

CARACTERIZAÇÃO DOS INVENTÁRIOS MUNICIPAIS DE GASES DE EFEITO ESTUFA BRASILEIROS

Isabela Ulhoa de Oliveira¹
Bruno Cordeiro Rocha Barroso¹
Leonora Pio Fassy¹
Daniel Brianezi²

Mudanças Climáticas

Resumo

A potencialização das mudanças climáticas causada por ações humanas é um dos grandes problemas enfrentados atualmente. Diante da necessidade de reverter e desacelerar essa situação, múltiplas formas de enfrentamento e mitigação têm surgido visando auxiliar os governos, como a elaboração de inventários municipais de GEE. Esses documentos devem ser feitos de forma criteriosa, a fim de caracterizar as emissões de forma adequada às diferentes realidades de cada região. O Brasil é um dos países que adotou essa iniciativa, uma vez que figura entre as dez nações com maior número de emissões de GEE. Considerando-se a extensão nacional e a quantidade de municípios no país, era esperado que houvesse um alto número de inventários publicados, o que, entretanto, não é o observado. Além disso, há pouco diálogo com outros documentos sobre o mesmo tema no país, como os relatórios do SEEG. Este estudo tem por motivação reunir informações e avaliar como foram feitos os inventários, assim como identificar dificuldades do processo.

Palavras-chave: Mudanças climáticas; GEE; Cidades.

¹Aluna do curso de graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, isabelaudeoliveira@hotmail.com

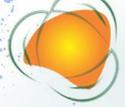
Aluno do curso de graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, , brunocrb2.0@gmail.com.

Aluna do curso de graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, , leonorafassy@gmail.com.

²Prof. Dr. do Centro Federal de Educação Tecnológica – Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, brianezi@cetfmg.br.

Realização

Apoio



INTRODUÇÃO

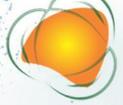
Mudanças climáticas consistem nas alterações dos padrões climáticos do planeta, durante um tempo, o que representa um desafio quanto aos problemas globais. Estas mudanças são naturais, porém tem seus efeitos potencializados pelas atividades antrópicas, como a mudança do sistema produtivo, os avanços tecnológicos, o novo estilo de vida e consumo humano. Tudo isto impacta de forma direta os recursos naturais, nos meios de subsistência, na saúde, segurança e nos ciclos naturais. (CAMPELLO; LIMA, 2018)

O Brasil apresenta grande relevância frente a temas como as mudanças climáticas, uma vez que é um dos dez maiores emissores de GEE, e destaca-se com ações voltadas para a redução das alterações climáticas. Tendo como foco a definição de metas voltadas a esse fim, e forma de acompanhamento, têm sido elaborados inventários de gases de efeito estufa como atividade inicial para a promoção de ações de mitigação das alterações climáticas. O que pode ser observado nos compromissos firmados pelo país na 26ª Conferência das Partes (COP - em inglês) ocorrida no ano de 2021 no qual ficou assegurado o tratado de erradicar e reverter o desmatamento até 2030, pela Declaração dos Líderes sobre Florestas, em adição ao corte de emissões globais de metano em 30% dos níveis de 2020 até 2030 por meio da assinatura do Compromisso Global de Metano (AGÊNCIA BRASIL, 2021). Adicionalmente, foi formalizada a meta de zerar as emissões líquidas do país até 2050.

A fim de criar um banco de dados para a definição de metas e estratégias de ação, tem-se instituído a adoção de inventários de gases de efeito estufa como ferramenta de diagnóstico de fontes poluidoras em conjunto com ações de mitigação por parte de cada país envolvido no acordo. Os inventários são instrumentos que mapeiam e caracterizam as emissões e remoções de gases de efeito estufa de organizações, municípios, estados ou países por meio de publicação de documentos. Logo, é necessário avaliar se são retratadas de forma válida as particularidades de cada localidade a qual houve a elaboração de um inventário.

Realização

Apoio



Este documento demanda um estudo criterioso sobre a região a ser retratada. De forma inicial, para melhor caracterização, devem ser definidos os limites e escopos que contemplem as atividades de emissão e remoção de GEE em todos os setores a serem contabilizados. Em seguida, é necessário delimitar o período de referência, isto é, a definição do recorte temporal relativo às emissões realizadas, que de maneira geral se dão em um ano. A partir do período de referência é possível instituir um ano-base, de forma a viabilizar a comparabilidade da evolução entre os anos, para a observação de aumento ou diminuição de emissões.

A partir dessas definições deve ser feito o mapeamento das fontes de emissão de GEE, assim como a identificação de sumidouros. Por sumidouros são referidos os processos e atividades de retirada de gases de efeito estufa da atmosfera. Também se faz necessário a determinação de quais os GEE emitidos nas fontes poluidoras.

Com base nas informações obtidas, e a identificação do gases, devem ser feitas as estimativas das emissões e remoções de GEE, seguindo a metodologia adotada no inventário. A partir dos resultados, o proponente do inventário deve apresentar propostas de mitigação das emissões alinhados a planos de ação climática. Assim, se faz necessário o levantamento dos municípios brasileiros que elaboram e divulgam seus inventários de gases de efeito estufa e que seja feita a caracterização do perfil de emissões e remoções de gases de efeito estufa reportados.

METODOLOGIA

Visando uma maior compreensão sobre o tema, inicialmente, foi feito o levantamento bibliográfico em documentos e artigos, além de, buscas em páginas eletrônicas de órgãos oficiais, que contemplavam o assunto com os seguintes buscadores: inventários de gases de efeito estufa, mudanças climáticas, políticas municipais de mitigação dos efeitos da mudança climática, e redução de emissão de gases de efeito estufa. Ademais, foram lidos documentos do SEEG, Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa, rede de entidades da sociedade civil que discute mudanças climáticas no cenário nacional, a fim de ter uma visão geral do panorama que os inventários retratam.

Realização

Apoio

A partir das informações encontradas foi possível o entendimento quanto à atuação em âmbito nacional, com relação às políticas climáticas e iniciativas de elaboração de inventários de gases de efeito estufa. Em sequência, foi feita a pesquisa com o objetivo de localizar os governos locais que adotam os inventários como ferramenta inicial para compilação de informações de emissões de GEE e que, posteriormente, realizam a publicação destes documentos.

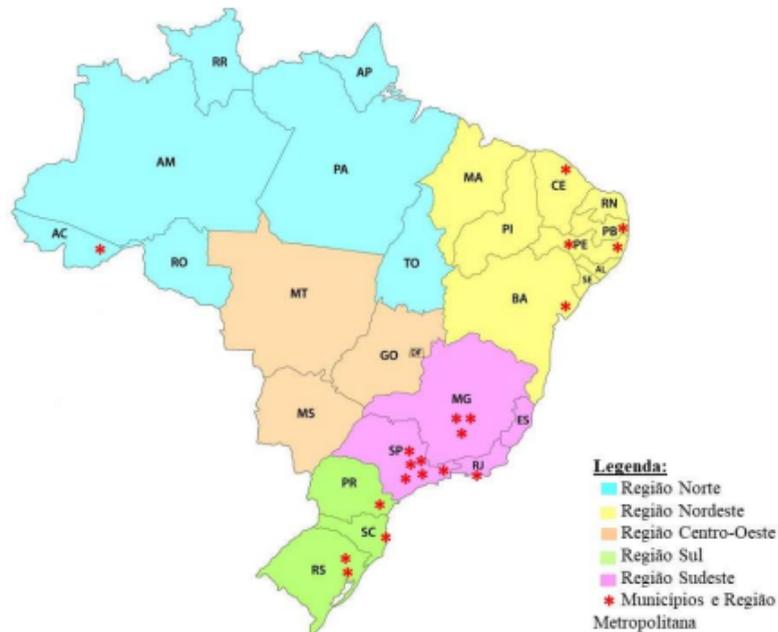
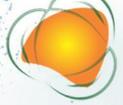
Para os municípios que foram identificados nas pesquisas que possuem atividades vinculadas à mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, porém não foram encontrados inventários publicados, foi feito o contato com o ICLEI, via email, para que fosse possível obter esses documentos. Ao final das buscas foram encontrados 36 inventários de gases de efeito estufa municipais publicados no período de 2005 a 2022. Os dados obtidos de cada documento (perfil e características das emissões e remoções de GEE, escopo e limites adotados, abordagem metodológica etc) foram tabulados e analisados utilizando o software Excel ®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O levantamento realizado apontou que a quantidade de municípios brasileiros que possuem inventários municipais de emissão de GEE ainda é reduzido e limitado a algumas regiões no Brasil. Foram identificados e coletados 36 documentos, de 18 municípios brasileiros e 2 Regiões Metropolitanas, pertencentes a 11 estados brasileiros, de quatro regiões geográficas diferentes. Observa-se que todas as capitais das regiões Sul e Sudeste possuem pelo menos uma edição de seus inventários municipais, menos o estado do Espírito Santo, totalizando 69,4% dos dados. A região Nordeste, que possui o maior número de unidades federativas, possui 10 inventários identificados e coletados, entretanto, os inventários de GEE levantados referem-se a apenas cinco cidades: Fortaleza (CE), João Pessoa (PB), Recife (PE), Salvador (BA) e Serra Talhada (PE) . A região Norte possui apenas um reporte, do município de Rio Branco, Acre, e não foram encontrados inventários de GEE das capitais da região Centro-Oeste (Figura 1).

Realização

Apoio



Fonte: Adaptado de ABC Distâncias (2022).

Figura 1: Municípios brasileiros e Regiões Metropolitanas que possuem Inventários Municipais de Emissão de GEE publicados e disponibilizados.

Fonte: Adaptado de ABC Distâncias (2022).

O estado de São Paulo é aquele com maior número de municípios com inventários de GEE publicados (33%), seguido por Minas Gerais, 17%. Além disso, São Paulo possui 9 documentos publicados, que representam 25% do total coletado.

A partir da coleta de dados, foi observado que o município com maior número de publicações de inventários municipais é Belo Horizonte, com cinco edições. Desde 2009, Belo Horizonte tem conduzido diferentes ações de planejamento, controle e mitigação de emissões de GEE, a partir de sua Política Climática, que institui a Política Municipal de Mitigação dos Efeitos da Mudança Climática, o Comitê Municipal de Mudanças Climáticas e Ecoeficiência, a elaboração de inventários de GEE e proposição de ações de mitigação por meio do Plano de Redução de Gases de Efeito Estufa (PREGEE) (BELO HORIZONTE, 2021). Outro município que se destacou foi Fortaleza, com quatro edições de seus inventários municipais de GEE. A capital cearense, desde 2013, tem intensificado seus esforços frente às adaptações e mitigação às mudanças climáticas, tendo como primeiro marco sua escolha como cidade modelo do Urban LEDS I, iniciativa do ICLEI (FORTALEZA, 2021).

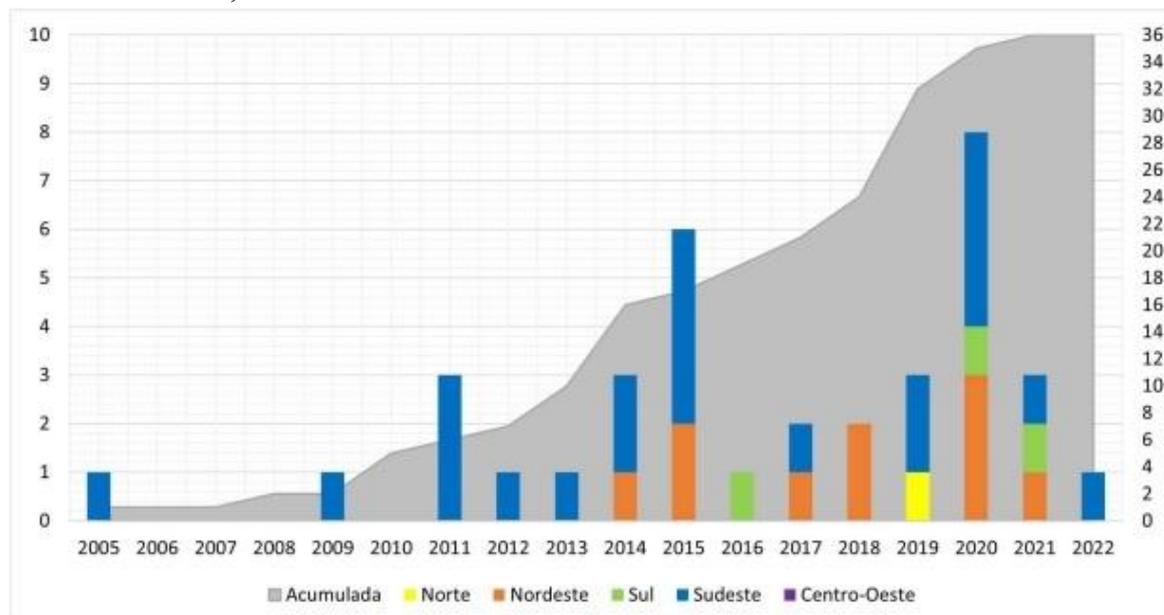
Realização

Apoio



Outro ponto a ser destacado também é a publicação de inventários municipais que compõem regiões metropolitanas, como por exemplo, Betim (MG), Campinas (SP), Canoas (RS), Contagem (MG), Piracicaba (SP) e Sorocaba (SP). Além disso, observou-se que os anos de 2015 e 2020 foram marcados por maior número de elaborações e publicações de inventários no país, totalizando 8 documentos, referentes aos seguintes municípios: Belo Horizonte (MG), Betim (MG), Canoas (RS), Contagem (MG), Curitiba (PR), Fortaleza (CE), Guaratinguetá (SP), Recife (PE), Rio de Janeiro (RJ), Salvador (BA), Serra Talhada (PE) e Sorocaba (SP). O maior apoio na elaboração de inventários de GEE e divulgação de instituições como o ICLEI, conjuntamente com a primeira etapa do projeto Urban LEDS, bem como o Acordo de Paris em 2015, podem ter contribuído para esse crescimento, no ano de 2015. E em 2020, a atmosfera pré 26ª COP, pode ter contribuído para tal aumento (Figura 2).

Figura 02: Projeção histórica da elaboração de Inventários Municipais de Emissão de GEE no Brasil, entre os anos de 2005 e 2022.

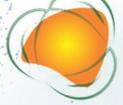


Fonte: Autores (2022)

O perfil brasileiro de emissão de GEE pode ser contemplado por meio das Comunicações Nacionais publicadas pelo Brasil até o presente momento e pelo SEEG. As Comunicações Nacionais seguem as diretrizes básicas do IPCC, dividido em setores de atividades: a) Setor de Energia; b) Setor de Processos Industriais e Uso de Produtos

Realização

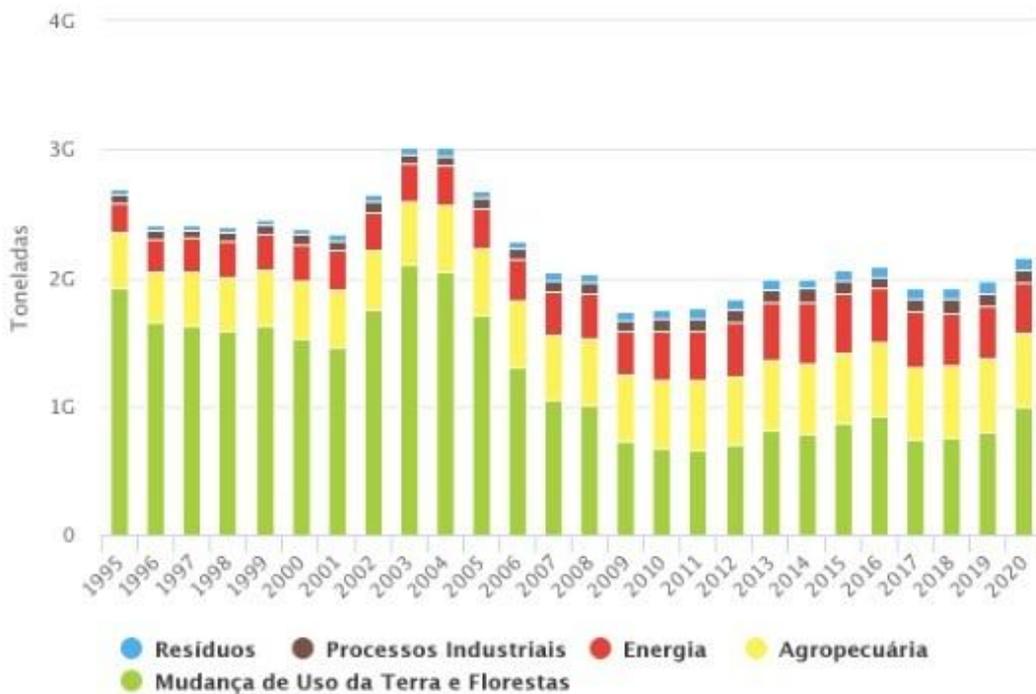
Apoio



(IPPU); c) Setor de Agropecuária; d) Setor de Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF); e) Setor de Resíduos.

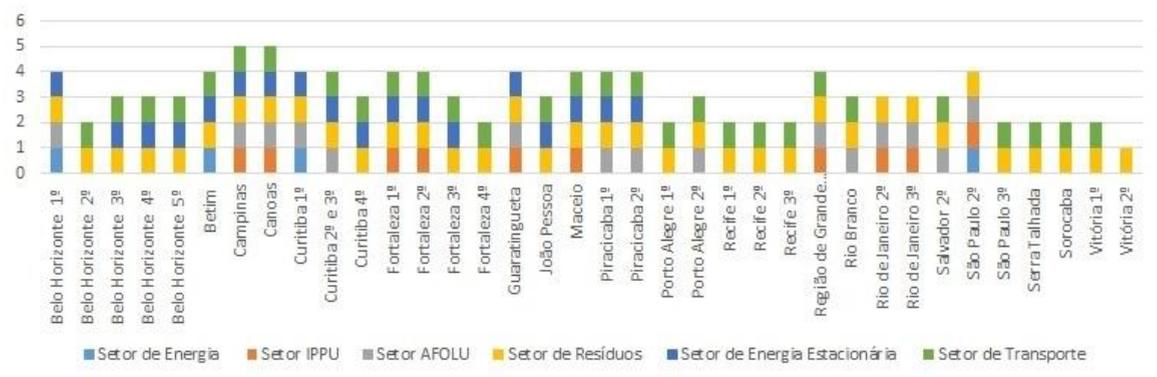
As emissões totais brasileiras são majoritariamente oriundas dos setores de Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas, e Agropecuária. Juntas, as fontes emissoras foram responsáveis por mais de 60% das emissões de GEE em 2016, e 72% em 2019, demonstrando a representatividade da atividade rural no Brasil (BRASIL, 2020b; SEEG, 2020) (Figura 3).

Figura 3 – Perfil de emissões de CO₂e do Brasil entre 1995 e 2020, dividido por setores.



Fonte: SEEG (2019).

Figura 4: Setores analisados nos inventários municipais coletados para estudo.



Fonte: Autores (2022)

Realização

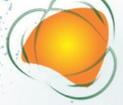
Apoio

Pela síntese dos inventários coletados, nota-se que os setores de transportes e resíduos foram majoritariamente abordados nos inventários estudados (Figura 4). É relevante que os setores inventariados sejam alinhados com as atividades geradoras de GEE do município, entretanto, percebe-se uma dificuldade perante os órgãos emissores em relatar, na totalidade, todas as fontes emissoras. Diante da realidade de que os municípios deste estudo encontram-se em áreas urbanas, os setores relativos a florestas e áreas rurais têm pouca presença nos documentos, apesar de sua relevância em âmbito nacional, por ser um dos maiores setores de emissão do país. Os relatórios dependem de informações externas e revalidações dos dados anuais, o que pode resultar nessa dificuldade e também na demora para a elaboração dos inventários.

São atribuídas ao setor de energia todas as emissões antrópicas resultantes da queima de combustíveis e de fugas na cadeia produtiva, transformação, distribuição e consumo de energia. As atividades do setor podem ser divididas em: transportes, geração de eletricidade, consumo energético industrial, comercial, doméstico, comercial e público, pela agropecuária, e produção de combustíveis (SEEG, 2020).

O setor pode ser subdividido em queima de combustíveis e emissões fugitivas. No subsetor de queima de combustíveis estão inclusas emissões de CO₂ (dióxido de carbono), CH₄ (gás metano), N₂O (óxido nitroso), CO (monóxido de carbono), NO_x (óxidos de nitrogênio) e COVNM (compostos orgânicos voláteis não metano), relacionadas à oxidação do carbono durante a queima, seja para geração de energia ou no consumo final. Este subsetor apresenta 90% das emissões do setor de Energia (BRASIL, 2000b). No subsetor de emissões fugitivas estão inclusas emissões relacionadas aos GEE pelo processo de mineração, estocagem, processamento e transporte de carvão mineral, e durante o processo de extração, transporte e processamento de petróleo e gás natural. Estas emissões são contabilizadas como fugitivas pois não estão diretamente associadas ao consumo útil do combustível (BRASIL, 2000b). Desse modo, pode-se observar que as emissões deste subsetor são extremamente menores se comparadas às emissões pela queima de combustíveis.

O setor de Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU) possui emissões oriundas dos processos produtivos das indústrias, e que não são resultado da queima de



combustíveis. As atividades do setor podem ser divididas em: indústria mineral, indústria química, indústria metalúrgica, produtos não energéticos de combustíveis e solventes, indústria eletrônica, usos de produtos como substitutos para substâncias destruidoras da camada de ozônio, fabricação e uso de outros produtos e outros (BRASIL, 2020b). O perfil de emissões deste setor foi marcado por uma grande redução das emissões no ano de 2009, sendo influenciada diretamente pela crise financeira internacional. No ano de 2000, este setor emitiu cerca de 63 TgCO₂, 20 GgN₂O e 8,9 GgCH₄, que se devem, respectivamente, à produção de ferro-gusa, aço, cimento e cal; produção de ácido adípico; e a indústria química.

O setor de Agropecuária brasileiro é de extrema importância para a economia do país, devido às extensões territoriais agricultáveis e disponíveis para pastagem, ocupando a posição de destaque no mundo. Desse modo, é um dos setores de maior porcentagem total de emissões ao longo dos anos (BRASIL, 2000b, 2020b). O setor pode ser subdividido em cultivo de arroz, fermentação entérica, manejo de dejetos animais, queima de resíduos agrícolas e solos manejados. O subsetor de fermentação entérica é caracterizado pelos processos digestivos naturais de animais ruminantes, e é responsável por cerca de 60% das emissões totais de CO₂e do setor de Agropecuária. Isso se dá, devido à grande atuação da atividade pecuária no Brasil, alcançando em 2020 os maiores índices de emissão, sendo o subsetor que mais contribuiu com as emissões totais (SEEG, 2019e).

Em 2020, os subsetores de solos manejados e manejo de dejetos animais, representaram 32,2% e 24,8% das emissões totais do setor. Ao longo dos anos, ambos os subsetores demonstraram um expressivo crescimento, sendo 2020 o de maior pico (SEEG, 2020, 2019e). Já o subsetor de cultivo do arroz apresentou entre os anos de 1990 e 2020 uma certa variação de suas emissões, relacionada às variações de produção deste insumo no país. Por fim, o subsetor de queima de resíduos agrícolas foi o que apresentou expressivas reduções de emissões, que estão diretamente relacionadas com as práticas de corte mecânico da cana-de-açúcar e aproveitamento energético da biomassa, reduzindo assim o desperdício de matéria vegetal e energia (BRASIL, 2021d).

Realização



Apoio



O setor de Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas, representado pela sigla LULUCF em inglês, compreende as atividades que podem ser divididas em florestas, agricultura, campo e pastagem, área alagada, assentamento, outras terras e produtos florestais madeireiros. Esse é o setor com mais emissões de GEE no país, sendo responsável, em 2019, por 72% das emissões nacionais. Conforme análise do SEEG, pode-se relacionar essa alta taxa ao aumento de 23% do desmatamento na Amazônia, o aumento da população total de bovinos, o uso de fertilizantes sintéticos, além de ações públicas como a extinção da Secretaria de Mudança do Clima e Florestas do Ministério do Meio Ambiente e o engavetamento dos planos de prevenção e controle do desmatamento (SEEG,2020).

O setor de Resíduos contempla a disposição e tratamento de resíduos sólidos e líquidos, dividido em: disposição de resíduos sólidos, tratamento biológico de resíduos, incineração e queima a céu aberto de resíduos e tratamento e despejo de águas residuárias. Esse setor apresentou crescimento, tendo um aumento de 16,4% em 2020 com relação ao ano 2000, principalmente relacionado aos resíduos sólidos, possibilitando a associação à mudança dos hábitos de consumo (BRASIL, 2020b; SEEG, 2020).

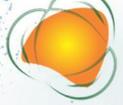
CONCLUSÕES

Os inventários, ao serem elaborados, tornam-se grandes mecanismos de gestão ao enfrentamento às mudanças climáticas, subsidiando a tomada de decisões mais efetivas à redução de emissões de GEE e seus impactos. Muitas interpretações e atitudes dos poderes públicos só são possíveis a partir desses documentos, e o compilado de informações neles presentes. Este estudo permitiu verificar que ainda são elaborados poucos inventários de gases de efeito estufa no país. Considerando os relatórios produzidos, é percebido uma dificuldade de acesso a estes documentos. Nota-se também que não há uma coordenação quanto à elaboração desses documentos, compreendendo diferentes realidades, metodologias, e periodicidades.

Para um maior aprofundamento nesse assunto, sugere-se a criação de um banco de dados reunindo os inventários municipais e estaduais publicados. Ademais, faz-se necessário um órgão que possa coordenar as prefeituras e demais setores com relação ao

Realização

Apoio



desenvolvimento dos inventários, a fim de melhorar e padronizar os relatórios produzidos. Além de uma correlação maior com as estimativas feitas pelo SEEG, com o intuito de comparar e visualizar a representatividade dos valores encontrados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET/MG) pelo apoio à pesquisa e aos auxílios financeiros concedidos.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASIL. **COP 26**: Brasil apoia declaração internacional para proteger florestas. Brasília. 2021a. Disponível em:
<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2021-11/cop26-brasil-apoia-declaracao-internacional-para-proteger-florestas#>. Acesso em: 29 nov. 2021.

BELO HORIZONTE. Prefeitura de Belo Horizonte. Meio Ambiente. **5º INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DE BELO HORIZONTE. RELATÓRIO TÉCNICO E ANÁLISE DE RESULTADOS | 2009 - 2020**. 2021.

BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES. **Mecanização na colheita da cana-de-açúcar é a principal responsável pela queda nas emissões de GEE por queima de resíduos agrícolas**. 2021d. Disponível em:
<https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2021/02/mecanizacao-nacolheita-da-cana-de-acucar-e-a-principal-responsavel-pela-queda-nas-emissoes-de-geepor-queima-de-residuos-agricolas>. Acesso em: 20 jan. 2022.

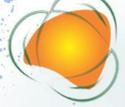
BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES. CLIMA. **Comunicações Nacionais do Brasil à UNFCCC**. [2022b?]. Disponível em:
https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/Comunicacao_Nacional/Comunicacoes_Nacionais.html. Acesso em: 20 jan. 2022.

BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES. **COMUNICAÇÃO NACIONAL DO BRASIL À CONVENÇÃO-QUADRO DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MUDANÇA DO CLIMA**. 2000b. Disponível em:
https://antigo.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/arquivos/SIRENE/Comunicacoes-Nacionais-do-Brasil-a-UNFCCC/1_Comunicacao_Nacional__Portugues-1.pdf. Acesso em: 10 jan. 2022.

CAMPELLO, L. G. B.; LIMA, R. D. **O REGIME INTERNACIONAL DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS: UMA ANÁLISE DA COOPERAÇÃO INTERNACIONAL SOLIDÁRIA NO ACORDO DE PARIS**. Revista Argumentum – RA, e ISSN 2359-6889, Marília/SP, V. 19, N.

Realização

Apoio



3, pp. 659-689, Set.-Dez. 2018. Acesso em: 05 jan. 2022.

FORTALEZA. Prefeitura de Fortaleza. Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente. **4º INVENTÁRIO DE EMISSÃO DE GASES DO EFEITO ESTUFA GEE**. 2021.

RATES, B. **O que é um Inventário de Gases de Efeito Estufa?**. WAY CARBON. 2016.

Disponível em:

<https://blog.waycarbon.com/2016/07/inventario-de-gases-deefeitoestufa/#:~:text=Um%20Invent%C3%A1rio%20de%20Emiss%C3%B5es%20de,monitramento%20e%20registro%20dessas%20emiss%C3%B5es>. Acesso em: 13 mai. 2022.

SEEG. SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA. **Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas de clima do Brasil**. 1970 – 2019. 2020. Disponível em:

http://energiaambiente.org.br/wpcontent/uploads/2020/11/SEEG8_DOC_ANALITICO_SINTES E_1990-2019.pdf. Acesso em: 03 jan. 2022.

SEEG. SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA. **Emissões por setor. Agropecuária**. 2019e. Disponível em:

<https://plataforma.seeg.eco.br/sectors/agropecuaria>. Acesso em: 19 jan. 2022.

SEEG. SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA. **Emissões totais**. 2019b. Disponível em: https://plataforma.seeg.eco.br/total_emission#.

Acesso em: 19 jan. 2022.

Realização

Apoio