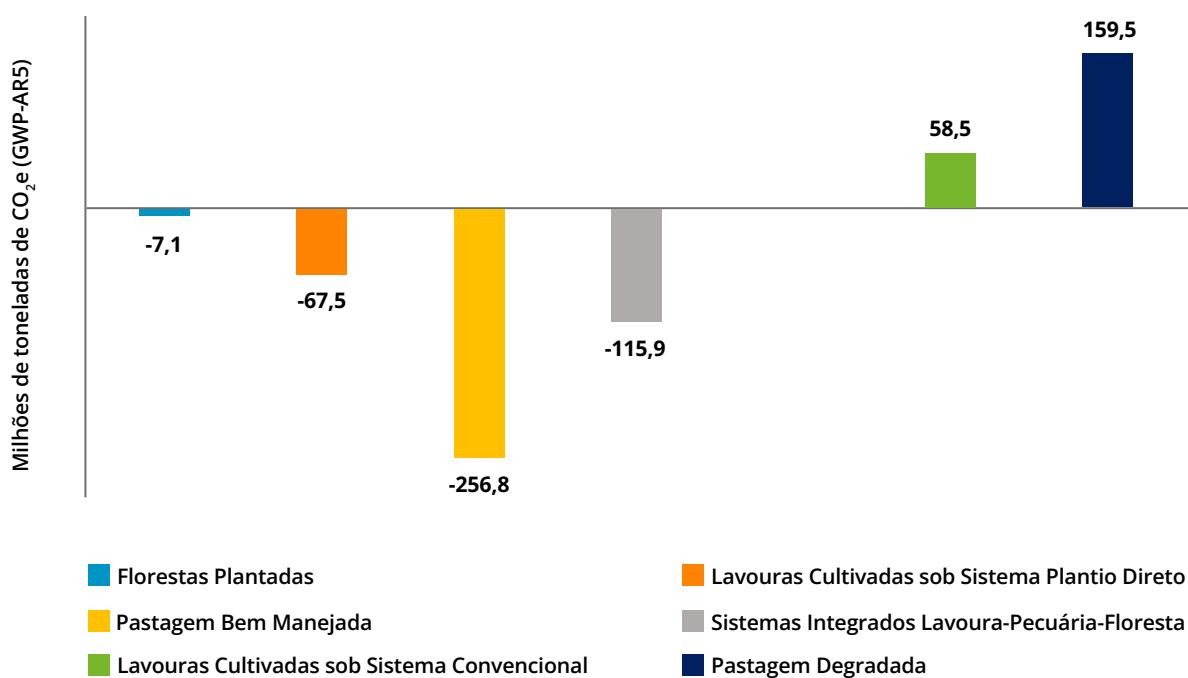
BOA NOTÍCIA: OS SOLOS AGRÍCOLAS ESTÃO SEQUESTRANDO DUAS VEZES MAIS CARBONO DO QUE EMITEM

Desde 2015, o SEEG faz estimativas do carbono emitido e removido pelo solo, que ainda não são contabilizadas pelos inventários nacionais de emissões. Trata-se de uma herança potencialmente positiva da Política Nacional sobre Mudança do Clima, com a disseminação de tecnologias de ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono), mas que o país ainda não computa para fins de verificação do cumprimento de suas metas climáticas.

Nas fontes de emissão são consideradas as lavouras sob sistema de plantio convencional e as pastagens degradadas, enquanto as fontes de remoção são as lavouras sob sistema de plantio direto, as pastagens bem manejadas, florestas plantadas e sistemas de integração lavoura-pecuária-florestas (ILPF), que vêm se disseminando no Brasil na última década.

Em 2021, o balanço de carbono no solo resultou em uma remoção líquida estimada de 229 milhões de toneladas de CO₂e, representando um aumento na remoção líquida de 4,6% em relação ao balanço de 2020, estimado em 219 milhões de toneladas de CO₂e.

Esse aumento na remoção de carbono implica na compensação das emissões pelas remoções. Em relação às emissões de carbono no solo, houve aumento de 0,3%, resultando em uma emissão total de 218 MtCO₂e. As remoções também tiveram aumento, de 2,4%, alcançando a remoção de 447,3 MtCO₂e, contribuindo para gerar uma remoção de carbono pelo solo maior em 2021. As remoções foram quase duas vezes maiores que as emissões.

Figura 8 - Balanço de emissões de carbono pelo solo do setor Agropecuário em 2021

A principal fonte de emissão de carbono pelo solo são as áreas de pastagem degradada, com uma emissão estimada de 160 MtCO₂e e respondendo por uma área de mais de 79 milhões de hectares de pastagem em algum grau de degradação, segundo o MapBiomass. Além disso, muitas vezes são áreas de baixa produtividade, com pequena taxa de lotação animal (unidades animais³ por hectare) e com pouca qualidade em seu manejo.

Buscar a expansão de boas práticas agropecuárias, com o fomento e adoção de tecnologias de mitigação e adaptação, ainda mais em áreas já antropizadas, é fundamental para gerar o efeito “poupa-terra”, reduzindo a pressão por desmatamento de novas áreas, contribuindo ainda com as metas climáticas nacionais ao promover remoção de carbono, além impulsionar a busca por uma produção mais sustentável.

Em 2020 se iniciou o novo ciclo do Plano Setorial para Adaptação à Mudança do Clima e Baixa Emissão de Carbono na Agropecuária (ABC+), previsto para até 2030. A atualização do plano incorporou novas tecnologias de baixas emissões, agrupadas, juntamente com as que já estavam presentes, sendo renomeadas de SPSabc (sistemas, práticas, produtos e processos de produção sustentáveis), com novas metas de expansão. Ao todo, o plano prevê a abrangência de pelo menos cerca de 72,68 milhões de hectares com adoção de SPSabc (como recuperação de pastagens degradadas, sistema de plantio direto, ILPF, SAF, florestas plantadas, uso de bioinssumos e sistemas irrigados), além de 5 milhões de animais abatidos com Terminação Intensiva e 208,4 milhões de metros cúbicos de dejetos animais tratados, resultando em uma mitigação total esperada de 1,11 bilhão de toneladas de CO₂e até 2030.

³ Uma UA equivale a um bovino de 450 kg de peso vivo.

No entanto, o financiamento do ABC+ enfrenta os mesmos desafios que a fase anterior do programa: o Programa ABC, conjunto de linhas de crédito que implementam as tecnologias do Plano ABC+, tem se mantido em patamares historicamente baixos do Plano Safra, nunca superiores a 3% do total do crédito agropecuário, mesmo com o aumento do valor de crédito concedido pelo Plano Safra nos últimos anos. Em 2021, dos R\$ 251,2 bilhões anunciados de recurso, cerca de 6,3% a mais do que em 2020, somente R\$ 5 bilhões foram destinados ao Programa ABC, aproximadamente 2% do total. Tendo em vista os desafios e as metas desse novo ciclo do Plano ABC+, é fundamental que esse financiamento seja rapidamente escalado para que a promessa de mitigação e adaptação do ABC não permaneça no papel. Além disso, o sistema de monitoramento do plano, o SINABC (Sistema Integrado de Informações do Plano Setorial para Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura), precisa disponibilizar para consulta os dados de monitoramento da implementação do plano, assim como a contabilização de seus avanços em relação a mitigação de gases de efeito estufa de modo compatível com a mesma metodologia adotada pelo 4º Inventário Nacional.

3.2 ENERGIA E PROCESSOS INDUSTRIALIS

No setor de energia estão alocadas as emissões de gases de efeito estufa provenientes da queima de combustíveis em atividades que necessitam de força motriz ou calor, tais como o transporte, a indústria e a geração de eletricidade. Assim, por exemplo, são alocados em Energia tanto os gases emitidos devido à queima de gasolina em um motor que movimenta um carro quanto os gases emitidos pela queima de gás natural para aquecer uma caldeira industrial.

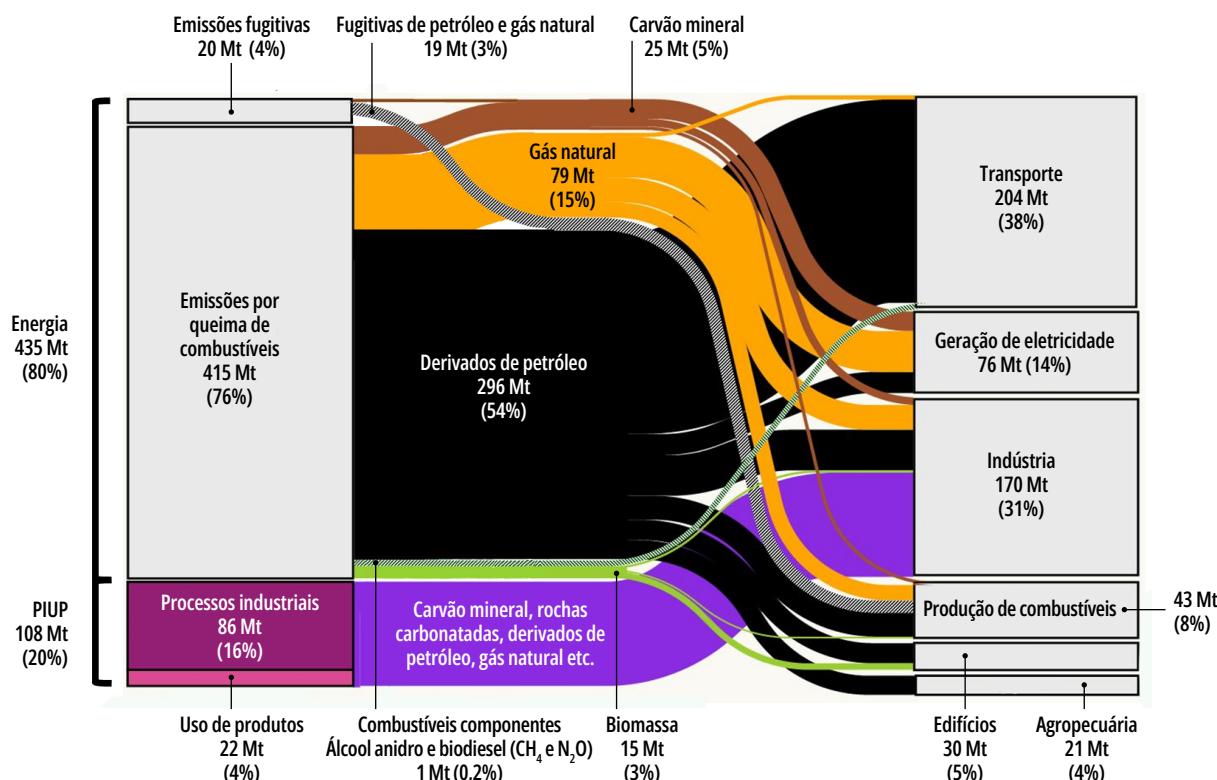
Além do carbono proveniente do consumo de combustíveis, existem no setor de energia as chamadas emissões fugitivas, que se tratam de escapes (intencionais ou não) de gases durante a exploração, transporte ou produção de combustíveis. O vazamento de metano (CH_4) em poços de exploração de petróleo é um exemplo de emissões fugitivas.

Como citado anteriormente, as atividades industriais emitem gases de efeito estufa quando queimam combustíveis para a obtenção de energia. Essas emissões são, então, alocadas no setor de energia. No entanto, essa não é a única forma de emissão nas indústrias, que também geram gases de efeito estufa devido a transformações físico-químicas que ocorrem durante a fabricação de materiais — como o aço ou o cimento — ou por consequência da utilização de produtos. É o caso do uso de HFC (um gás com alto poder de aquecimento do planeta) em aparelhos de refrigeração. Tais emissões são alocadas no setor de processos industriais e uso de produtos (PIUP). Como mais um exemplo de emissões de PIUP, pode-se citar os gases de efeito estufa emitidos durante a transformação da bauxita em alumínio.

Neste capítulo, os setores de energia e de PIUP serão tratados conjuntamente, uma vez que possuem dinâmicas de aumento ou diminuição de emissões semelhantes, diretamente relacionadas com a economia do país, e que, além disso, possuem alguns subsetores iguais (subsetores industriais que emitem tanto pela queima de combustíveis quanto pela transformação de materiais).

Em 2021, energia e PIUP emitiram juntos 542,6 milhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO_2e). Está representada na figura a seguir a distribuição proporcional dessas emissões de acordo com, da esquerda para a direita, os setores e os respectivos subsetores, os combustíveis ou outros produtos emissores e as atividades.

Figura 9 - Distribuição proporcional das emissões de CO_2e nos setores de Energia e Processos Industriais (PIUP) em 2021 de acordo com subsetores, combustíveis/produtos e atividades

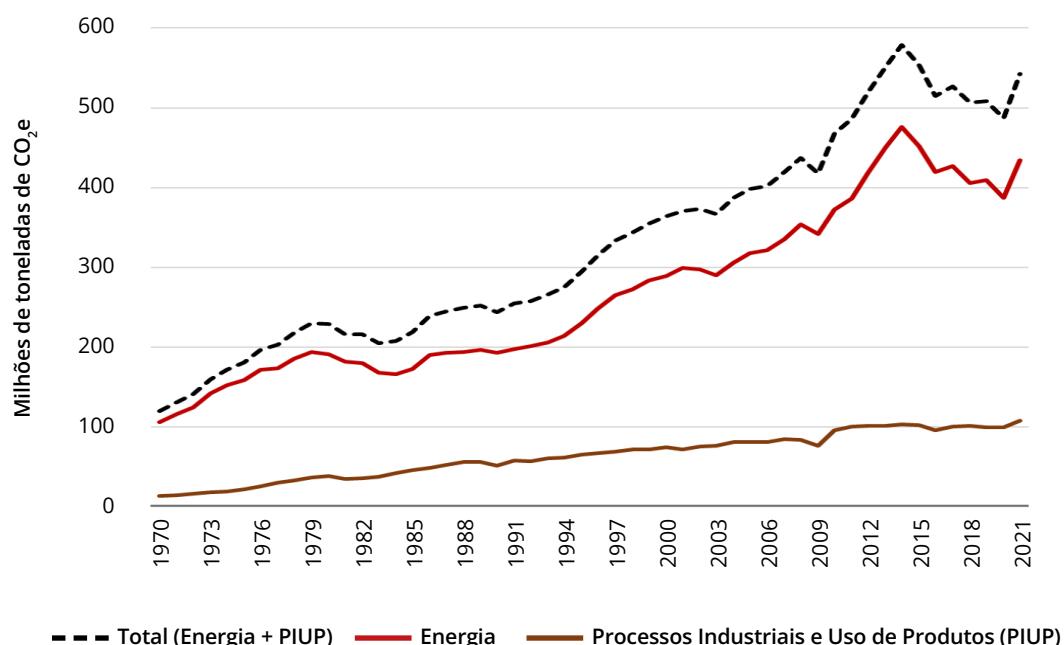


Juntos, os setores de energia e processos industriais (PIUP) representaram 22% das emissões brasileiras de 2021, sendo 18% referentes a energia e os outros 4% a PIUP. Os dois segmentos apresentaram aumento em suas emissões em relação ao ano anterior: 12% em Energia e 8% em PIUP. Com isso, as emissões anuais de energia foram as maiores desde 2015, enquanto as de PIUP foram as maiores de toda a série histórica (1970-2021).

As elevadas porcentagens de aumento de emissões se devem, em parte, ao fato de os valores de 2020, devido à pandemia de Covid-19, terem sido consideravelmente menores do que a média anual recente. Mas também ao fato de que atividades econômicas como o consumo de combustíveis e a produção de aço atingiram altos valores em 2021. Ou seja, por um lado, a base de comparação é bastante baixa e, por outro, a quantidade de emissões de 2021 está entre as maiores dos últimos anos.

A próxima figura ilustra a série histórica de emissões de energia e PIUP, onde é possível perceber o relevante crescimento do montante emitido em 2021 em relação ao valor registrado para o ano anterior.

Figura 10 - Emissões de gases de efeito estufa nos setores de Energia e Processos Industriais (PIUP)



A elevação percentual em energia foi a segunda maior da série histórica, atrás apenas do aumento que ocorreu em 1973 em relação a 1972. Em 2021, o consumo final energético no Brasil voltou para o mesmo patamar de 2014, quando o país apresentava bons índices de crescimento econômico antes da recessão de 2015 e 2016. Essa retomada do consumo de energia se deu principalmente por meio de fontes fósseis. A oferta interna de energia renovável vinha consistentemente crescendo desde 2013, mas 2021 quebrou esse ciclo: em comparação com 2020, a oferta de energia renovável caiu 4%, enquanto a de não renovável aumentou 12%. Ou seja, a recuperação econômica observada – com crescimento de cerca de 4,5% do PIB brasileiro em 2021 em relação ao ano anterior – puxou a demanda de energia para cima e essa demanda foi suprida por uma parcela maior de fontes fósseis. Esse cenário provocou aumento das emissões em energia e PIUP.

O incremento do consumo de energia não renovável, que é destacado na figura abaixo, teve entre suas causas a queda de 8,5% na oferta de energia hidráulica e as condições climáticas adversas que prejudicaram a produção de cana-de-açúcar, afetando negativamente o uso dessa biomassa para fins energéticos.

A OFERTA INTERNA DE ENERGIA RENOVÁVEL EM 2021 CAIU

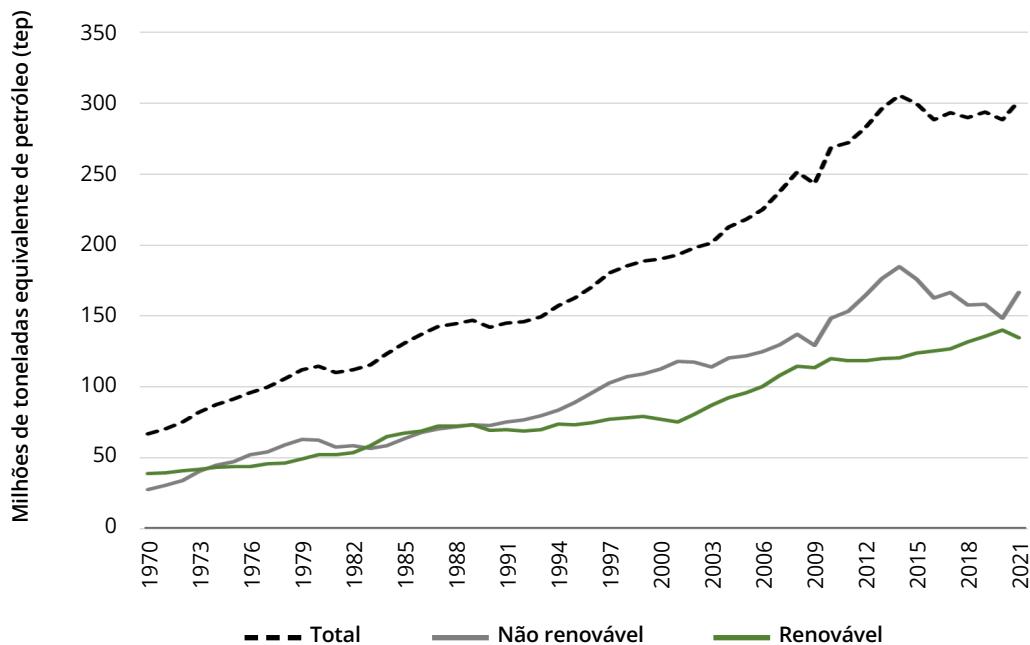
4%

E A DE ENERGIA NÃO RENOVÁVEL AUMENTOU

12%

*Em comparação com 2020

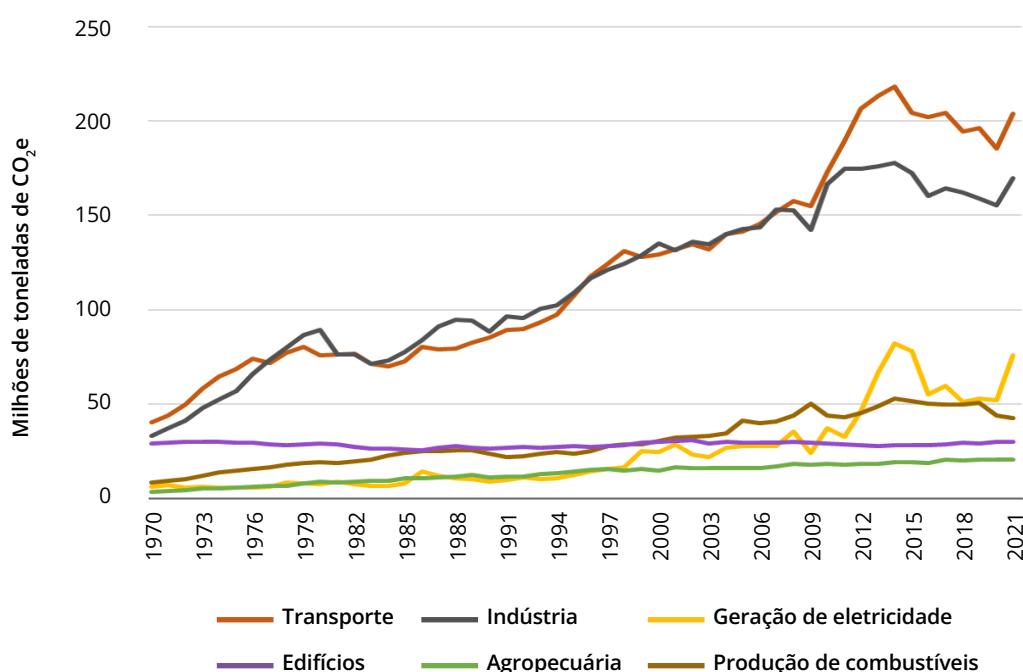
Figura 11 - Oferta de energia no Brasil por categoria de fonte primária



Fonte: Balanço Energético Nacional 2022 - Ano-base 2021 (Ministério de Minas e Energia)

Como evidencia a próxima figura, houve aumento nas emissões de todas as atividades emissoras dos setores de energia e processos industriais, com exceção da produção de combustíveis.

Figura 12 - Emissões de gases de efeito estufa nas atividades dos setores de energia e PIUP

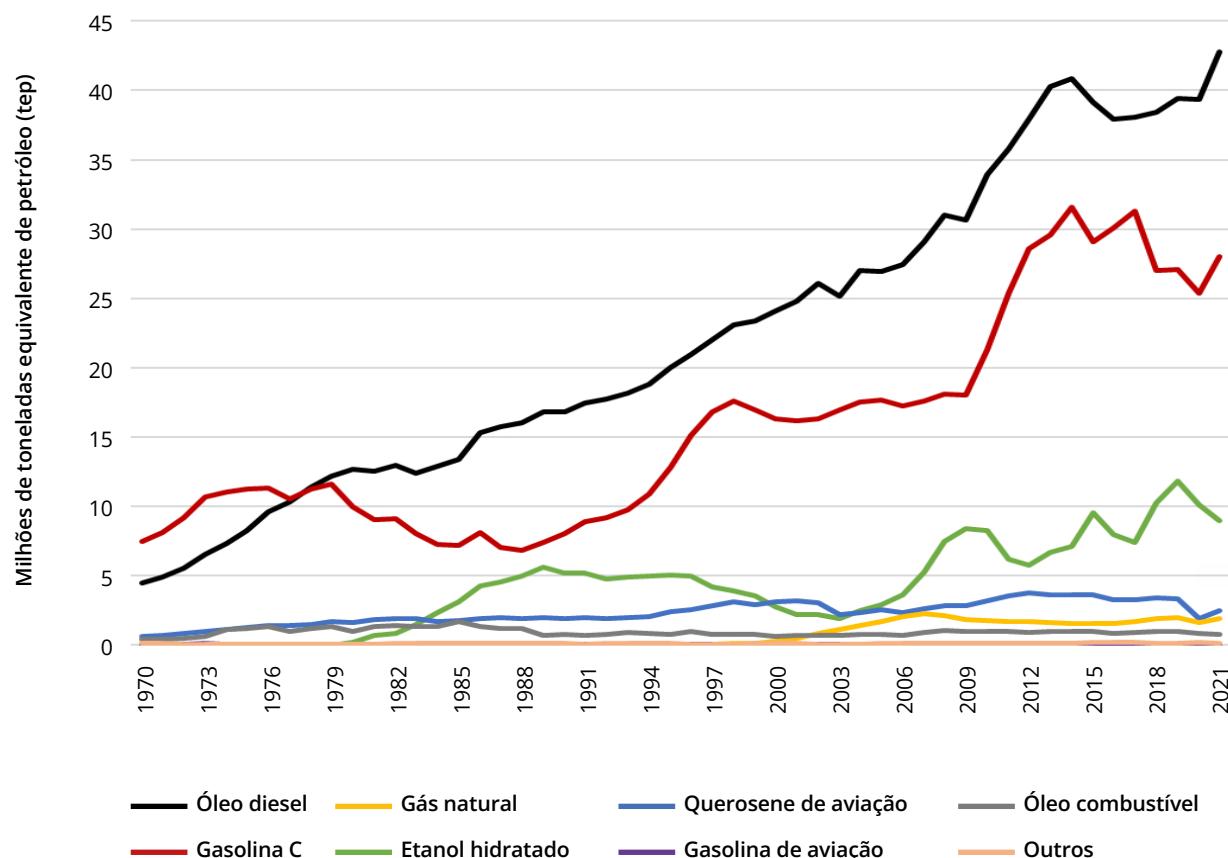


Chama atenção a atividade de transporte, com 203,8 milhões de toneladas de CO₂e emitidas em 2021, o que a configura como aquela que mais emitiu dentro dos setores de energia e PIUP. Para dar uma ideia de grandeza, as emissões do transporte no Brasil já correspondem a quase o dobro do valor emitido devido ao desmatamento no bioma Cerrado. Também se destaca a variação de emissões na atividade de geração de eletricidade. Com uma variação positiva de 46%, essa foi a categoria com maior aumento percentual em energia e processos industriais. Por fim, a indústria apresentou elevação de emissões após um recente período de queda.

TRANSPORTE

As emissões da atividade de transporte tiveram um incremento de 10%, voltando para os níveis de 2017. O aumento foi puxado pelo consumo de óleo diesel em veículos pesados, que ultrapassou o patamar de 2014, ano de recorde de consumo desse combustível até então. Conforme é possível verificar na figura subsequente, o uso de gasolina também aumentou, enquanto o de etanol diminuiu, provocando aumento de emissões.

Figura 13 - Consumo de combustíveis na atividade de transporte



Fonte: Balanço Energético Nacional 2022 - Ano-base 2021 (Ministério de Minas e Energia)

As emissões relacionadas ao consumo de óleo diesel só não foram ainda maiores devido à parcela de biodiesel presente em sua composição. A porcentagem de biodiesel misturada ao diesel de petróleo, no entanto, sofreu variações durante o ano de 2021, iniciando o ano em 13% e caindo, no fim, para 10%.

Por ser um biocombustível, produzido a partir de biomassa (principalmente soja, no caso brasileiro), o IPCC indica em seus guias que o biodiesel pode ser considerado neutro em emissões de CO₂ nos escapamentos de veículos. Isso porque todo esse CO₂ emitido fora anteriormente capturado da atmosfera durante o crescimento da biomassa utilizada como matéria-prima na fabricação de tal biocombustível. Assim, a mistura do biodiesel ao diesel de petróleo, formando o óleo diesel encontrado nos postos de abastecimento, acaba por diminuir a quantidade de CO₂ contabilizado por litro de combustível queimado. Como o biodiesel é majoritariamente proveniente de uma cultura agrícola, é importante, porém, controlar as mudanças de uso da terra relacionadas para que as emissões de carbono em todo o ciclo de vida desse combustível sejam baixas ou nulas.

Para além do emprego e desenvolvimento de melhores fontes energéticas (menos emissoras), a descarbonização da atividade de transporte exige ações de evitar e mudar: evitar longas viagens motorizadas por meio da aproximação dos locais de origem e destino; e mudar os modos de transporte para modos menos intensivos em carbono.

Os automóveis são a segunda categoria de veículo que mais emite gases de efeito estufa, tendo sido responsáveis por 31% das emissões de transporte em 2021 e só ficando atrás dos caminhões - que representaram 42% do montante emitido. As emissões de automóveis podem ser reduzidas, por exemplo, evitando longas viagens motorizadas por meio da aproximação entre os locais de trabalho e de moradia ou da adoção mais disseminada do teletrabalho. Outra maneira de reduzir emissões é mudar/transferir viagens individuais para os modos coletivos de deslocamento, que são mais eficientes, pois tendem a queimar proporcionalmente menos combustível por pessoa transportada.

EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO TRANSPORTE

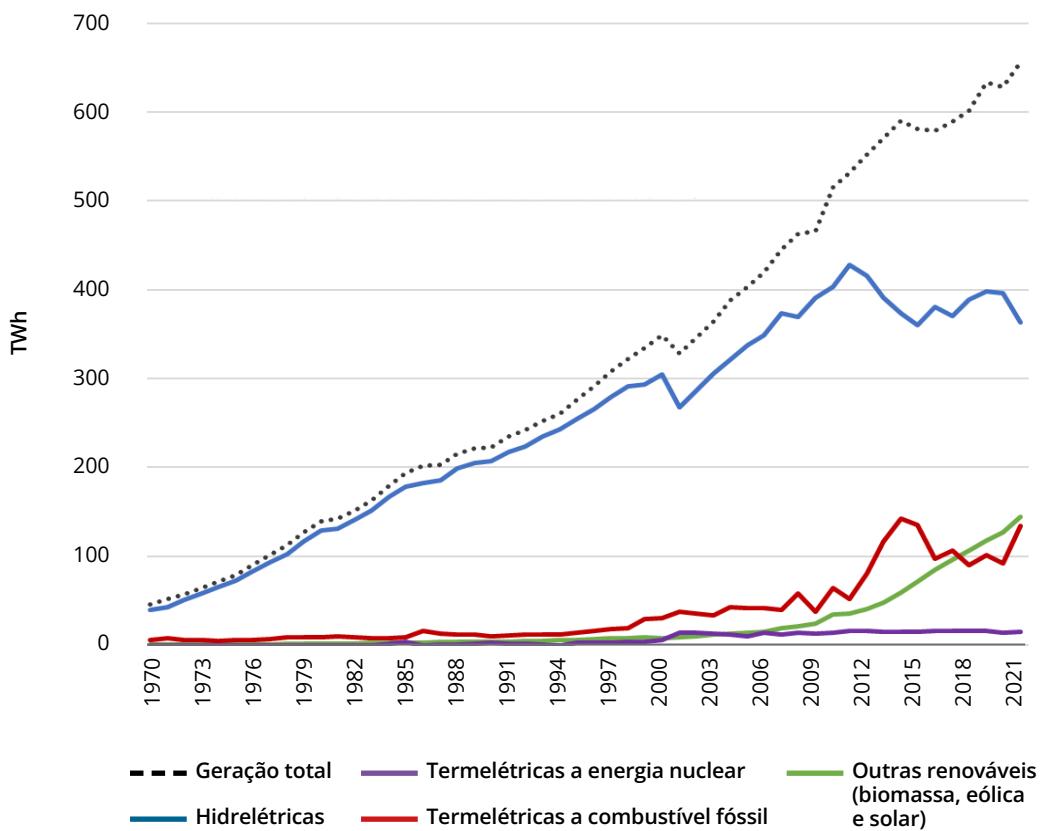
42%
CAMINHÕES

31%
AUTOMÓVEIS

As emissões da atividade de transporte tiveram um incremento de 10%, voltando para os níveis de 2017

GERAÇÃO DE ELETRICIDADE

Em 2021, o consumo de energia elétrica no país cresceu 4% em relação a 2020. Todavia, os gases de efeito estufa emitidos para gerar essa eletricidade atingiram um incremento bem maior, de 46% - alcançando o patamar de 75,9 Mt de CO₂e. Isso ocorreu porque a geração renovável via hidrelétricas - a mais importante fonte de eletricidade no Brasil - caiu 8% e, consequentemente, houve aumento no despacho térmico fóssil, principalmente via gás natural (Figura 14). Assim, as emissões de eletricidade atingiram o terceiro maior valor da série histórica, só perdendo para os totais registrados em 2014 e 2015.

Figura 14 - Geração de eletricidade no Brasil por categoria de usina

Fonte: Balanço Energético Nacional 2022 - Ano-base 2021 (Ministério de Minas e Energia)

No ano de 2021 foi registrada a segunda maior queda na geração hidrelétrica da série histórica, atrás apenas da retração de 12% que houve em 2001 e que foi o estopim de uma crise de oferta de eletricidade que ficou conhecida como “apagão”. No entanto, pode ser um equívoco concluir que 2021 foi um ano muito fora da curva e que as emissões do setor elétrico tenderão a cair no futuro. Condições hidrológicas desfavoráveis têm sido mais comuns, diminuindo o potencial de geração do parque hidrelétrico. Em sete dos últimos dez anos (2012, 2013, 2014, 2015, 2017, 2020 e 2021), observou-se decréscimo nesse tipo de geração em relação ao ano imediatamente anterior. Além disso, o potencial de expansão da potência instalada por meio de novas usinas hidrelétricas está se esgotando no país. Assim, a participação das hidrelétricas na matriz elétrica brasileira tem caído e, se por um lado as fontes renováveis não hídricas estão ganhando espaço, por outro esse espaço tem sido disputado com crescimento da geração termelétrica fóssil.

Usinas térmicas ainda possuem um papel importante na segurança elétrica do país, já que podem ser acionadas para suprir energia em momentos de condições climáticas que desfavoreçam a geração renovável (menores índices de chuvas, ventos ou incidência de sol). No entanto, o funcionamento constante de termelétricas movidas a combustíveis fósseis, independentemente das condições de operação das fontes renováveis, não é desejável, já que isso causa emissões evitáveis. Além disso, o acionamento de

termelétricas fósseis torna a eletricidade mais cara pelo fato de terem custos recorrentes com combustíveis.

A contratação de termelétricas para operação por períodos longos, portanto, vai na contramão dos objetivos de descarbonização do setor. Apesar disso, tem-se observado decisões que promovem esse tipo de uso da termelétricidade, como é o caso da aprovação da Lei 14.182/2021, que tem como tema principal a privatização da Eletrobras, mas que também prevê a construção de novas usinas termelétricas movidas a gás natural para operar por pelo menos 70% do tempo. Caso essa determinação não seja revertida, serão instalados 8 gigawatts de potência em usinas a gás, o que representa quase 30% de todo o parque fóssil existente no Brasil.

INDÚSTRIA

As emissões industriais tiveram aumento, puxado pela retomada da produção de aço, bem como pela continuidade do crescimento da produção de cimento - apesar de essa produção ainda ser consideravelmente menor do que em seu pico, no ano de 2014. Em 2020, a indústria emitiu um total de 155,4 Mt de CO₂e (somando as emissões industriais alocadas em Energia e em PIUP). Já em 2021, esse montante subiu para 169,9 Mt.

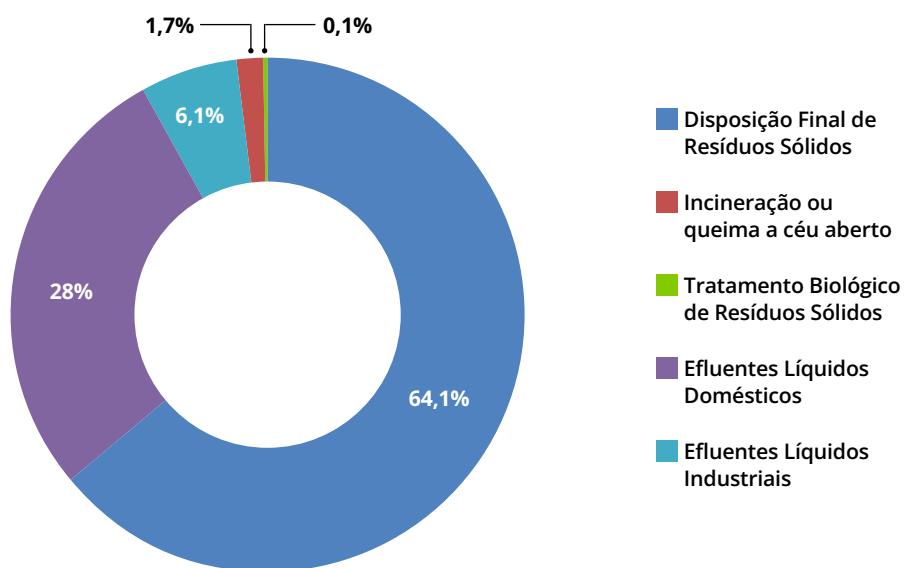
O segmento industrial é tido como uma atividade de difícil redução de emissões, diferentemente da mudança de uso da terra, por exemplo. A descarbonização da indústria depende parcialmente de novas tecnologias ainda não totalmente consolidadas, como a captura e armazenamento de carbono ou a produção de aço utilizando hidrogênio. Entretanto, existem alternativas que já precisam estar no radar dos atores envolvidos, principalmente o investimento em eficiência energética, reciclagem e na utilização de combustíveis renováveis.

3.3 RESÍDUOS

Em 2021, o setor de resíduos foi responsável pela emissão de 91,12 milhões de toneladas de CO₂e, uma oscilação para baixo (0,12%) em relação ao ano anterior. Essa discreta redução está, em grande parte, relacionada com o aumento da queima ou recuperação energética de metano (CH₄) em aterros sanitários. O setor de resíduos é responsável por 4% das emissões brutas do país, e tem o gás metano como o principal contribuinte nas suas emissões. O metano responde por cerca de 97% das emissões do setor.

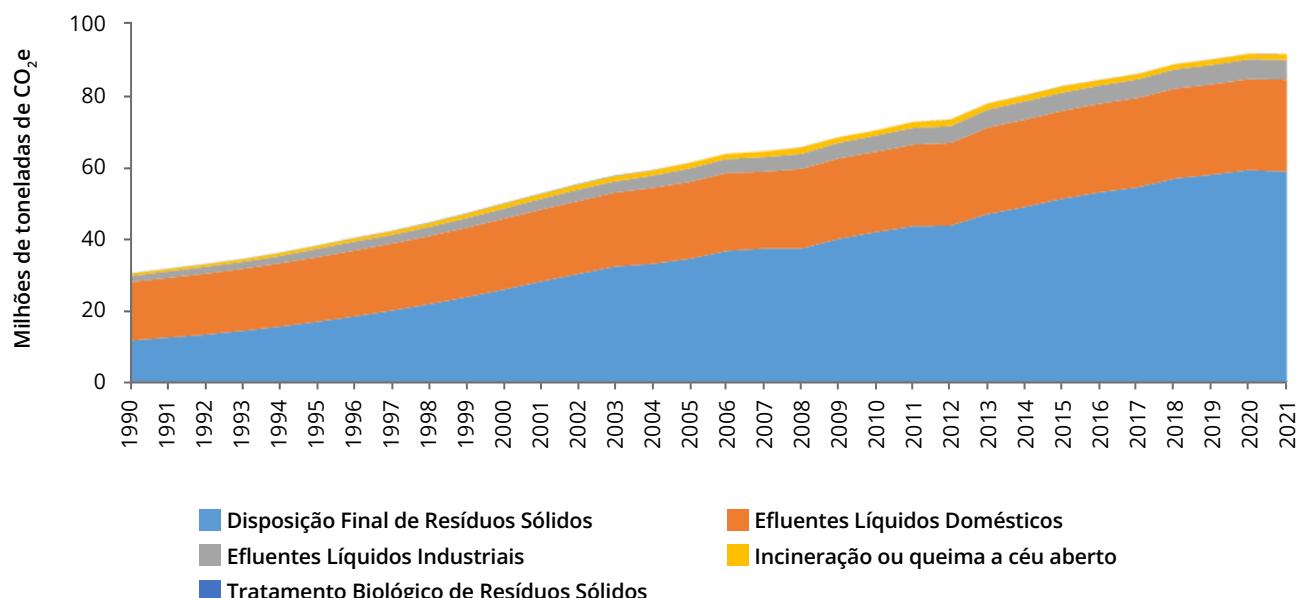
Do total emitido, a principal contribuição está associada à disposição de resíduos sólidos em aterros controlados, lixões e aterros sanitários (64,1%), seguida pelo tratamento de efluentes líquidos domésticos (28%), tratamento de efluentes líquidos industriais (6,1%), incineração ou queima a céu aberto (1,7%) e, com menor contribuição, o tratamento biológico por meio de compostagem (<1%), como ilustrado na figura seguinte.

Figura 15 - Distribuição das emissões do setor de resíduos



Historicamente, as emissões setoriais são marcadas pelo crescimento acentuado (com certa estabilização nos últimos anos), associado ao aumento da população e a avanços no acesso aos serviços de saneamento. Em 2021, foi a primeira vez na série histórica em que foi observada uma redução nas emissões, apesar do crescimento populacional, conforme pode ser observado na figura abaixo. Este é um primeiro indicativo de que no Brasil também é possível dispor e destinar de forma ambientalmente adequada os resíduos e ainda mitigar as emissões de gases de efeito estufa, aspecto que é observado em países que apresentam uma gestão mais sustentável de seus resíduos.

Figura 16 – Série histórica (1990 a 2021) das emissões do setor de resíduos



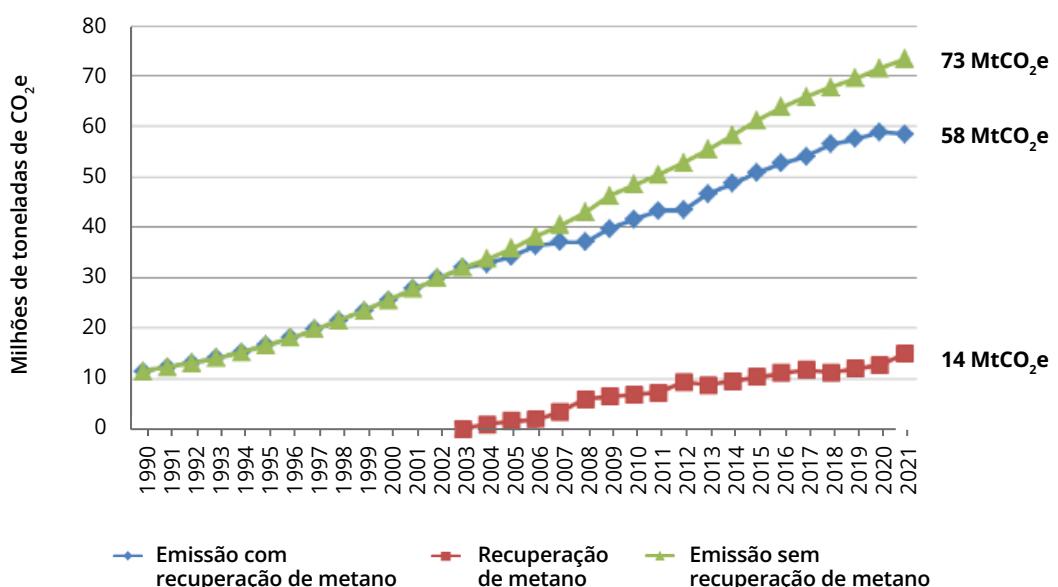
3.3.1 Disposição final de resíduos sólidos

Em 2021, a disposição final foi responsável pela emissão de 58,4 MtCO₂e. Além do crescimento populacional e do aumento na geração de resíduos verificado desde 1970, também se observa uma ampliação do acesso aos serviços de gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU), em especial na taxa de coleta e nos índices de disposição final ambientalmente adequada. As emissões de metano em aterros sanitários representam umas das principais atividades emissoras de gases de efeito estufa em regiões metropolitanas.

No último ano, a disposição final de resíduos sólidos emitiu cerca de 2,1 milhões de toneladas de CH₄ (2,1 MtCH₄). Quando se compara com as emissões de 2020, observa-se uma redução de 15,7 mil toneladas de CH₄, ou 439 mil tCO₂e (GWP-AR5). Essa redução das emissões é um reflexo do aumento da captura do gás metano (CH₄) para queima ou aproveitamento energético do biogás no país. O ano de 2021 apresentou a maior recuperação de CH₄ no Brasil desde 2003, alcançando um equivalente de 531,75 mil tCH₄ capturados, representando um aumento de 17% em relação ao ano anterior, associado principalmente com os aterros de Caieiras, CTR Leste de São Mateus em São Paulo e o aterro de Paulínia.

A Figura 17 apresenta a evolução das emissões e da recuperação de metano ao longo dos anos. Observa-se que, caso não ocorresse a recuperação do biogás, as emissões relacionadas com a disposição final atingiriam o patamar de 73 milhões de toneladas, destacando assim a importância da recuperação como medida de mitigação no setor. Em 2021 a recuperação foi responsável por uma redução de cerca de 20% das emissões associadas com o encaminhamento de resíduos domésticos a aterros sanitários, controlados e lixões.

Figura 17 - Evolução das emissões e recuperação de metano associadas com a disposição final em aterros sanitários, controlados e lixões



A verificação dos projetos de recuperação de biogás no Brasil foi feita através de um levantamento junto ao MDL (Mecanismo de Desenvolvimento Limpo) da UNFCCC. O MDL credita projetos de redução de emissões em diversos países em desenvolvimento, possibilitando o ganho de créditos de redução (CER, sigla em inglês para crédito de Redução Certificada de Emissões). Através da análise dos projetos credenciados junto ao MDL foram mapeados 51 projetos para captura de CH₄ por meio da queima ou do aproveitamento energético do biogás em aterros sanitários.

Esse aproveitamento é uma das medidas-chave de mitigação no setor, visto que é necessário ampliar o acesso aos serviços de saneamento e encerrar lixões e aterros controlados até 2024. A partir de uma projeção bastante simplificada, mantendo as atuais taxas de desvio de aterros sanitários e recuperação de metano, estima-se que encaminhar os resíduos para aterros sanitários sem contemplar etapas de valorização do resíduo coletado pode gerar um acréscimo anual nas emissões de cerca de 10 milhões a 20 milhões toneladas de CO₂e, evidenciando ainda mais que a gestão de resíduos sustentável deve priorizar as cadeias de redução de geração, bem como promover o investimento nas rotas de valorização dos materiais coletados.

3.3.2 Tratamento biológico

Como a quantidade de resíduos encaminhada ao tratamento biológico por meio de compostagem é baixa, as emissões do subsetor também são pouco significativas, apesar de apresentarem um crescimento acentuado desde 1990. Em 2021, o tratamento biológico foi responsável pela emissão de cerca de 53,3 mil tCO₂e, contribuindo com menos de 1% do total das emissões do setor de resíduos.

3.3.3 Incineração e queima a céu aberto

Em 2021, o subsetor foi responsável pela emissão de 1,57 MtCO₂, representando um crescimento de 3,6% das emissões em relação a 2020.

No Brasil, a incineração é utilizada predominantemente para o tratamento de resíduos de serviços de saúde (RSS). Nesse contexto, como a geração desse tipo de resíduo não é muito significativa, as emissões também assumem o mesmo comportamento.

Já a queima a céu aberto pode ser definida como a combustão ao ar livre ou em lixões sem filtragem e controle. A estimativa de emissões de gases de efeito estufa oriundas da queima a céu aberto passou a ser contemplada no Quarto Inventário Nacional, sendo que esta é uma prática adotada por parte da população que não tem acesso ao sistema de coleta de resíduos, ocorrendo de forma mais frequente em áreas rurais. No Brasil, observa-se um maior número de municípios nas regiões Norte e Nordeste que aplicam esse tipo de tratamento.

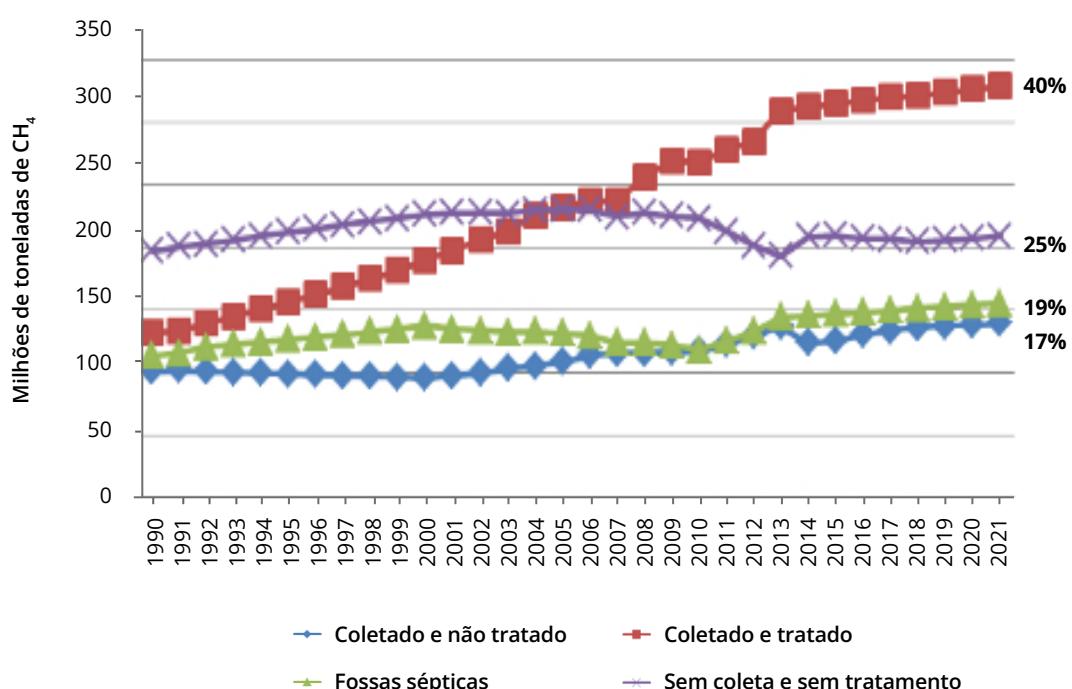
3.3.4 Efluentes líquidos domésticos

Em 2021, o tratamento e o afastamento de efluentes líquidos foram responsáveis pela emissão de 25,51 MtCO₂e, sendo o segundo subsetor que mais contribui para as emissões relacionadas com a gestão de resíduos. Representando cerca de 28% das emissões do setor e um aumento de 0,8% nas emissões em relação a 2020.

As emissões relacionadas com tratamento de efluentes líquidos domésticos estão fortemente correlacionadas com a população, bem como as rotas de tratamento adotadas (ou não adotadas, quando falamos sobre o esgoto não coletado). De acordo com o Instituto TrataBrasil, cerca de 100 milhões de brasileiros (meros 44% da população) têm acesso a coleta de esgoto.

As emissões de gases de efeito estufa são mais significativas em relação à fração do efluente que é coletada e tratada, por serem adotadas rotas que propiciam a atuação de microrganismos metanogênicos. No entanto, a fração sem coleta e sem tratamento é o segundo maior contribuinte, indicando que, apesar de maiores investimentos e expansão da rede, ainda é necessário avançar bastante para promover a universalização no Brasil. Se considerarmos toda a fração não tratada (incluindo o que é coletado e o que não é), seria observada uma contribuição de 42% das emissões.

Figura 18 - Evolução das emissões de GEE relacionadas com o tratamento de efluentes domésticos por tipo de rota adotada



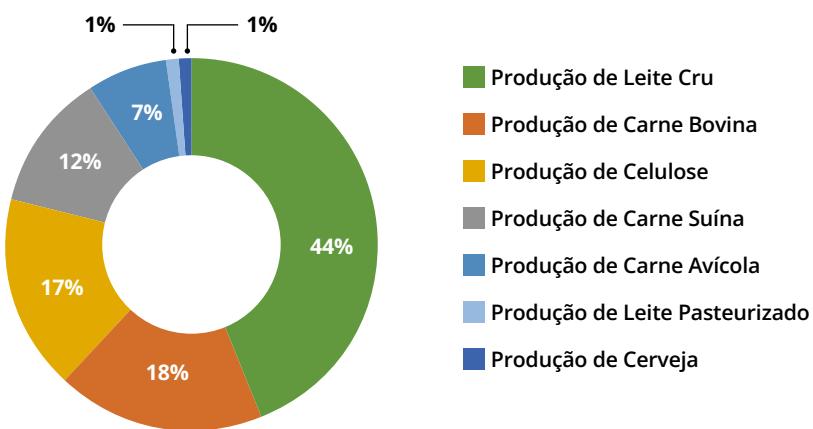
3.3.5 Efluentes líquidos industriais

Em 2021, o subsetor foi responsável pela emissão de 5,6 MtCO₂e, representando cerca de 6% das emissões do setor. As principais atividades industriais que contribuem para as emissões do setor são a produção de leite cru e de carne bovina. Observou-se um aumento das emissões, em 2021, para as produções de celulose (7%), carne avícola (6%) e carne suína (9%) em relação às emissões de 2020. Entretanto, foi observada uma redução nas emissões do tratamento de efluentes das produções industriais de cerveja (-17%), leite pasteurizado (-12%) e carne bovina (-5%). A produção de leite cru não apresentou mudanças significativas nas suas emissões entre 2020 e 2021. A produção de leite pasteurizado e carne bovina em 2021 foi a menor dos últimos cinco anos, de acordo com o IBGE e com a ABLV.

O subsetor de tratamento de efluentes industriais apresenta um comportamento de emissões distinto do observado para efluentes domésticos, pois as emissões estão diretamente correlacionadas com a produção industrial e não com as taxas de crescimento populacional. Em 2021, segundo o IBGE, houve um aumento no PIB brasileiro, o que aqueceu a indústria nacional, aumentando sua produção e, consequentemente, suas emissões.

A distribuição das emissões referentes ao tratamento de efluentes industriais é apresentada na figura abaixo:

Figura 19 - Distribuição das emissões de gases de efeito estufa pelo tratamento de efluentes líquidos industriais



3.4 - MUDANÇAS DE USO DA TERRA E FLORESTAS

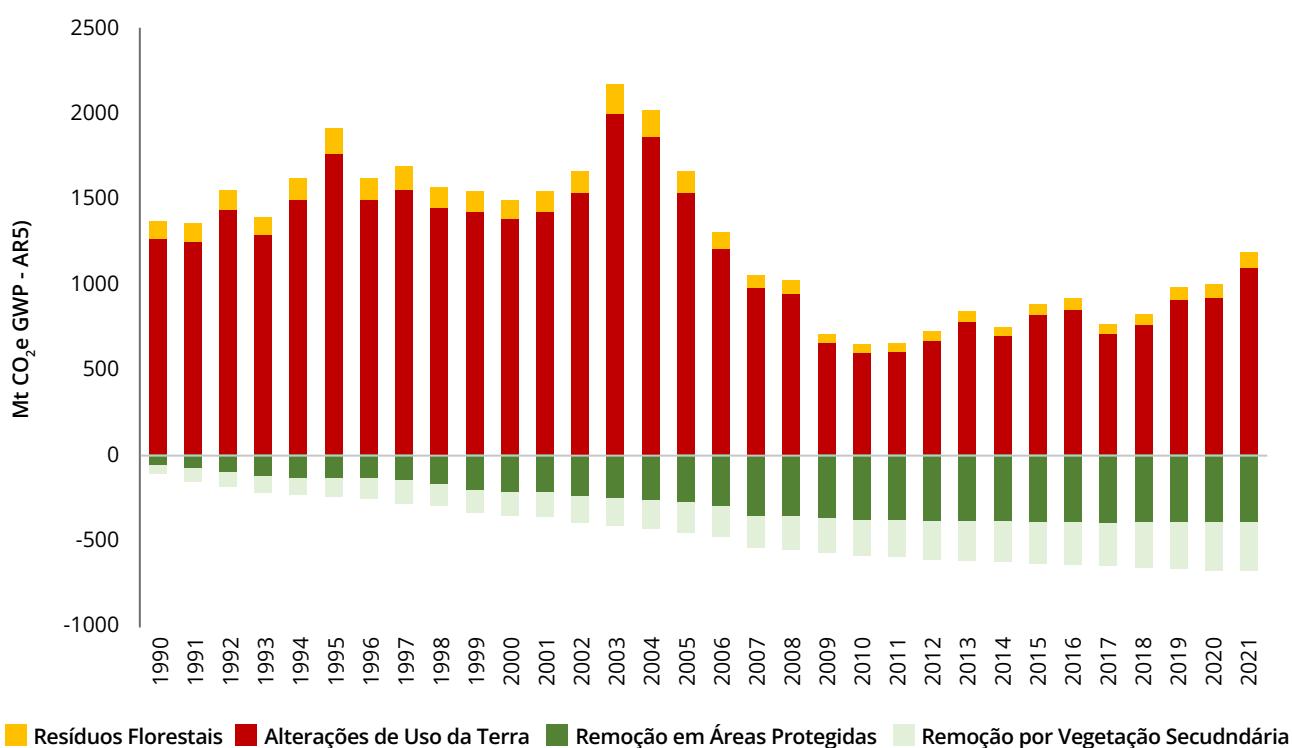
As mudanças no uso da terra foram responsáveis pela emissão de 1,18 bilhão de toneladas de CO₂ equivalente em 2021. Isso consolida o setor como a maior fonte de emissão bruta de gases do efeito estufa do país, representando 49% do total nacional naquele ano (Figura 17). Quando consideradas as remoções por áreas protegidas, vegetação secundária e outras mudanças de uso da terra (667 MtCO₂e), o setor apresentou uma emissão líquida de 521 MtCO₂e no último ano, cerca de 30% das emissões líquidas brasileiras.

A maior parte das emissões brutas (92%) é causada por alterações de uso da terra, que em sua maioria consistem no desmatamento do bioma Amazônia, que concentram 77% (911 MtCO₂e) das emissões brutas do setor em 2021. Já as emissões por queima de resíduos florestais representam 7,8% das emissões do setor (93 MtCO₂e).

A maior parte (58%) das remoções ocorre de áreas de vegetação nativa que permanecem como tal em áreas protegidas (unidades de conservação e terras indígenas), mas a real remoção nessas áreas pode estar subestimada, devido a processos de degradação florestal não contabilizados nessas áreas, que reduzem a capacidade de remoção. O restante das remoções vem do crescimento da vegetação secundária, que equivale a 42% (-277 MtCO₂e), e de outras mudanças de uso da terra, que equivalem a menos de 1% (-4 MtCO₂e).

As emissões brutas decorrentes da mudança de uso da terra aumentaram 18% de 2020 para 2021. Essas emissões também são as maiores desde 2009. Isso indica uma tendência de aumento, nos últimos anos, do desmatamento da Amazônia e do Cerrado. De acordo com o sistema Prodes, do Inpe, desde 2019 o desmatamento na Amazônia atingiu o patamar de mais de 10.000 km² anuais, enquanto o do Cerrado chegou a 10.689 km² em 2021, um aumento de 25% em relação ao ano anterior (8.531 km²). Apesar de os dados de conversão de vegetação nativa em outros usos da terra (como a agropecuária) serem distintos dos dados do Prodes em relação ao período (o MapBiomas considera o ano-calendário, de janeiro a dezembro, enquanto o Prodes mede o desmatamento de agosto de um ano a julho do ano seguinte), a tendência e a ordem de grandeza da mudança foram ambas capturadas no cálculo de emissões do setor.

Figura 20 - Emissões e remoções por mudança de uso da terra no Brasil entre 1990 e 2021



*As emissões por carbono orgânico do solo e as remoções por outras mudanças de uso da terra são discretas comparadas com as outras categorias e não estão apresentadas na figura

A Amazônia é o bioma que historicamente mais tem emitido gases do efeito estufa, decorrentes principalmente do avanço da pecuária sobre as florestas. Em 2021, as emissões brutas do bioma foram quase oito vezes maiores do que as do Cerrado, o segundo bioma que mais emitiu (117 Mt CO₂e), em razão da maior área desmatada e do maior estoque de carbono nas florestas. As políticas de controle do desmatamento que vigoraram entre 2004 e 2012 e, com mais dificuldades, até 2018, foram desmontadas a partir de 2019, quando o governo federal revogou o PPCDAm (Plano de Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia). Os órgãos ambientais, como o Ibama e o ICMBio, foram fragilizados⁴, o controle social foi reprimido e tentativas de flexibilizar leis ambientais vêm sendo feitas. O resultado é a perda de controle do desmatamento, que não sofreu redução nem mesmo após as operações de Garantia da Lei e da Ordem do Exército na região.

AS EMISSÕES BRUTAS DA AMAZÔNIA FORAM QUASE

8 vezes

**maiores que as
emissões do cerrado**

E AS EMISSÕES DO
CERRADO REPRESENTARAM

10%

**das emissões de
MUT em 2021**

Apesar da elevada taxa de desmatamento na Amazônia, a perda da vegetação nativa no Cerrado ocorre em uma velocidade proporcionalmente três vezes maior. As emissões do Cerrado representaram 10% das emissões de MUT em 2021, sobretudo em razão do aumento do desmatamento na região do Matopiba, formada pelos estados Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia. Em terceiro lugar nas emissões vem a Mata Atlântica (106 Mt CO₂e, com 9%), seguida do Pampa (20 Mt CO₂e), Pantanal (17,5 Mt CO₂e) e da Caatinga (15,7 Mt CO₂e), esses três últimos somados representando 4,7% das emissões do setor. Apesar de a Mata Atlântica ser o bioma com menor porcentagem de vegetação nativa remanescente no Brasil, com menos de um quarto do bioma coberto por florestas, ainda apresenta desmatamento ao longo da série. No cenário atual, no qual todos os biomas apresentaram emissões por desmatamento e ao mesmo tempo poucas áreas protegidas foram criadas nos últimos dez anos, há uma tendência de aumento nas emissões líquidas do setor, apesar do aumento de remoções por florestas secundárias.

Em relação às emissões estaduais, os três estados que mais emitiram em 2021 por mudança de uso da terra foram Pará (381 Mt CO₂e), Mato Grosso (168 Mt CO₂e) e Amazonas (124 Mt CO₂e). Esses estados sozinhos representam 57% da emissão do setor.

No entanto, se consideradas as emissões líquidas, como mais de metade do Amazonas está em áreas protegidas, os três estados campeões no ano passado foram Pará (203 Mt CO₂e), Mato Grosso (111 Mt CO₂e) e Rondônia (81 Mt CO₂e). Uma das principais causas do desmatamento nesses estados é a grilagem de florestas públicas não destinadas. Além disso, 98% do desmatamento em 2021 apresentou algum indício de ilegalidade, segundo relatório do MapBiomAlerta⁵.

⁴ Ver Observatório do Clima - "Passando a boiada": o segundo ano de desmonte ambiental sob Jair Bolsonaro. <https://www.oc.eco.br/wp-content/uploads/2021/03/Passando-a-boiada-1.pdf>

⁵ <http://alerta.mapbiomas.org/relatorio>

Figura 21 - Emissões por mudança de uso da terra por bioma entre 1990 e 2021 e porcentagem das emissões por bioma no setor em 2021

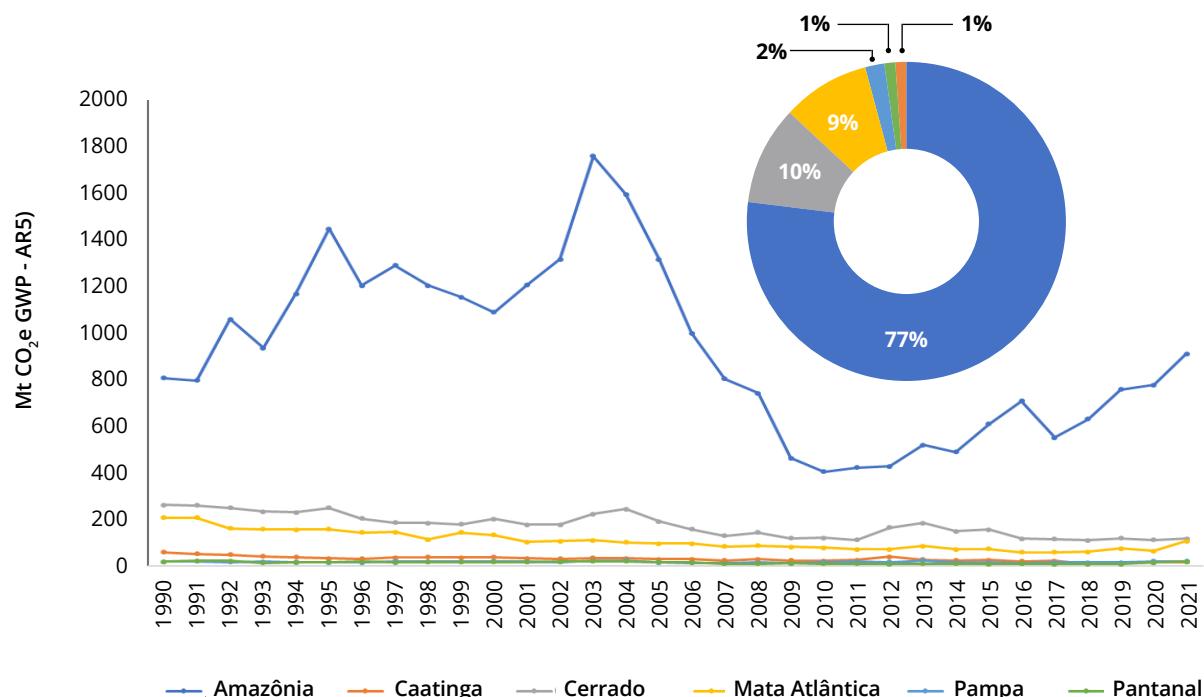
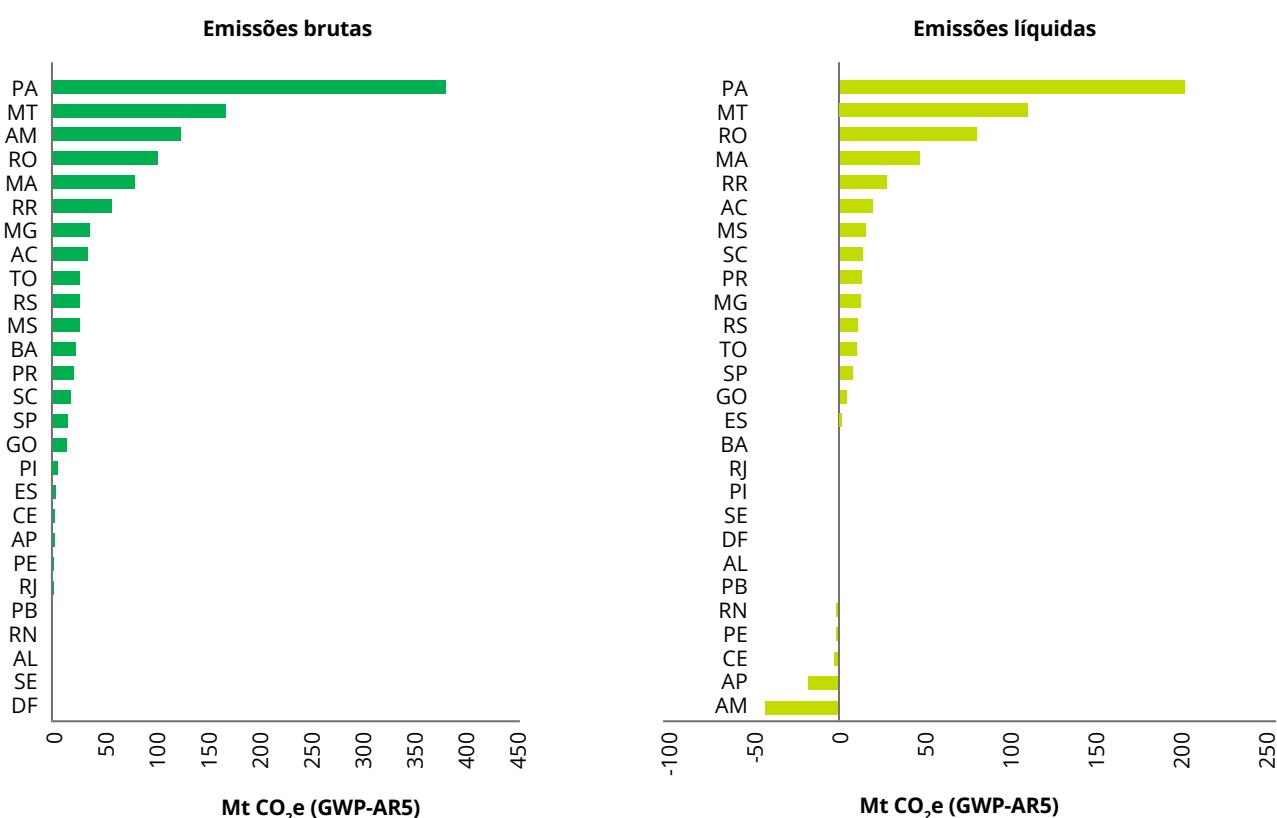


Figura 22 - Emissões brutas e líquidas por mudança de uso da terra nos estados brasileiros em 2021



EMISSÕES POR FOGO EM VEGETAÇÃO NATIVA



Desde 2018, o SEEG vem concentrando esforços para estimar as emissões de gases de efeito estufa decorrentes de queimadas não relacionadas a desmatamento. Trata-se de incêndios em vegetação nativa que causam degradação a depender de sua frequência, intensidade e do tipo de vegetação afetada. Tais emissões ainda não são contabilizadas no Inventário Nacional, devido ao alto grau de incerteza, em especial no que tange à regeneração da vegetação nativa em áreas queimadas e suas trajetórias de sucessão. Por esse motivo essas emissões serão apresentadas na plataforma do SEEG como Emissões NCI (Não Contabilizadas no Inventário), e até o ano de 2020, data dos dados mais recentes.

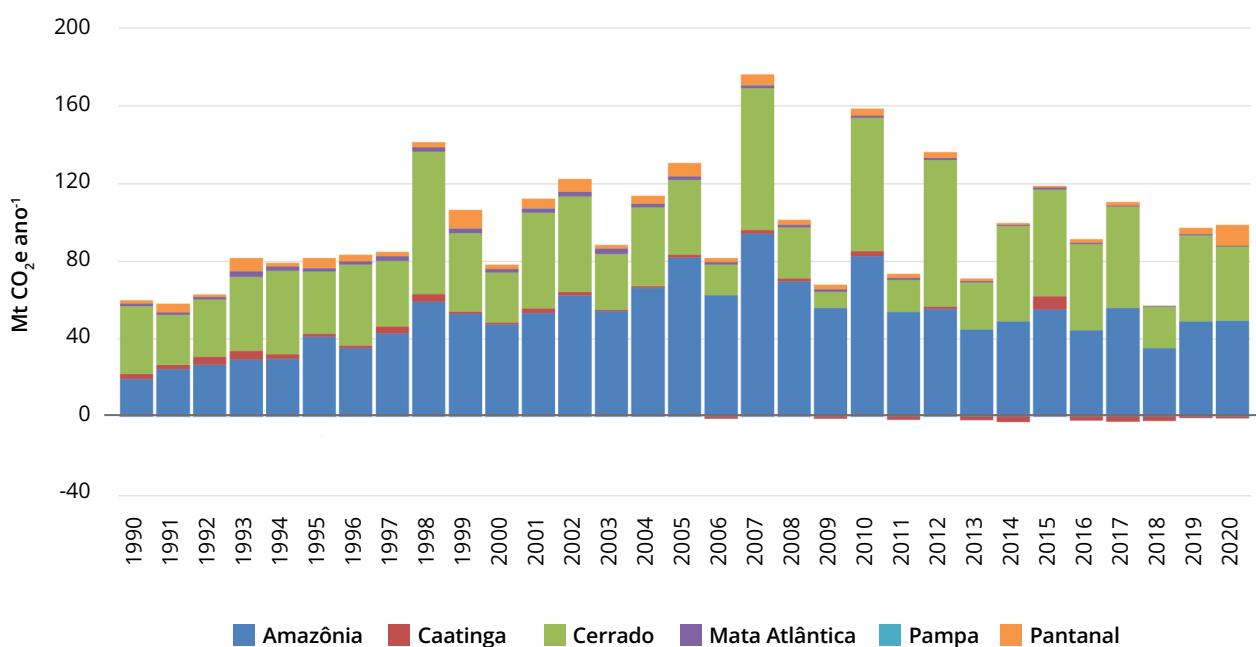
As emissões por queima em áreas naturais nos biomas Cerrado, Pantanal e Caatinga são em geral compensadas por meio da rebrookta da vegetação resistente ao fogo, que subsequentemente remove da atmosfera parte do carbono emitido pelas queimadas. Por outro lado, em florestas úmidas, como na Amazônia e Mata Atlântica, a vegetação é sensível e não é adaptada ao fogo, e sua recuperação pode ser lenta ou até mesmo insuficiente para compensar o carbono emitido.

No SEEG 10 o cálculo dessas emissões foi refinado utilizando os valores dos estoques de biomassa e necromassa⁶ acima do solo obtidos pelo Quarto Inventário, fatores de combustão revisados na literatura apropriados para queima de biomassa e necromassa em vegetação nativa, além dos mapas anuais de áreas queimadas da Coleção 1 do MapBiomass Fogo e de cobertura e uso da terra da Coleção 7 do MapBiomass com maior resolução espacial (30 m) e janela temporal (1990 a 2020).

Assim, as queimadas não associadas ao desmatamento, ou seja, em áreas que não foram posteriormente desmatadas e são atualmente cobertas com vegetação nativa, totalizaram 2,6 Gt CO₂ de emissões entre 1990 e 2020 no Brasil. A Amazônia foi o bioma que mais contribuiu com essa estimativa (1,4 GtCO₂, 54%), seguida pelo Cerrado (1,0 GtCO₂, 40%). Demais biomas representam 6% das emissões (Pantanal: 91 MtCO₂; Caatinga: 19 MtCO₂; Mata Atlântica: 44 MtCO₂ e Pampa: 0,8 MtCO₂). Em 2020, foram emitidos 84 MtCO₂ por fogo no Brasil, com destaque para o Pantanal, que teve naquele ano seu recorde de queimadas nos últimos 30 anos.

⁶ Necromassa é o estoque de material vegetal morto em forma de serrapilheira, que inclui folhas e galhos finos, e madeira morta

Figura 23 - Emissões líquidas de CO₂ de queimadas em vegetação nativa não associadas a desmatamento entre 1990 e 2020 por bioma no Brasil



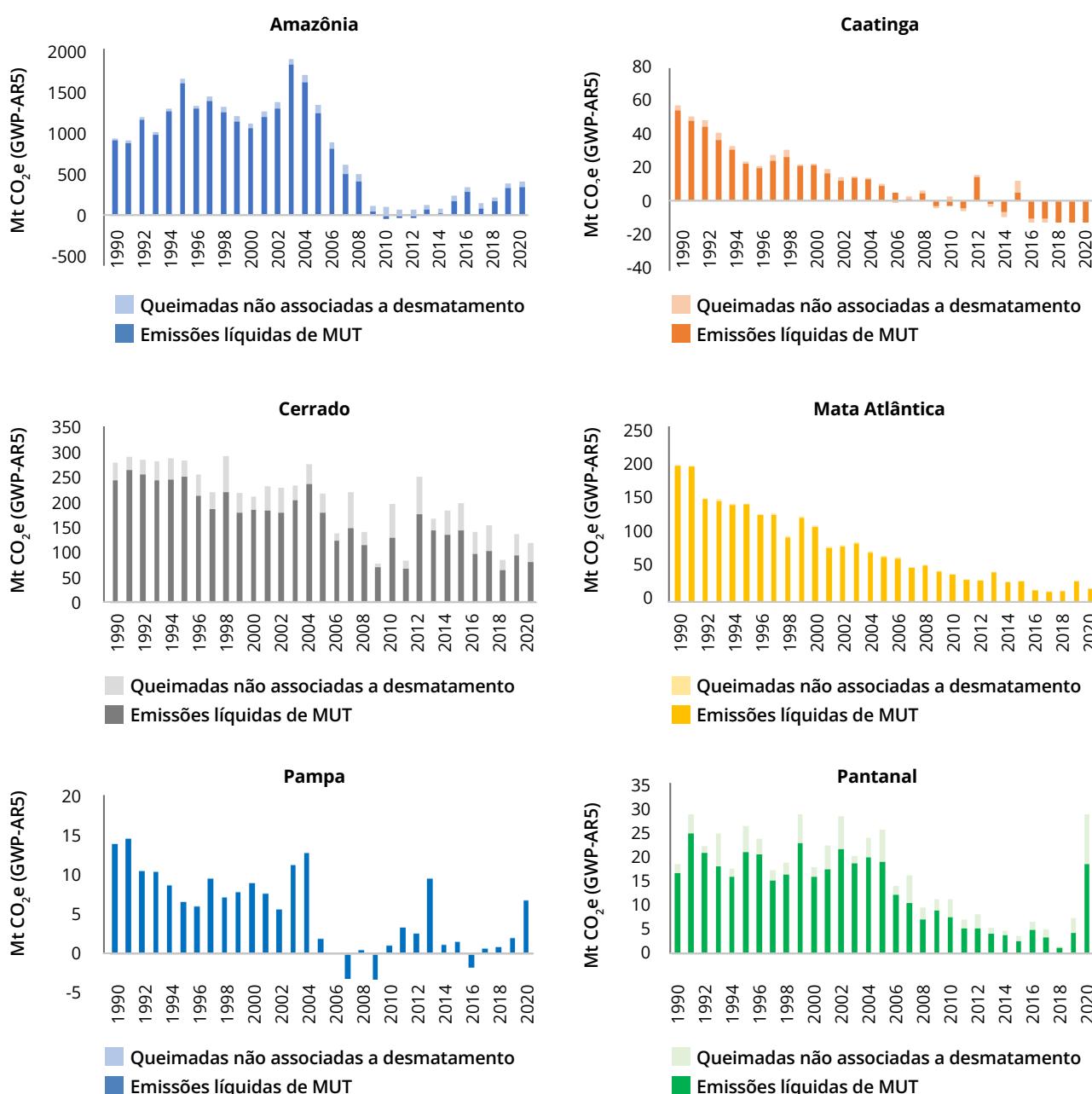
O SEEG 10 implementou melhorias no modelo de emissões tardias em áreas de florestas e savanas, resultantes do balanço entre mortalidade de árvores e regeneração da vegetação nos anos que sucedem o fogo. O novo modelo usado para estimar as emissões imediatas e tardias em florestas aprimorou as estimativas do estoque de material combustível, incorporando a adição de material combustível proveniente da mortalidade de árvores após o primeiro evento de fogo. Assim, florestas afetadas por fogo mais de uma vez possuem mais combustível e consequentemente mais emissão de CO₂ durante a combustão. No caso das savanas, o balanço de CO₂ resultante dos processos de mortalidade e regeneração de espécies arbóreas foi incorporado pela primeira vez no SEEG 10. As emissões apresentadas no SEEG 10 são líquidas, e mostraram aumento em relação ao SEEG 9 (emissões brutas) nos biomas Amazônia (72%), Mata Atlântica (17%) e Pampa (70%). Houve redução nos biomas Cerrado (-48%), Pantanal (-42%) e Caatinga (-84%).

As emissões líquidas de fogo não associadas a desmatamento representam 24% e 26% do total de emissões (fogo e MUT) na Amazônia e Cerrado respectivamente entre 1990 e 2020. No Pantanal, as emissões por fogo não associado a desmatamento tiveram a maior contribuição em relação ao total do bioma, somando 30% no mesmo período.

As estimativas foram feitas num cenário de premissas muito conservadoras, que inclui somente as áreas intensamente queimadas, somente um percentual da necromassa emitido pela combustão, e aplicado somente às florestas queimadas que ainda estão em pé em 2020, evitando dupla contagem com as áreas de florestas queimadas e posteriormente desmatadas. Apesar do número conservador, ele é expressivo e salienta a importância da inclusão dessas emissões nas estimativas do setor de MUT.

Além disso, apenas as emissões de gases não- CO_2 foram consideradas em formações campestres. Essas formações foram consideradas neutras para CO_2 pois se recuperam um pouco mais de um ano após o fogo. Em florestas de dossel fechado, ainda existem limitações para o mapeamento de cicatrizes de fogo. Além disso, as taxas de perda de biomassa após a queima são conservadoras para florestas abertas ou que sofreram múltiplas degradações. Mais detalhes sobre esses esforços, métodos, resultados, incluindo as estimativas de gases não CO_2 , desafios e limitações estão dispostos no Anexo 2 na Nota Metodológica de Mudança de Uso da Terra e Florestas do SEEG 10.

Figura 24 - Emissões líquidas do setor de Mudanças de Uso da Terra e as estimativas de emissões por queimadas não associadas ao desmatamento, no período de 1990 a 2020 por bioma no Brasil.



4

EMISSÕES ALOCADAS POR ESTADO



Nesta décima edição do SEEG foi possível alocar 96,5% das emissões nacionais de gases de efeito estufa aos estados. Devido ao uso do MapBiomas para estimar as emissões de mudança de uso da terra, também foi possível alocar 100% das emissões desse setor às Unidades da Federação.

Em 2021, os Estados do Pará (18,5% do total) e Mato Grosso (11,1%) aparecem como os principais emissores brutos, seguidos de Minas Gerais (6,9%), São Paulo (6,5%) e Amazonas (5,7%), que ultrapassa Rondônia marginalmente como terceiro estado com mais emissões por desmatamento do país. Dados divulgados pelo Inpe em 2023 sugerem que a disparada das emissões por mudança de uso da terra no Amazonas possa estar ligada ao anúncio da pavimentação da BR-319 (Porto Velho-Manaus) pelo governo Bolsonaro, em 2020: em 2021, a devastação numa faixa de 50 km no entorno da rodovia cresceu 110%⁷, e o sul do Amazonas tornou-se um dos principais *hotspots* de desmate do bioma.

Quando se exclui da conta o uso da terra, São Paulo passa a liderar o ranking, com 6,1% das emissões, seguido por Minas Gerais (5,6%) e Mato Grosso (4,4%).

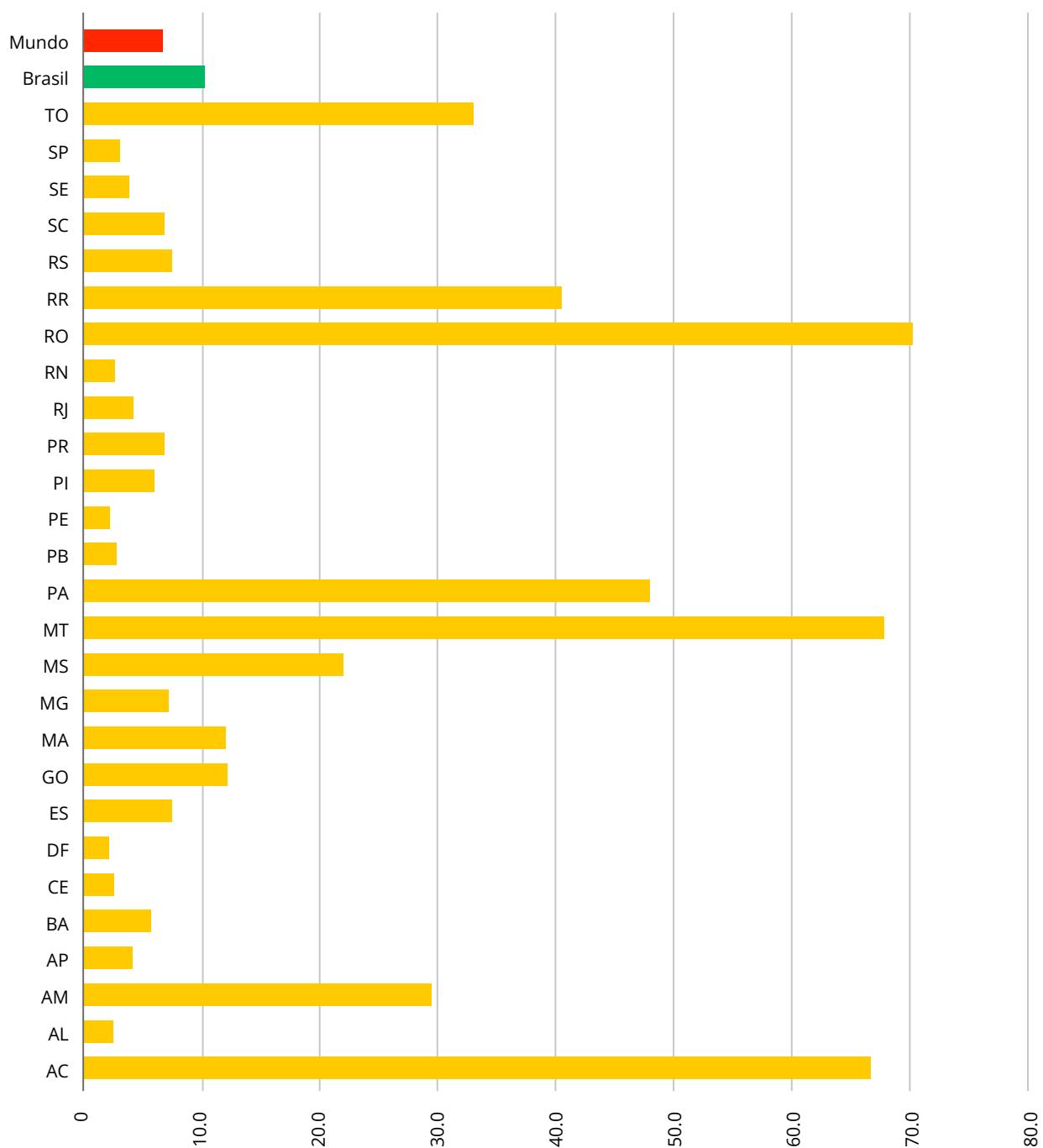
Quando se analisa as emissões brutas per capita, o estado que lidera o ranking é Roraima, com 94 toneladas de CO₂e emitidas por habitante em 2021 – mais de 15 vezes a média mundial, de 6,2 toneladas per capita –, seguido por Mato Grosso, com 76 toneladas. Devido à população pequena e ao aumento de 110% no desmatamento em 2021 em relação ao ano anterior, a emissão média por habitante em Roraima é quase duas vezes e meia maior que no petroleiro Qatar, um dos países com maiores emissões per capita, quase quatro vezes maiores do que nos Emirados Árabes Unidos, sede da COP28, e mais do que cinco vezes maior que nos EUA. Roraima, Rondônia e Mato Grosso, estados com maiores emissões brutas per capita, têm como principais fontes de emissão o desmatamento — no caso de Rondônia e Mato Grosso, também a pecuária. Já em São Paulo e Minas Gerais predominam as emissões do setor de energia (especialmente o transporte) e, no caso mineiro, também o gado de leite.

Quando se considera as emissões líquidas, ou seja, contando remoções por florestas secundárias, áreas protegidas e terras indígenas, dois estados passam a ter emissões negativas, ou seja, sequestram mais carbono que emitem: o Amazonas (-28 MtCO₂e) e o Amapá (-15 MtCO₂e). Isso ocorre devido à grande área

⁷ <https://www.oc.eco.br/desmatamento-na-br-319-cresce-122-apos-anuncio-de-asfalto/>

de terras indígenas e unidades de conservação em ambas as Unidades da Federação, e ao desmatamento ainda relativamente baixo no Amazonas (considerando a área total do estado) e no Amapá (o estado proporcionalmente menos desmatado da Amazônia Legal). No entanto, em ambos a remoção caiu em relação a 2020: no Amazonas, essa queda foi de 9 milhões de toneladas (em 2020, a emissão negativa era de 37 milhões de toneladas de CO₂e), o que pode indicar aceleração do desmatamento em áreas protegidas e florestas secundárias à medida que o estado entra na lista dos mais desmatados da região.

Figura 25 - Emissões per capita por Estado, 2021 (tCO₂e/habitante)



5

A DÉCADA PERDIDA DAS EMISSÕES BRASILEIRAS



O ano de 2021 deveria ter sido marcado pelo início da implementação da NDC, a Contribuição Nacionalmente Determinada do Brasil ao Acordo de Paris. Fim do período da Política Nacional sobre Mudança do Clima (2009-2020), esperava-se que as emissões nacionais de gases de efeito estufa pudessem ter entrado numa trajetória de redução, que metas futuras fossem incorporadas numa revisão da lei doméstica, e que a esperada redução nas taxas de desmatamento da Amazônia – que, segundo a PNMC, deveriam ter sido no máximo de 3.925 km² em 2020 – colocasse o Brasil numa posição vantajosa para cumprir a meta inicial da NDC de reduzir as emissões em toda a economia em 37% até 2025 em relação aos níveis de 2005.

O que se verificou, porém, foi algo muito diferente. Entre a regulamentação da PNMC, em dezembro de 2010 (pelo Decreto 7.390/2010, substituído em 2018 pelo Decreto 9.578⁸) e o suposto primeiro ano de implementação da NDC, em 2021, o Brasil viu uma alta de 40% nas emissões brutas (de 1,7 GtCO₂e para 2,4 GtCO₂e) e de quase 55% nas emissões líquidas (de 1,3 GtCO₂e para 1,7 GtCO₂e). Desde a primeira edição do SEEG, em 2012, até a atual, em 2021, o aumento verificado nas emissões brutas foi de 30% e, nas líquidas, de 40%. Esses números indicam que, embora a PNMC tenha produzido inovações importantes no ordenamento legal brasileiro e criado instrumentos para mensuração de emissões e combate à mudança do clima, do ponto de vista da atmosfera a década de 2010 foi perdida para o Brasil.

Mais grave ainda, o período de 2019 a 2022 foi marcado pelo desmonte da governança climática federal no Brasil, detalhado em quatro relatórios anuais do Observatório do Clima⁹ e mencionado no relatório do Grupo de Trabalho sobre Meio Ambiente do governo de transição¹⁰. Duas atualizações da NDC foram feitas pelo governo Bolsonaro, ambas recorrendo a mudanças do referencial de emissões no ano-base de 2005 que fariam o Brasil chegar a 2030 emitindo mais do que o previsto pela primeira NDC. Essa manobra, que ficou conhecida como “pedalada de carbono”, é ímpar entre os países do G20 à exceção do México e foi questionada na Justiça em 2021 por seis jovens ativistas, com apoio de oito ex-ministros do Meio Ambiente (incluindo a atual, Marina Silva).

⁸ http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2018/Decreto/D9578.htm#art25A

⁹ <https://www.oc.eco.br/worst-yet-come/>; <https://www.oc.eco.br/wp-content/uploads/2021/03/Passando-a-boiada-1.pdf>; <https://www.oc.eco.br/a-conta-chegou-o-terceiro-ano-de-destruicao-ambiental-sob-jair-bolsonaro/>; <https://www.oc.eco.br/nunca-mais-outra-vez-quatro-anos-de-desmonte-ambiental-sob-jair-bolsonaro/?swcfpc=1>

¹⁰ <https://gabinetedatransicao.com.br/noticias/relatorio-final-do-gabinete-de-transicao-governamental/>

Dois fatos ocorridos em 2022, fora, portanto, do período de apuração dos dados do SEEG 10, permitem vislumbrar mudanças nesse cenário nos próximos anos. O primeiro foi o voto proferido pelo ministro do STF Luís Roberto Barroso no julgamento da ADPF 708 (que trata da paralisia do Fundo Nacional sobre Mudança do Clima pelo governo Bolsonaro). Nele, o ministro qualificou a proteção climática como dever constitucional do Estado brasileiro, criando jurisprudência para ações judiciais futuras cobrando ambição do país. O segundo foi a eleição de Luiz Inácio Lula da Silva, que prometeu trabalhar para zerar o desmatamento e a degradação em todos os biomas brasileiros até 2030 e disse, na COP27, em Sharm El-Sheikh, Egito, que a mudança climática teria “o mais alto perfil” na estrutura de seu governo.

Também em 2022, a sociedade civil fez um movimento importante, delineando uma visão para a estratégia de longo prazo do Brasil: em vez de prometer neutralidade em carbono para 2050, como a maioria dos países, o Observatório do Clima argumentou, em documento entregue à equipe do então candidato Lula, que o país poderia tornar-se negativo em emissões já em 2045, sequestrando mais carbono da atmosfera do que emite.

Nas próximas páginas será feita uma análise das metas climáticas do Brasil e do que precisa ser feito para ajustá-las e cumpri-las para que o país possa contribuir com o que lhe cabe, na década decisiva para o sucesso do Acordo de Paris, para o esforço global de estabilização do clima.

5.1 - A PNMC, A NDC E A “PEDALADA” DE CARBONO

O Brasil já adotou duas metas de redução de gases de efeito estufa, ambas obrigatórias: a estabelecida na Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), em 2009, com reduções previstas para 2020; e a meta de redução de emissões para 2025 e 2030, inscrita na NDC (Contribuição Nacionalmente Determinada), de 2015 (atualizada em 2020 e em 2022), estabelecida voluntariamente, mas que se tornou obrigatória quando da promulgação do Acordo de Paris no Brasil, em junho de 2017.

Pela NDC de 2015, o país se comprometeu a reduzir suas emissões líquidas em 37% até 2025 em relação aos níveis de 2005, o que totalizaria uma emissão máxima de 1,3 bilhão de toneladas líquidas de CO₂ equivalente (GtCO₂e) naquele ano. Além da meta para 2025, a NDC tinha um indicativo de compromisso para 2030, de 43% de redução, também em relação a 2005.

Pelas regras da UNFCCC, o Brasil deveria apresentar uma nova NDC em 2020 que cobrisse o período até 2030. Isso foi feito em 9 de dezembro daquele ano, quando o país submeteu à convenção sua “primeira NDC atualizada”, ratificando a meta indicativa de 2030. Em 2022, a primeira NDC sofreu mais uma atualização, aumentando sua ambição nominal em 2030 de 43% para 50%.

A PNMC comprometeu o Brasil a uma redução de 36,1% a 38,9% até 2020 em comparação com o cenário tendencial (o que seria emitido se nada fosse feito). O cenário tendencial foi projetado com base em duas premissas exageradas: a de que o PIB brasileiro cresceria 5% ao ano até 2020, e a de que toda a

demandas adicionais de energia, na ausência de política pública, seria atendida por combustíveis fósseis. Isso produziu um cenário tendencial artificialmente inflado, no qual as emissões brasileiras chegariam a 3,267 bilhões de toneladas de CO₂ equivalente em 2020 se nada fosse feito.

O decreto 7.390, que regulamentou a lei em 2010, expressou a meta de redução em níveis de emissões entre 2,068 bilhões de toneladas brutas¹¹ de CO₂e¹² (36,8%) e 1,977 bilão de toneladas (38,9%), que deveriam ser atingidos em 2020. Também estabeleceu cinco planos setoriais para o cumprimento da meta agregada:

- I - Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal - PPCDAm;
- II - Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado - PPCerrado;
- III - Plano Decenal de Expansão de Energia - PDE;
- IV - Plano para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC); e
- V - Plano de Redução de Emissões da Siderurgia.

Além desses, foram também propostos os seguintes planos setoriais:

- Plano Setorial de Mitigação da Mudança Climática para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Indústria de Transformação (Plano Indústria);
- Plano de Mineração de Baixa Emissão de Carbono – PMBC;
- Plano Setorial de Transporte e de Mobilidade Urbana para Mitigação da Mudança do Clima – PSTM; e
- Plano Setorial da Saúde para Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima

Dos planos setoriais, o mais importante, que forneceria a maior parte das reduções de emissão previstas, consistia em cortar a taxa de desmatamento da Amazônia, chegando a 2020 com no máximo 3.925 km² de desmatamento por ano.

Em 2021, os dados do SEEG mostraram que o país fechou 2020 com 2,047 GtCO₂e de emissões brutas, tendo em conta a metodologia usada pelo governo para estipular a meta da PNMC (emissões brutas e com os fatores de emissão do Segundo Relatório do IPCC, o AR2). O valor é 1% menor do que o limite estabelecido pela lei (2,068 GtCO₂e). Portanto, em relação ao limite menos ambicioso da PNMC, a meta foi cumprida.

¹¹ A provisão de que se tratava de emissões brutas não havia sido explicitada na regulamentação PNMC, mas o foi no anexo da NDC do Brasil, disponível em <https://www.mma.gov.br/images/arquivo/80108/BRASIL%20iNDC%20portugues%20FINAL.pdf>. O SEEG publica os dados por padrão em CO₂e com os fatores de conversão do 5º Relatório do IPCC. Os dados também são disponibilizados na plataforma com os fatores de conversão do 2º e 4º relatório do IPCC.

¹² Usando os fatores de conversão do 2º Relatório do IPCC (SAR, ou AR2).

No entanto, como também se sabe, o desmatamento na Amazônia ficou longe — muito longe — do estabelecido pelo decreto de 2010. A taxa medida pelo Inpe foi de 10.851 km², valor quase 180% superior à meta da PNMC. Em 2019, o PPCDAm e o PPCerrado foram revogados pelo governo Bolsonaro. O desmatamento nos quatro anos do governo passado atingiria uma alta de 60% em relação aos quatro anos anteriores – a maior elevação relativa em um mandato presidencial desde o início das medições anuais do Inpe. Em 2021, o desmatamento era 231% maior do que a meta da política nacional.

Em 2019, o Senado avaliou a PNMC e concluiu que os planos setoriais que saíram do papel não foram monitorados, o que significa que não é possível nem mesmo saber se eles contribuíram para a redução de emissões. As fontes fósseis ainda representavam 82% de todo o investimento previsto na expansão de energia até 2031, segundo a edição mais recente do Plano Decenal de Expansão de Energia¹³.

Portanto, pode-se dizer que, apesar de ter cumprido a meta numérica, o país não alterou sua trajetória de emissões, nem o tipo de perfil de poluição, altamente contaminado por um tipo de emissão (o desmatamento) que não tem virtualmente nenhum impacto positivo no PIB. O SEEG 10, portanto, mantém a conclusão do SEEG 9 de que **o Brasil falhou em usar a política nacional de clima como um instrumento para uma virada rumo a uma economia de baixo carbono**. Essa escrita se mantinha virtualmente inalterada em 2021 em relação à NDC.

Em 2017, quando publicou o relatório de análise das emissões brasileiras até 2015 (SEEG 4), o Observatório do Clima fez um alerta ao governo brasileiro: seria necessário fazer um ajuste percentual nas metas da INDC (Contribuição Nacionalmente Determinada Pretendida, que em 2016 virou Contribuição Nacionalmente Determinada, NDC) à luz dos dados do novo Inventário Nacional de Emissões.

Quando a meta de 37% em 2025 e a meta indicativa de 43% em 2030 foram calculadas, em 2015, o único inventário nacional de emissões disponível era o segundo, de 2010. Os cálculos que embasaram a INDC, feitos a partir do segundo inventário, estimaram as emissões do Brasil em 2005 em 2,1 bilhões de toneladas. Só que o Terceiro Inventário revisou esse número para cima, estimando as emissões de 2005 em 2,8 bilhões de toneladas de CO₂ equivalente. No anexo da NDC, o governo apresentou uma conta segundo a qual os cortes propostos pelo Brasil à ONU significavam emissões máximas em 2025 e 2030 compatíveis, respectivamente, com 1,3 bilhão e 1,2 bilhão de toneladas de CO₂ equivalente.

"Ao tomar como base as emissões totais de 2005 contidas no Terceiro Inventário, a meta de redução de emissões expressa em porcentagem faria com que a emissão projetada para 2030 fosse 400 MtCO₂ e maior que o indicado na INDC (1.617 milhões contra 1.216 milhões de toneladas), o que representa quase 1% das emissões globais", alertou o relatório do SEEG¹⁴.

¹³ https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/PDE%202031_RevisaoPosCP_rvFinal_v2.pdf

¹⁴ Observatório do Clima, Emissões de GEE do Brasil e suas implicações para políticas públicas e a contribuição brasileira para o Acordo de Paris. Documento-síntese (1970-2015). Disponível em <http://seeg.eco.br/documentos-analiticos>

Para que o problema fosse sanado, seria necessário ajustar os valores percentuais da INDC/NDC para 53% em 2025 e 57% em 2030, de forma a chegar ao final da meta com o mesmo limite de 1,2 GtCO₂e prometido em 2015.

Em dezembro de 2020, o Brasil submeteu uma “primeira NDC atualizada” à UNFCCC¹⁵, ratificando os percentuais da NDC original e transformando a meta indicativa em compromisso. O documento indicava o Terceiro Inventário (apesar de já estar pronto a aquela altura o 4º inventário) como base de cálculo e afirmava que a meta “poderia ser” recalculada com base em novos inventários e metodologias. Os reajustes percentuais não foram aplicados, o que efetivamente aumentou em 400 milhões de toneladas de CO₂e o limite de emissão do Brasil em 2030.

O excedente, que ficaria conhecido como “pedalada de carbono”, foi parar nos tribunais. O consórcio Climate Action Tracker rebaixou a ambição da meta brasileira de “insuficiente” para “altamente insuficiente”, e o Pnuma (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente) acusou formalmente o Brasil e o México de regredir na ambição de suas metas. A NDC mexicana foi suspensa liminarmente na Justiça após uma ação da sociedade civil que acabou derrotada em 2022. Naquele ano, porém, o próprio governo mexicano apresentou uma nova NDC, desfazendo a “pedalada”, de 14 milhões de toneladas de CO₂e.

Em 2022, após a conferência do clima de Glasgow, o governo brasileiro aumentou nominalmente a ambição da NDC, propondo uma redução de 50% em 2030 em vez dos 43% oferecidos inicialmente. Quando a meta foi submetida à ONU, em março de 2022, deixava claro que a base de cálculo era o Quarto Inventário. A “pedalada” brasileira foi, assim reduzida de 400 milhões para 73 milhões de toneladas, algo que o novo governo brasileiro precisa urgentemente corrigir.

O exemplo do Brasil não passou despercebido: em 2022, em plena COP27, no Egito, a Turquia apresentou uma promessa de aumento da meta relativa de 21% para 41% em 2030. Só que o país não atualizou o cenário de referência, que na verdade estava subestimado pelo próprio desempenho da economia turca (que ficou menos economicamente intensiva em carbono do que o previsto na época da submissão da NDC). O resultado foi que a nova NDC, mesmo com uma meta com um percentual maior de cortes de emissões, na verdade dava ao país eurasiático a permissão para aumentar as próprias emissões em 30%¹⁶.

Na véspera da primeira submissão do governo federal, em 2020, o Observatório do Clima lançou uma proposta de segunda NDC para o Brasil, com um nível de ambição compatível com 1,5°C de aquecimento global, com o peso do país no orçamento global de carbono e com a capacidade nacional. A proposta do OC consiste em limitar as emissões líquidas de gases de efeito estufa a 400 milhões de toneladas de CO₂e em 2030, uma redução de 84% em relação a 2005, considerando os valores do Quarto Inventário (2.562 GtCO₂e, GWP AR5)¹⁷. A premissa básica da proposta é zerar todo o desmatamento no país, de forma a

¹⁵ [https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Brazil%20First/Brazil%20First%20NDC%20\(Updated%20submission\).pdf](https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Brazil%20First/Brazil%20First%20NDC%20(Updated%20submission).pdf)

¹⁶ <https://climatenetwork.org/resource/turkey-a-statement-of-confusion/>

¹⁷ https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/comunicacoes-nacionais-do-brasil-a-unfccc/arquivos/4comunicacao/4_com_nac_brasil_web.pdf

tornar o Brasil progressivamente um sumidouro líquido de gases de efeito estufa. Nesse contexto, falar em emissões líquidas decorrentes de “remoções antropogênicas” passa a fazer sentido, uma vez que toda a política pública de clima passa a gravitar em torno do desmatamento zero.

Em outubro de 2021, o Centro Clima da Coppe-UFRJ e o Instituto Talanoa, sob encomenda do Instituto Clima e Sociedade, realizaram um exercício de modelagem com base na metodologia do projeto Maps (IES-Brasil) que traçou cenários de ambição para o país e chegou a valores semelhantes aos verificados pelo Observatório do Clima: o país poderia reduzir em 66% (sem zerar o desmatamento) a 82% (zerando desmatamento) suas emissões líquidas em 2030.

5.2 - BRASIL 2045: VISÃO PARA UM PAÍS CARBONO-NEGATIVO

Em 2015, a UNFCCC demandou que todos os países signatários do Acordo de Paris apresentassem estratégias de longo prazo para atingir a neutralidade de emissões de gases de efeito estufa (“net zero”) até 2050. Como o IPCC deixou claro em seu Sexto Relatório de Avaliação, zerar emissões líquidas até o meio do século é a única maneira de devolver a temperatura da Terra a patamares inferiores a 1,5°C de aquecimento em relação à era pré-industrial neste século. Até 2023, 58 países já haviam apresentado suas estratégias¹⁸. O Brasil não está na lista.

Em 2022, o Observatório do Clima delineou uma visão ainda mais ousada: dado que o Brasil possui um imenso estoque de terras degradadas — 79 milhões de hectares — que poderiam em parte ser usadas para recuperação e regeneração de florestas, e dado o peso do desmatamento na nossa curva de emissões, seria possível vislumbrar um país negativo em carbono já em 2045. Tal visão orienta a estratégia *Brasil 2045 - Construindo uma potência ambiental*, cujo objetivo é mapear as políticas públicas necessárias para que o país se torne o primeiro grande emissor do planeta a reverter sua trajetória de carbono.

O primeiro passo da estratégia foi listar as ações emergenciais em política ambiental para desfazer o desmonte do governo Bolsonaro e nivelar outra vez o campo de jogo para que o Brasil pudesse avançar novamente na área. Para isso, foram listadas 74 ações emergenciais para os dois primeiros anos de governo e 62 ações para os primeiros cem dias. Entre as medidas imediatas está a correção da “pedalada” da NDC e o início de um processo participativo para a definição de uma nova meta para o país. Várias sugestões da sociedade civil foram acatadas e transformadas em decretos e em revogações de “boiadas” infralegais deixadas pelo bolsonarismo. Até o presente momento, porém, a NDC brasileira ainda não foi corrigida.

Ao longo de 2023 e dos próximos anos, a sociedade civil construirá uma estratégia de longo prazo detalhada, assim como tem produzido propostas detalhadas de NDC e proposto caminhos tecnicamente viáveis para reduzir emissões.

¹⁸ <https://unfccc.int/process/the-paris-agreement/long-term-strategies>

6

RECOMENDAÇÕES PARA O NOVO GOVERNO



O governo eleito em 2022 já deu os primeiros passos para a reconstrução da agenda climática no Brasil. No primeiro dia de mandato, o presidente Luiz Inácio Lula da Silva recriou a governança do Fundo Amazônia e os planos de prevenção e controle do desmatamento. Lula também ofereceu o Brasil como sede da COP30, em 2025, na qual o novo ciclo de NDCs deverá ser apresentado.

No entanto, o caminho a percorrer ainda é longo e o tempo é escasso: segundo o IPCC, a única janela disponível para estabilizar o aquecimento global em 1,5°C, como preconiza o Acordo de Paris, é o mundo inteiro reduzir suas emissões em 45% nos próximos oito anos. Com base nas lições aprendidas em dez anos de SEEG, o Observatório do Clima faz as seguintes recomendações ao novo governo:

- Corrigir imediatamente a “pedalada” de carbono da NDC brasileira, antes da SB58, a reunião intersessional da UNFCCC em Bonn em junho de 2023; paralelamente, abrir um processo participativo de construção de uma NDC para 2030 que substitua a primeira e que seja compatível com a meta de 1,5°C.
- Elaborar um plano de implementação da NDC.
- Estabelecer uma trajetória para as emissões do Brasil, que preveja orçamentos de carbono com valores máximos a emitir a cada ano ou a cada cinco anos, incluindo uma proposta de trajetória de redução de desmatamento e de aumento da regeneração e recuperação florestal.
- Ampliar o Programa ABC, no Ministério da Agricultura, com vistas a que todo o recurso do Plano Safra possa ser destinado à agropecuária de baixa emissão.
- Retomar a Plataforma ABC e o Comitê técnico de acompanhamento para o monitoramento, verificação e reporte das reduções das emissões de gases de efeito estufa no setor agropecuário.
- Entregar à ONU até 2024 a estratégia de longo prazo do Brasil para a descarbonização da economia até o meio do século.
- Para atacar as emissões dos setores de energia e processos industriais, é importante que sejam retomados os esforços de elaboração e atualização de planos setoriais de mitigação de emissões, como o plano setorial de transporte e de mobilidade urbana (PSTM). Tendo como ponto de partida amplos debates com a sociedade, esses planos precisam estabelecer mecanismos eficazes de redução de emissões, bem como de mensuração e monitoramento de metas.
- Desincentivar o uso de termelétricas a gás natural inflexíveis — que operam continuamente, independentemente das condições de geração de outras categorias de usinas, em especial as previstas na lei de privatização da Eletrobras, que aumentarão em um terço as emissões do setor elétrico brasileiro.
- Implementar o Plano Nacional de Resíduos Sólidos com foco no encerramento de lixões e na aplicação de medidas de mitigação de emissões (e.g. valorização da fração orgânica, aproveitamento energético e outros).

10 SEEGL
anos



OBSERVATÓRIO
DO CLIMA