

# ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA PELO SETOR AGROPECUÁRIO NO MACIÇO DE BATURITÉ-CE

Luzia Kelly do Nascimento Lourenço<sup>1</sup>

Vandilberto Pereira Pinto<sup>2</sup>

## RESUMO

A presença de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera torna a terra habitável. Entretanto, as altas concentrações desses gases influenciam na temperatura do planeta, levando a mudanças climáticas. Dentre as atividades humanas emissoras de GEE no Brasil, a agropecuária tem apresentado um alto potencial de emissão, principalmente pelas ações com foco na pecuária de corte e utilização de fertilizantes. O trabalho tem por objetivo geral avaliar a evolução das emissões de gases de efeito estufa pelo setor agropecuário na região do Maciço de Baturité, e como objetivos específicos avaliar as principais fontes de emissões, como cultivos de arroz, fermentação entérica, manejo de dejetos animais e manejo de solo. O trabalho avaliou 4 categorias de emissão: cultivo de arroz, fermentação entérica, manejo de dejetos animais e solos manejados, entre os anos de 2013 e 2023. Em relação as emissões do Ceará para o mesmo setor, a região do Maciço teve maior contribuição em 2013, representando 2,57% do total emitido para o ano no estado. A fermentação entérica entra em destaque, contribuindo com uma parcela significativa das emissões, 57,09% do total. A categoria que menos contribuiu foi o cultivo de arroz (2,03%). Os resultados de emissões colocam a região em uma posição estratégica no alcance das metas climáticas estabelecidas tanto a nível nacional quanto internacional. As práticas que envolvem o uso da terra e a pecuária se mostram importantes fontes de emissão de GEE, sendo necessário assim a aplicação de medidas que visem reduzir as emissões pelo setor.

**Palavras-chave:** Gases de Efeito Estufa. Agropecuária. Maciço de Baturité.

---

<sup>1</sup> Discente da Especialização em Gestão de Recursos Hídricos Ambientais e Energéticos, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), [kellybaetha@gmail.com](mailto:kellybaetha@gmail.com).

<sup>2</sup> Docente da Especialização em Gestão de Recursos Hídricos Ambientais e Energéticos, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), [vandilberto@unilab.edu.br](mailto:vandilberto@unilab.edu.br).

## ABSTRACT

The presence of greenhouse gases (GHG) in the atmosphere makes the earth habitable. However, high concentrations of these gases influence the planet's temperature, leading to climate change. Among the human activities that emit GHGs in Brazil, agriculture has shown a high potential for emissions, mainly due to actions focused on beef cattle farming and the use of fertilizers. The general objective of the work is to evaluate the evolution of greenhouse gas emissions by the agricultural sector in the Baturité Massif region, and as specific objectives: to evaluate the main sources of emissions, such as rice cultivation, enteric fermentation, animal waste management and soil management. The work evaluated 4 emission categories: rice cultivation, enteric fermentation, animal waste management and managed soils, between the years 2013 and 2023. In relation to Ceará's emissions for the same sector, the Massif region had the greatest contribution in 2013, representing 2.57% of the total emitted for the year in the state. Enteric fermentation comes into focus, contributing a significant portion of emissions, 57.09% of the total. The category that contributed the least was rice cultivation (2.03%). The emissions results place the region in a strategic position in achieving climate goals established both nationally and internationally. Practices involving land use and livestock farming are important sources of GHG emissions, making it necessary to apply measures to reduce emissions by the sector.

**Keywords:** Greenhouse Gases. Agriculture. Baturité Massif.

## 1 INTRODUÇÃO

O efeito estufa é um processo natural que ocorre na atmosfera terrestre devido a presença de gases conhecidos como Gases de Efeito Estufa (GEE) (Junges *et al.*, 2018). O dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), o metano (CH<sub>4</sub>) e o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) são os principais gases do efeito estufa encontrados na atmosfera do planeta (Goldemberg, 2023).

Entretanto, a concentração desses gases na atmosfera vem sofrendo mudanças, principalmente pelo aumento insustentável das emissões antrópicas (MMA, 2024). Em virtude dessas altas emissões e dos impactos que podem causar, o mundo tem unido esforços para reduzir as emissões. Em 2015, vários países assinaram o Acordo de Paris na 21<sup>a</sup> Conferência das Partes (COP21), que tem como objetivo a redução da emissão de gases do efeito estufa, buscando manter a temperatura média mundial abaixo de 2 °C em relação aos níveis pré-industriais, somando esforços para limitar o aumento a 1,5 °C (Brasil, 2024).

Dentre as atividades humanas emissoras de GEE no Brasil, a agropecuária tem apresentado um alto potencial de emissão desses gases, principalmente pelas ações com foco na pecuária de corte e utilização de fertilizantes (Lopes, 2024). Além de ser um dos setores que mais emitem esses gases, também é uma das atividades que mais sofrem com os impactos das mudanças climáticas oriundas dessas emissões. As mudanças no regime das chuvas, ventos e aumento da temperatura global influenciam drasticamente na produção agrícola, causando baixa produtividade, alterações nas sazonalidades dos preços, deslocamento de áreas de cultivos, dentre outros impactos (Freitas *et al.*, 2016).

A agropecuária do Maciço de Baturité, região localizada no estado do Ceará, é baseada principalmente em atividades que envolvem a bananicultura e cajucultura, além da produção de culturas tradicionais como milho, feijão, fava, e hortaliças em geral. Em relação a produção animal, tem como destaque a bovinocultura, suinocultura e caprinovinocultura (IBGE, 2017). A região é composta por 13 municípios, Acarape, Aracoiaba, Aratuba, Barreira, Baturité, Capistrano, Guaramiranga, Itapiúna, Mulungu, Ocara, Pacoti, Palmácia e Redenção (Ceará, 2019), sendo dividida por três sub-regiões, a sub-região serrana, a sub-região vales/sertão e a sub-região de transição (sertão/litoral) (IPECE, 2011).

Diante do exposto, a avaliação desse setor permitirá identificar as principais fontes de emissão na região, fornecendo informações para a tomada de decisões por parte de governantes, gestores públicos e empresas. Auxiliando assim na implementação de políticas e medidas efetivas de mitigação das emissões e adaptação às mudanças climáticas, como também cooperar no planejamento urbano sustentável, considerando aspectos como o zoneamento adequado, o uso de energias renováveis e a preservação de áreas verdes. Além de contribuir para a conscientização da população sobre a importância da redução dessas emissões, promovendo a adoção de práticas sustentáveis e a preservação do meio ambiente na região.

O presente trabalho tem por objetivo geral avaliar a evolução das emissões de gases de efeito estufa pelo setor agropecuário na região do Maciço de Baturité, e como objetivos específicos: avaliar as principais fontes de emissões, como cultivos de arroz, fermentação entérica, manejo de dejetos animais e manejo de solo.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 GASES DE EFEITO ESTUFA**

O dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) é o principal GEE emitido pelo Brasil, entretanto, o metano (CH<sub>4</sub>) e o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) apresentam uma capacidade maior de causar poluição. No setor agropecuário, o dióxido de carbono é emitido principalmente pelo desmatamento e queima de biomassa e emissões por veículos agrícolas, o gás metano é emitido principalmente pela fermentação entérica de ruminantes e decomposição de matéria orgânica, e o óxido nitroso é emitido em decorrência do manejo do solo (Freitas *et al.*, 2016).

Apesar de ser um processo natural, as altas concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera, devido a capacidade desses gases de absorverem e emitirem radiação térmica, influenciam na temperatura do planeta, causando o aquecimento global. Por sua vez, o aquecimento global é responsável por diversas mudanças climáticas, que são um conjunto de alterações no estado do clima, identificados tanto por mudanças nas médias das variáveis climáticas, quanto na variabilidade das propriedades do clima que persistem por longos períodos (Embrapa, 2014). Alteração dos padrões climáticos, fazem com que ocorram eventos climáticos extremos, como chuvas intensas ou escassas, secas, veranicos, inundações, dentre outros (De oliveira *et al.*, 2023)

Considera-se que as discussões sobre o aquecimento global no âmbito público se iniciaram no final dos anos 1980 e começo dos 1990 (Fleury; Miguel; Taddei, 2019). Porém, a emissão de gases de efeito estufa tem ganhado atualmente notoriedade na mídia, como consequência do comprometimento com a mitigação da emissão dos GEE, estabelecidos pelos tratados e acordos (Musarra; Cardozo, 2023).

O Brasil, como um dos países assinantes do Acordo de Paris, estabelecido em 2015, comprometeu-se em sua Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC), a reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 37% em 2025, e 43% em 2030, em relação aos níveis de emissões estimados para o ano de 2005 (Brasil, 2024).

A nível nacional, o Brasil conta com a Política Nacional Sobre Mudança do Clima (PNMC), instituída pela Lei nº 12.187/2009, que visa garantir o desenvolvimento sustentável, auxiliando no alcance as metas de redução estabelecidas no Acordo, através do desenvolvimento de planos setoriais de mitigação e adaptação nos âmbitos local, regional e nacional (MMA, 2024)

## **2.2 AGROPECUÁRIA**

A agropecuária brasileira é muito diversa, destacando-se como uma fonte de renda primária para grande parte da população rural, gerando novas oportunidades de trabalho e renda

local (Santos; Amarante; Amarante, 2023). Além da renda, a agropecuária é essencial para a produção de alimentos, fibras, bioenergia e água é essencial para satisfazer a crescente demanda mundial (Suela *et al.*, 2024).

Apesar dos efeitos econômicos positivos, em decorrência do seu processo produtivo, a agropecuária está entre as principais responsáveis pela emissão de gases de efeito estufa no país (Santos; Amarante; Amarante, 2023), sendo o responsável de maneira direta e indiretamente por variações nos processos climáticos e na qualidade dos recursos naturais do país (Fachinetto; Brisola, 2018).

De acordo com o Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), a emissão do setor agropecuário foi de 631,2 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>e (dióxido de carbono equivalente), 2,2% maior que no ano anterior, com 617,8 milhões de toneladas, sendo proveniente principalmente da fermentação entérica, tratamento e da destinação dos dejetos animais, cultivo de arroz irrigado, queima de resíduos agrícolas, e do manejo dos solos agrícolas (SEEG, 2023).

Para que se alcancem as metas estabelecidas nos acordos e nos planos de desenvolvimentos sustentáveis para os diversos setores de emissão, as ações para a redução das emissões não podem ser aplicadas de maneira uniforme, já que o Brasil é um país muito heterogêneo, principalmente em relação a agropecuária, com uma diversidade de produtores rurais e sistemas de produção (Pinto, 2015).

Segundo Freitas *et al.* (2016), em decorrência dessa heterogeneidade, como nos aspectos socioeconômicos e edafoclimáticos que a agropecuária brasileira está inserida, os produtores rurais têm acessos desiguais as tecnologias, ao mercado de insumos e produtos e aos recursos creditícios. Essas desigualdades fazem com que alguns produtores sejam mais vulneráveis as mudanças climáticas.

### **2.3 SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA (SEEG)**

O Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG) é uma plataforma online de dados de emissões de gases de efeito estufa no Brasil. A plataforma disponibiliza dados de emissões a nível nacional, estadual e municipal, além de dados para as emissões nos biomas presentes no Brasil, considerando 5 setores de emissão, que são a agropecuária, energia, mudanças de uso da terra, processos industriais e resíduos.

São considerados nas emissões os principais gases de efeito estufa, como dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) e os hidrofluorcarbonos (HFCs), além do  $\text{CO}_2\text{e}$  (dióxido de carbono equivalente), tanto na métrica GWP (potencial de aquecimento global) quanto GTP (potencial de mudança de temperatura global). Dentro do setor agropecuário são consideradas 4 categorias: fermentação entérica, manejo de dejetos animais, cultivo de arroz, queima de resíduos agrícolas e solos manejados (incluem as emissões de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) de calagem e aplicação de ureia)

A fermentação entérica A fermentação entérica é um processo digestivo de herbívoros ruminantes como bovinos, búfalos, ovelhas e cabras, que é realizada no rúmen, onde microrganismos anaeróbios (bactérias, protozoários e fungos) degradam os nutrientes alimentares, gerando alguns compostos, dentre eles o  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$  (Berndt, 2015). Os animais herbívoros não ruminantes (equinos, muas e asininos) também são considerados na categoria (SEEG, 2023). Nesses animais o metano é produzido no ceco, e apresenta uma menor fermentação, em decorrência da menor quantidade de nutrientes fermentescíveis que chega a esse compartimento, sendo considerada uma emissão não significativa em relação aos animais ruminantes (Berndt, 2015)

O manejo de dejetos de animais está relacionado ao armazenamento, tratamento e utilização agrícola dos mesmos, sendo comuns os manejos com lagoas ou esterqueiras, biodigestores, empilhamento dos dejetos sólidos, compostagem, sendo o metano ( $\text{CH}_4$ ) o principal gás emitido nesse processo (Picharillo; Faria, 2020). No manejo de dejetos animais, além dos animais participantes da fermentação entérica, são acrescentados dados de aves e suínos.

No Brasil, o cultivo de arroz é produzido no sistema irrigado e de sequeiro, sendo que o primeiro aumenta a disponibilidade de nutrientes e pH de solos ácidos (Silva, 2020). Entretanto, apesar dos benefícios, os cultivos de arroz em sistema de inundação (anaeróbica), emitem grande parte de gases de efeito estufa, principalmente  $\text{CH}_4$  (metano) e  $\text{N}_2\text{O}$  (óxido nitroso), já os cultivos aeróbicos emitem mais  $\text{N}_2\text{O}$  (Embrapa, 2017). Essas emissões são consequência da degradação da matéria orgânica por microrganismos anaeróbicos e pelos processos do que ocorrem no solo pela adição de fertilizantes nitrogenados (Silva, 2020). Os solos manejados consideram dentre outros, a adubação orgânica, dejetos em pastagens e fertilizantes sintéticos.

### **3 METODOLOGIA**

A abordagem utilizada foi a quantitativa, permitindo a coleta e análise de dados numéricos relacionados a emissão de gases do efeito estufa na referida região. Além da aplicação de procedimento documental, através da análise de documentos oficiais disponíveis em sites, e exploração de artigos e trabalhos acadêmicos sobre o tema.

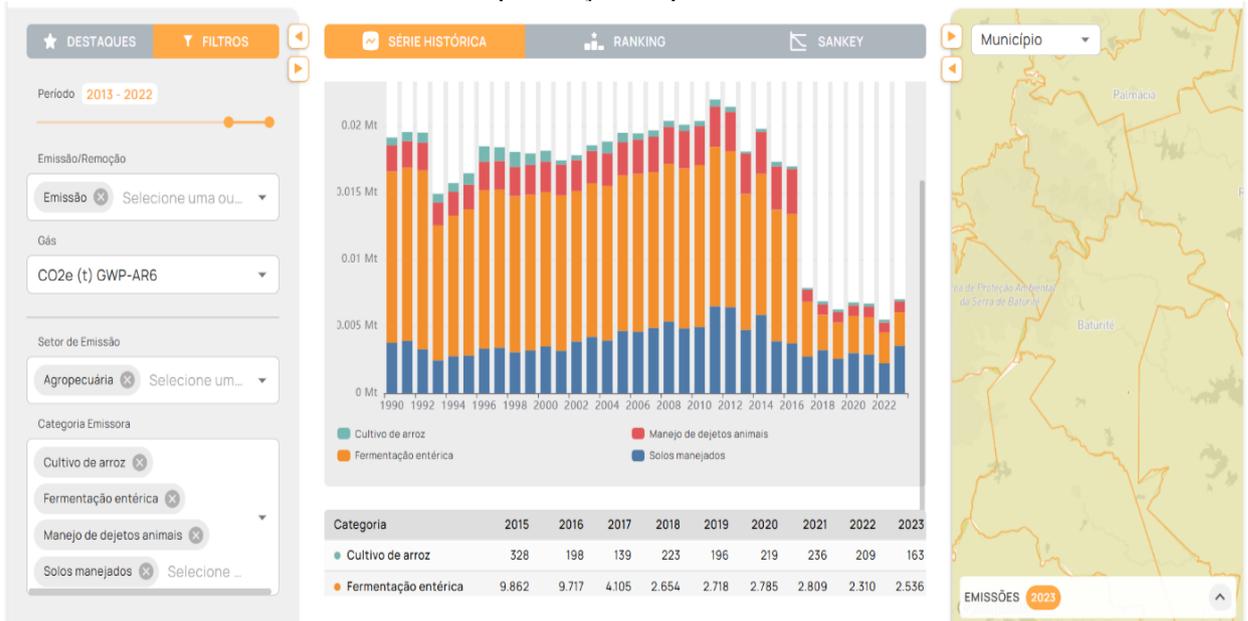
### **3.1 BASE DE DADOS**

Os dados de emissão de gases de efeito estufa nos municípios do Maciço de Baturité foram coletados da plataforma digital do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG) (SEEG, 2025). As estimativas da plataforma são baseadas em diretrizes do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) (IPCC, 2023), com base na metodologia dos Inventários Brasileiros de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases do Efeito Estufa, que foi elaborado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), e em dados obtidos junto a relatórios governamentais, institutos, centros de pesquisa, entidades setoriais e organizações não governamentais, sendo possível encontrar dados nacionais, estaduais e municipais sobre as diversas fontes de emissões de gases de efeito estufa.

A plataforma conta com dados de emissões de 1990 a 2023, sendo o intervalo para análise escolhido em virtude de representar os últimos 10 anos (2013 a 2023) de emissões para a região, possibilitando identificar padrões e tendências significativos, avaliando aumentos, reduções ou estabilidade nos níveis de emissões, como também por incluir marcos importantes da política climática, como o Acordo de Paris, firmado em 2015, na 21ª Conferência das Partes (COP21).

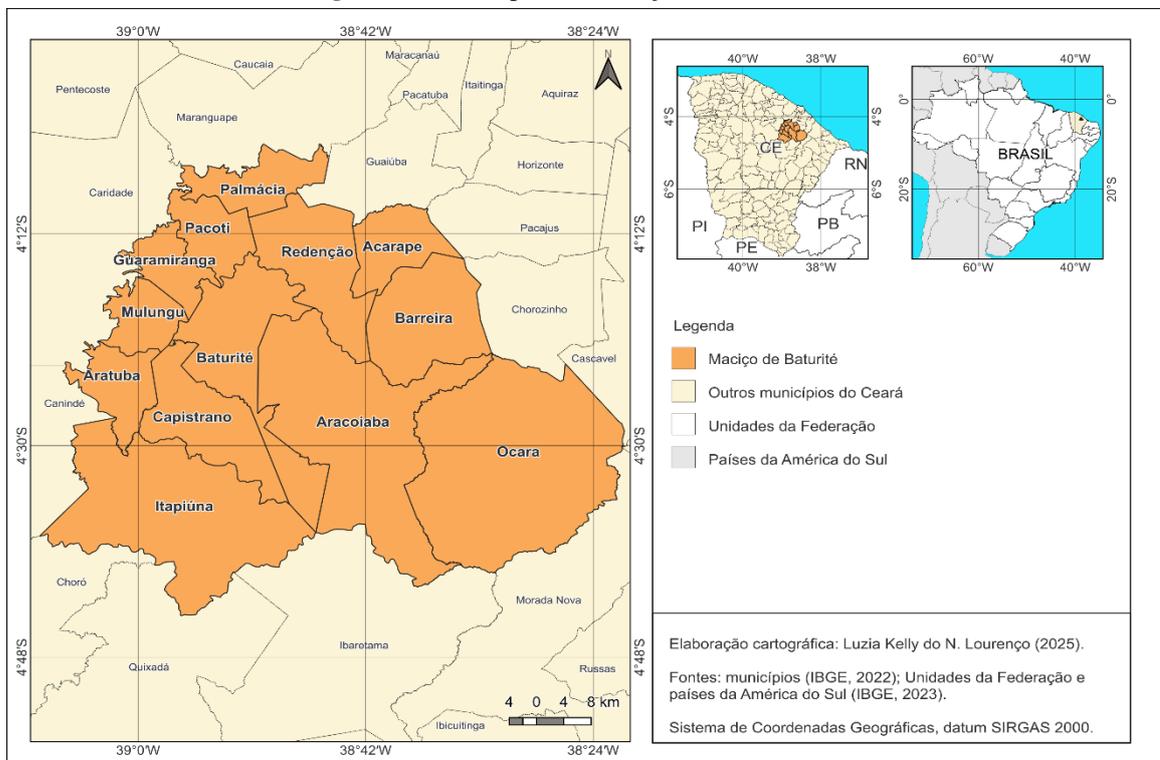
A coleta de dados sobre a emissão de gases de efeito estufa na plataforma foi realizada para os 13 municípios que compõem o Maciço de Baturité conforme a Figura 1, sendo eles Acarape, Aracoiaba, Aratuba, Barreira, Baturité, Capistrano, Guaramiranga, Itapiúna, Mulungu, Ocara, Pacoti, Palmácia e Redenção (Figura 2), para as seguintes variáveis: agropecuária (setor de emissão) e cultivos de arroz, fermentação entérica, manejo de dejetos animais e solos manejados (categorias de emissões).

**Figura 1** – Coleta de dados de emissão de gases de efeito estufa para o município de Baturité-CE conforme especificações na plataforma SEEG



Fonte: Elaborado pela autora com base em SEEG (2025)

**Figura 2** – Municípios do Maciço de Baturité, Ceará, Brasil.



Fonte: Elaborado pela autora com base em IBGE (2025)

Foi utilizado o CO<sub>2</sub>e (t) (dióxido de carbono equivalente por tonelada) GWP (Potencial de Aquecimento Global) - AR6 (6º Ciclo de Avaliação) para analisar as emissões, que é a

transformação de todos os gases estimados na mesma unidade em seu equivalente de CO<sub>2</sub> conforme a Tabela 1. O GWP é o potencial de aquecimento global mais utilizado atualmente, enquanto a AR6 versa sobre o impacto das atividades humanas no aumento da temperatura na terra, sendo o AR6 o mais atual emitido pelo IPCC.

**Tabela 1** - equivalência dos gases CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O em relação ao CO<sub>2</sub> em termos de potencial de aquecimento Global (GWP) para a AR6.

Gás	GWP - AR6
CO <sub>2</sub>	1
CH <sub>4</sub>	27
N <sub>2</sub> O	273

Fonte: Elaborado pela autora com base em SEEG (2025)

A estimativa da emissão de gases de efeito estufa da plataforma é baseada nos fatores de emissão dos relatórios de referência do Inventário Nacional, que estima as emissões de acordo com as atividades realizadas no país, suas categorias e subcategorias. Também são usados pela plataforma dados de empresas públicas, como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações (MCTIC), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), através dos Relatórios Agrícolas Municipais, dentre outros órgãos públicos e empresas privadas de outros setores relevantes. Para a avaliação dos dados de emissão no trabalho, também foram utilizadas informações do último censo agropecuário (2017) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), sobre cultivos e produção animal.

Os dados da emissão de gases do efeito estufa foram analisados utilizando o software Excel, com o objetivo de agrupar os dados em gráficos referentes ao setor e categorias de emissão considerado e seu quantitativo anual, para os 13 municípios da região. Após a análise, utilizou-se os resultados para embasar as discussões sobre o tema baseado em artigos, trabalhos acadêmicos e relatórios públicos.

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

De acordo com a Figura 3, a emissão de gases de efeito estufa pela agropecuária no Maciço de Baturité foi maior no ano de 2014, quando apresentou uma emissão de 187.236 t de CO<sub>2</sub>e anual. Nos anos subsequentes, a emissão variou entre 131.676 e 161.866 t de CO<sub>2</sub>e,

voltando a subir no ano de 2023, com um total de 176.867 t de CO<sub>2</sub>e, apenas 3,73% menor em comparação com o ano de 2013.

**Figura 3** – Estimativa da emissão de gases de efeito estufa para o Maciço de Baturité - CE (2013 – 2024)



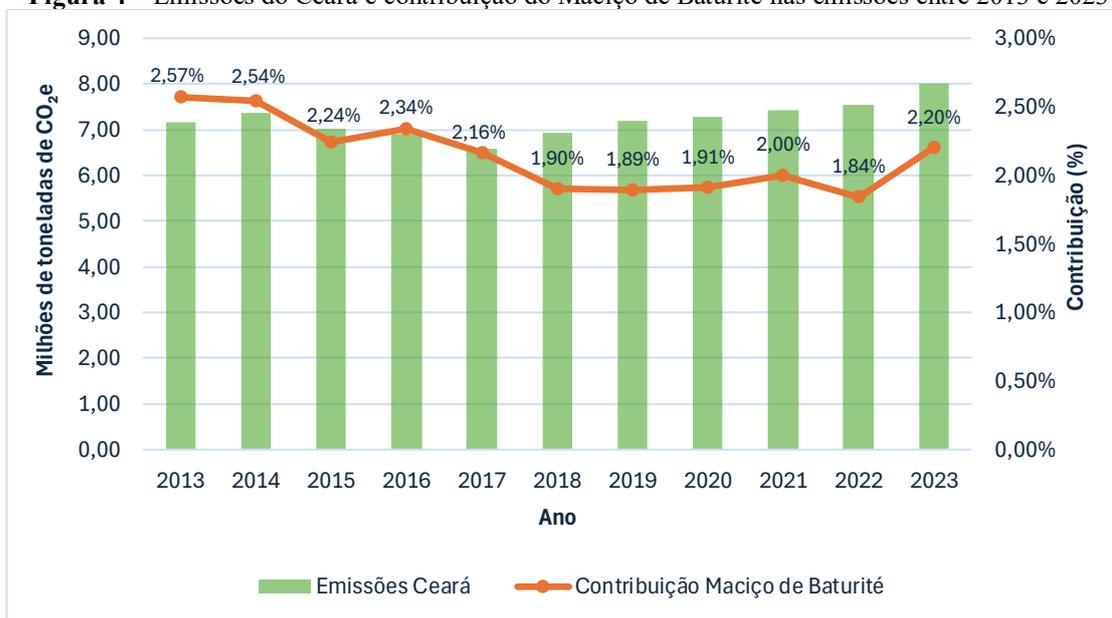
Fonte: Elaborado pela autora com base em SEEG (2025)

Essa redução ocorrida em 2015 e a tendência de permanência em níveis mais baixos de emissões em relação a 2014 até o ano de 2022 pode ser atribuída, em grande parte, ao impacto das políticas ambientais globais, especialmente o Acordo de Paris, assinado em 2015. O compromisso do Brasil, assim como de outros países, de reduzir suas emissões de GEE pode ter impulsionado a adoção de práticas mais sustentáveis no setor agropecuário para o estado, como o uso de tecnologias mais eficientes e práticas agrícolas que mitigam os impactos ambientais.

As emissões voltaram a subir de maneira mais expressiva em 2023, aumento este que pode estar diretamente relacionado ao crescimento do efetivo de rebanho bovino no estado, que é uma importante fonte de emissão de gases de efeito estufa. Em 2022, o rebanho bovino no Ceará era de 2.681.690 cabeças, e em 2023 esse número subiu para 2.772.173 cabeças, representando um aumento de aproximadamente 3,37% (IBGE, 2023)

Em relação as emissões do Ceará para o mesmo setor, a agropecuária do Maciço de Baturité obteve sua maior contribuição em 2013, representando 2,57% do total emitido para o ano no estado. A menor contribuição ocorreu em 2022, com 1,84% do total. As emissões do estado se mantiveram abaixo de 8,0 milhões de t de CO<sub>2</sub>e de 2013 a 2022, tendo um aumento no ano de 2023, totalizando 8,02 milhões t de CO<sub>2</sub>e (Figura 4).

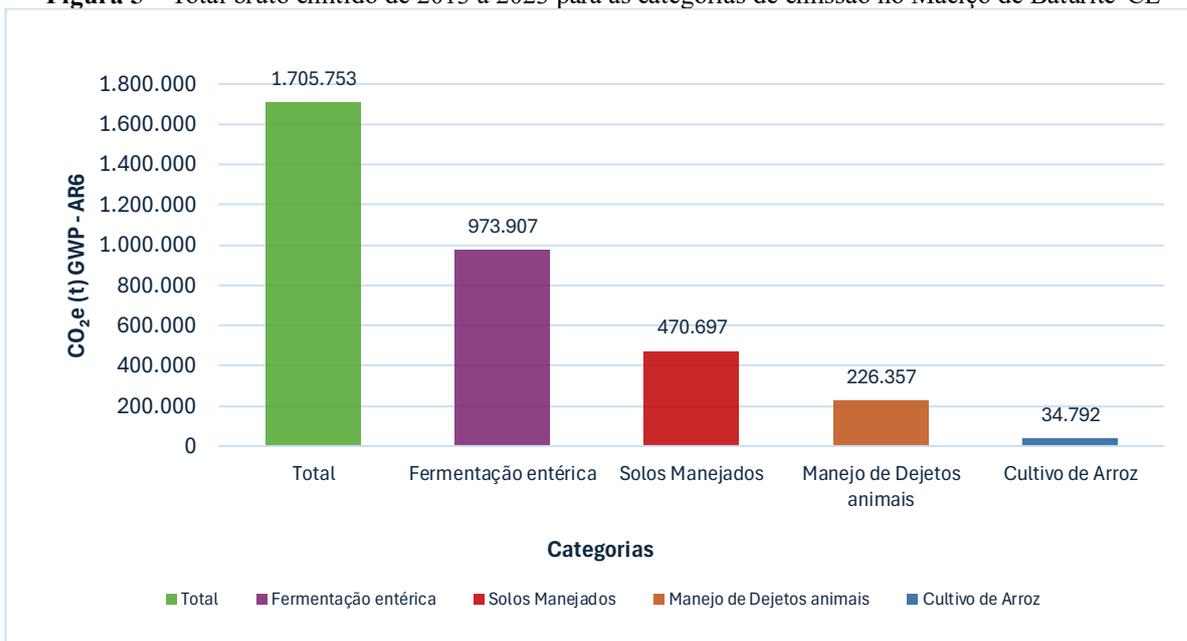
**Figura 4** – Emissões do Ceará e contribuição do Maciço de Baturité nas emissões entre 2013 e 2023



Fonte: Elaborada pela autora com base em SEEG (2025)

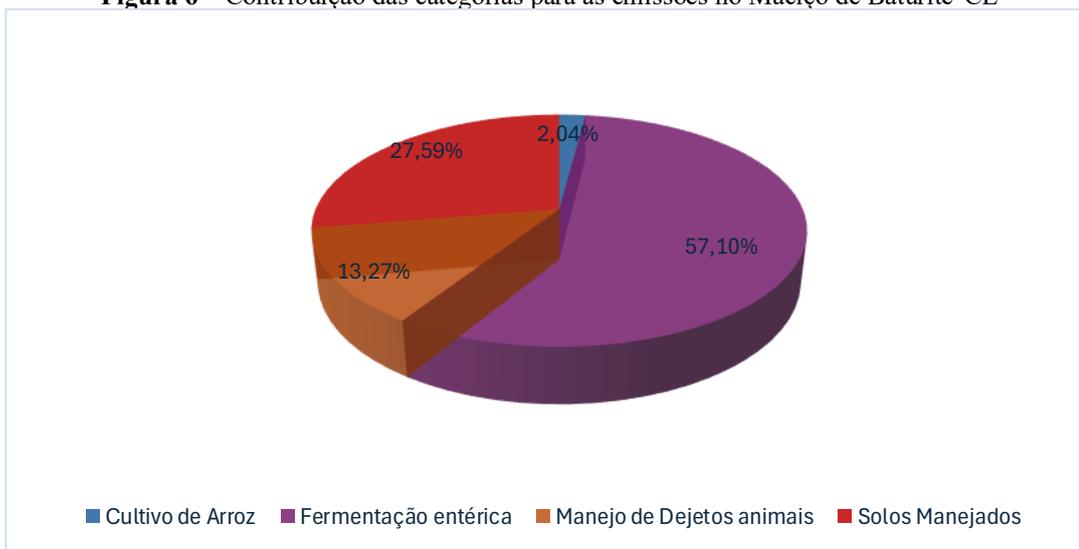
A emissão total de gases de efeito estufa para o setor agropecuário é realizada pelo somatório da emissão para quatro categorias: cultivo de arroz, fermentação entérica, manejo de dejetos animais e solos manejados. No Maciço de Baturité, levando em consideração o total emitido entre os anos de 2013 e 2024, a fermentação entérica entra em destaque, contribuindo com uma parcela significativa das emissões, correspondendo a 57,10% do total. A categoria de solos manejados também apresentou contribuição relevante, representando 27,59% do total. A menor contribuição foi verificada no cultivo de arroz (2,04%) (Figura 5 e 6).

**Figura 5** – Total bruto emitido de 2013 a 2023 para as categorias de emissão no Maciço de Baturité-CE



Fonte: Elaborado pela autora com base em SEEG (2025)

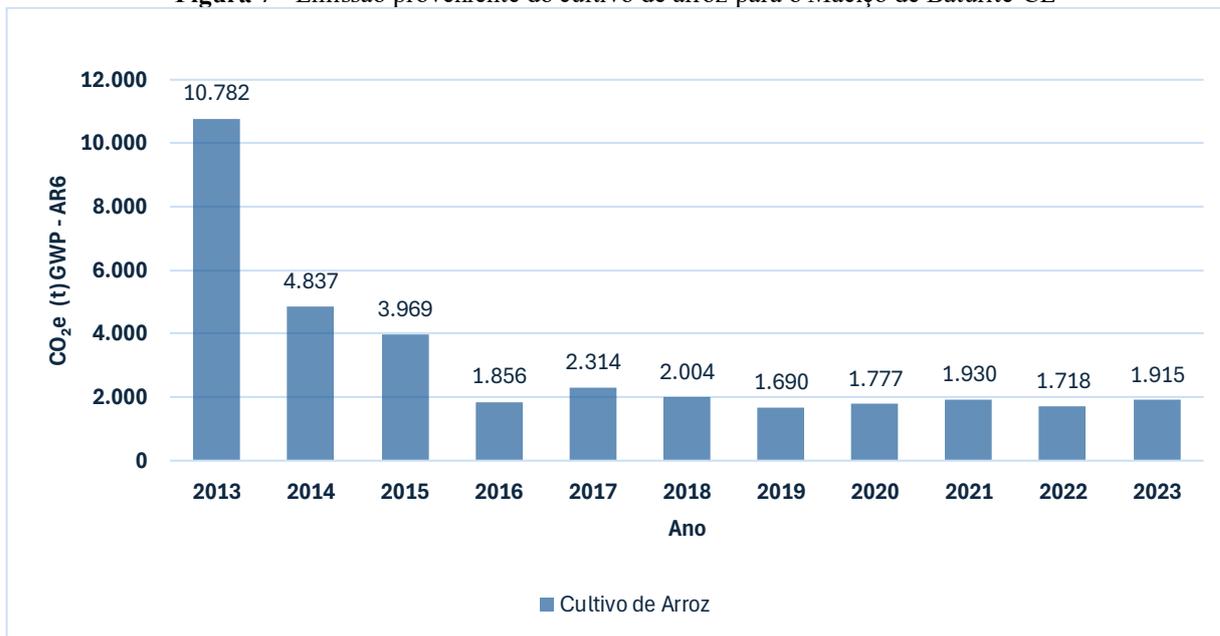
**Figura 6** – Contribuição das categorias para as emissões no Maciço de Baturité-CE



Fonte: Elaborado pela autora com base em SEEG (2025)

A Figura 7 mostra os dados de emissão dos cultivos de arroz para a região. No ano de 2013, as emissões chegaram a contabilizar 10.782 t de CO<sub>2</sub>e, caindo mais da metade em 2014, chegando a 4.837 t de CO<sub>2</sub>e. A menor emissão foi registrada em 2022 (1.718 t de CO<sub>2</sub>e). A cidade do Maciço que mais emitiu gases de efeito estufa proveniente de cultivos de arroz foi Redenção, 9.327 t de CO<sub>2</sub>e do total, o que corrobora com dados do último censo agropecuário de 2017, que lista a cidade com a maior produção de arroz do Maciço, com uma produção de 577 t de arroz com casca, e 362 hectares colhidos (IBGE, 2017).

**Figura 7** - Emissão proveniente do cultivo de arroz para o Maciço de Baturité-CE



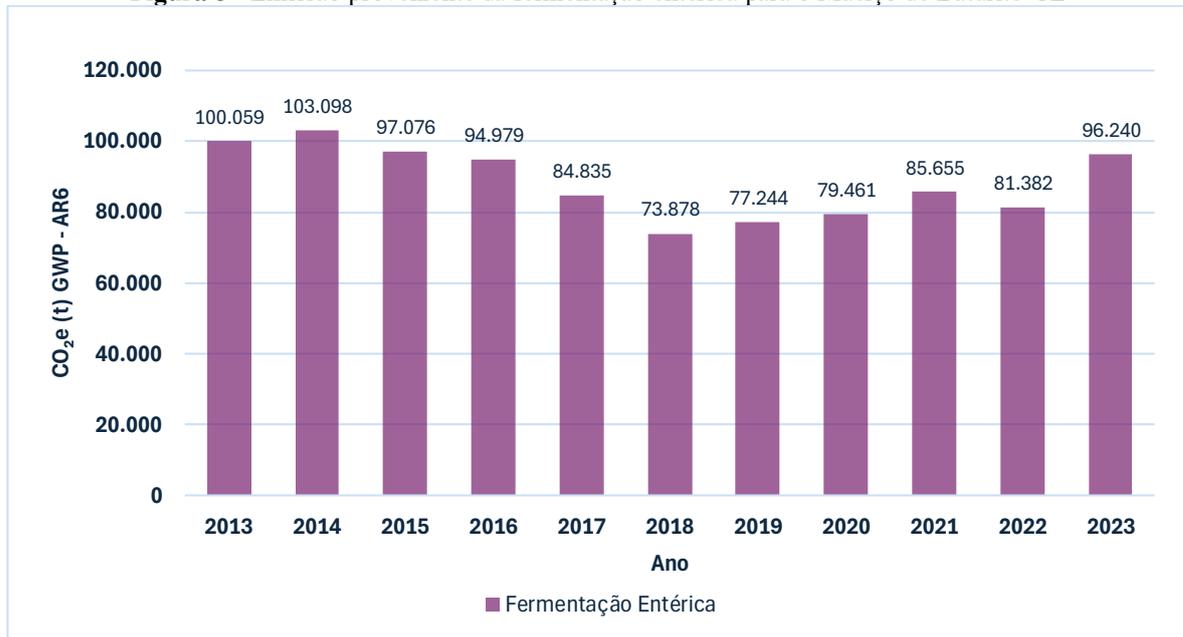
Fonte: Elaborado pela autora com base em SEEG (2025)

A redução das emissões no ano de 2015 pode ser explicada pela redução significativa as áreas plantadas da cultura no Maciço de Baturité. Segundo dados da pesquisa da Produção Agrícola Municipal (PAM), houve uma redução de 4.298 hectares de área plantada de arroz em 2013, para 1.961 hectares em 2014 (IBGE, 2023). Além da diminuição das áreas plantadas, na região a produção de arroz ocorre predominantemente no sistema de sequeiro (sem irrigação), o que contribuiu para uma menor taxa de emissão de GEE pela categoria na região.

O manejo da irrigação através da utilização de inundação intermitente e aspersão tem a capacidade de reduzir em até 70% as emissões de gases de efeito estufa pelos cultivos de arroz, assim como também a utilização de fertilizantes de liberação controlada, reduzindo a emissão de óxido nitroso e amônia (Embrapa, 2022).

Entre as categorias avaliadas para o Maciço, a fermentação entérica foi a que mais contribuiu nas emissões. De acordo com a Figura 8, que apresenta a emissão de gases de efeito estufa pela fermentação entérica anual entre 2013 e 2023, a região emitiu em 2014 103.098 t de CO<sub>2</sub>e. Nos anos seguintes as emissões caíram, permanecendo abaixo de 90.000 t de CO<sub>2</sub>e de 2017 a 2022. Em 2023 voltou a ultrapassar as 90.000 t, chegando a 96.240 t de CO<sub>2</sub>e.

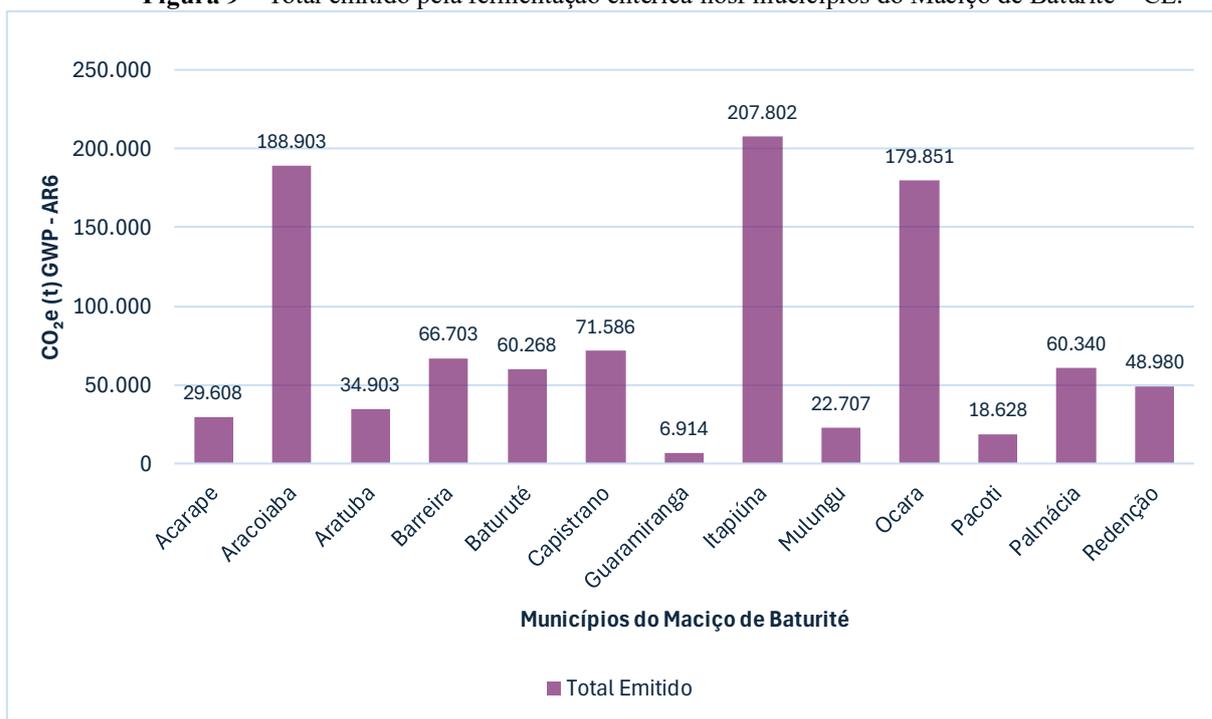
**Figura 8** - Emissão proveniente da fermentação entérica para o Maciço de Baturité-CE



Fonte: Elaborado pela autora com base em SEEG (2025)

Os municípios do Maciço de Baturité que mais emitiram gases em números totais para os anos avaliados provenientes da fermentação entérica foram, Itapiúna (207.802 t de CO<sub>2</sub>e), Aracoiaba (188.903 t de CO<sub>2</sub>e) e Ocara (179.851 t de CO<sub>2</sub>e) (Figura 9). Segundo dados do último censo agropecuário, os três municípios somaram os maiores quantitativos de animais ruminantes (bovinos, caprinos e ovinos), computando 42.717 cabeças em 2017 (IBGE, 2017).

**Figura 9** – Total emitido pela fermentação entérica nos municípios do Maciço de Baturite – CE.



Fonte: Elaborado pela autora com base em SEEG (2025)

Segundo Fachinetto e Brisola (2018), dietas mais adequadas e balanceadas reduzem a emissão de metano pelo rúmen. Uma estratégia que pode ser aplicada é a utilização de forrageiras nativas na alimentação animal, o que reduz, em determinado momento a emissão de metano (CH<sub>4</sub>) (Alves *et al.*, 2018).

Em relação ao manejo de dejetos animais, houve um crescimento da emissão de 2013 a 2016. Em 2016, a emissão estimada foi de 25.876 t de CO<sub>2</sub>e, a maior registrada, caindo no ano seguinte para 15.849 t de CO<sub>2</sub>e (Figura 10).

**Figura 10** - Emissão Proveniente do Manejo de dejetos animais para o Maciço de Baturité-CE



Fonte: Elaborado pela autora com base em SEEG (2025)

As cidades que mais contribuíram para a emissão de gases de efeito estufa para a categoria analisada foram os municípios de Aracoiaba, Itapiúna e Ocara, que juntas emitiram 96.567 t de CO<sub>2</sub>e, uma vez que são os maiores produtores de animais do Maciço de Baturité.

Algumas práticas auxiliam na redução das emissões, como cita Silva *et al.*, (2020) em seus estudos, relatando que utilização de dejetos bovinos na produção de compostagem é uma alternativa que proporciona uma maior estabilização do material. Ainda segundo o mesmo autor, uma alternativa para o tratamento de dejetos animais é a construção de biodigestores, onde os dejetos destinados sofrem fermentação e produzem o biogás, que é utilizado como fonte de energia.

Em relação as emissões mais expressivas aconteceram em 2014 e 2023, com um total emitido de 55.230 t de CO<sub>2</sub>e e 55.742 t de CO<sub>2</sub>e respectivamente (Figura 11). Os valores emitidos foram mais altos nos Municípios de Aracoiaba, Itapiúna e Ocara, em decorrência do quantitativo animal, que contribuíram nos desejos de pastagens. Além desses, os municípios de Barreira e Baturité também apresentaram emissões expressivas, 38.834 t de CO<sub>2</sub>e e 38.421 t de CO<sub>2</sub>e respectivamente.

**Figura 11**– Emissão proveniente dos solos manejados para o Maciço de Baturité-CE



Fonte: Elaborado pela autora com base em SEEG (2025)

A fixação biológica de nitrogênio é um processo que envolve microrganismos denominados de diazotrófico, que podem estar em simbiose ou em vida livre (Silva, 2021). Esses microrganismos em simbiose podem se associar a plantas leguminosas, realizando a fixação do nitrogênio presente na atmosfera, sendo uma alternativa sustentável a utilização de fertilizantes, os quais contribuem para a emissão de gases de efeito estufa pelos solos manejados.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise das emissões de gases de efeito estufa (GEE) no Maciço de Baturité-CE revela a dinâmica de emissão para a região, sendo a fermentação entérica a fonte que mais se destacou dentre as avaliadas, representando 57,09% do total no período entre 2013 e 2023. A categoria que menos emitiu gases de efeito estufa na região foi o cultivo de arroz, o qual ocorre predominantemente em sistema de sequeiro, reduzindo a emissão de metano. Em relação aos manejos de dejetos animais e os manejos de solos, a emissão também se mostrou considerável, sendo os municípios de Aracoiaba, Itapiúna e Ocara, as maiores emissões, em vista do maior efetivo do rebanho animal.

Nos últimos 10 anos, as emissões de gases de efeito estufa no Maciço de Baturité se mostraram significativas para as categorias analisadas, dentro do setor da agropecuária. Esses

resultados de emissões colocam a região em uma posição estratégica no alcance das metas climáticas estabelecidas tanto a nível nacional quanto internacional. As práticas que envolvem o uso da terra e a pecuária se mostram importantes fontes de emissão de gases de efeito estufa na região, sendo necessário assim a aplicação de medidas que buscam reduzir as emissões pelo setor

As emissões podem ser mitigadas pela adoção de tecnologias que reduzam essas contribuições, como o manejo da irrigação, alimentação animal eficiente, construção de biodigestores e o uso de plantas leguminosas na fixação biológica de nitrogênio, agricultura de baixo carbono, ao manejo florestal sustentável. Além disso, a integração de políticas públicas que promovam a conscientização e a capacitação dos produtores rurais, como também o monitoramento constante das fontes de emissões, que também auxiliam na obtenção de resultados positivos.

## REFERÊNCIAS

ALVES, Aldivan Rodrigues; MEDEIROS, Ariosvaldo Nunes de; ANDRADE, Albericio Pereira de; FRIGHETTO, Rosa Toyoko Shiraishi; SILVA, Messias José Santos. A CAATINGA E A OPORTUNIDADE DE MITIGAÇÃO DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA PELA ATIVIDADE PASTORIL. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, [S.L.], v. 11, n. 2, p. 639, 29 jun. 2018. Centro Universitario de Maringa. <http://dx.doi.org/10.17765/2176-9168.2018v11n2p639-661>.

BERNDT, A. **EMISSÕES DE METANO POR FERMENTAÇÃO ENTÉRICA E MANEJO DE DEJETOS DE ANIMAIS**. 2015. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: [https://repositorio.mcti.gov.br/bitstream/mctic/5290/1/2015\\_emissoes\\_metano\\_fermentacao\\_enterica\\_manejo\\_dejetos\\_animais.pdf](https://repositorio.mcti.gov.br/bitstream/mctic/5290/1/2015_emissoes_metano_fermentacao_enterica_manejo_dejetos_animais.pdf). Acesso em: 20 jan. 2025.

BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÃO E COMUNICAÇÕES. **Acordo de Paris**. 2024. Disponível em: [http://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/acordo-de-paris-e-ndc/arquivos/pdf/acordo\\_paris.pdf](http://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/acordo-de-paris-e-ndc/arquivos/pdf/acordo_paris.pdf). Acesso em: 20 dez. 2024.

CEARÁ. **Planejamento Participativo e Regionalizado**. 2019. Disponível em: <https://www.seplag.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/14/2019/11/Caderno-Maci%20de-Baturit%20.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2024.

DE OLIVEIRA, Quintana, G.Q; Borges, C.D, Rodrigues, R.R. Panorama das emissões de gases de efeito estufa da região do MATOPIBA pelos usos da terra entre 2000 e 2019. *Sustentabilidade em Debate* n 12. Instituto de Manejo e Certificação Florestal e Agrícola (IMAFLOA), Piracicaba. 2023.

EMBRAPA. **Ciência desenvolve práticas que mitigam a emissão de gases de efeito estufa**

**no cultivo de arroz.** 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/77088002/ciencia-desenvolve-praticas-que-mitigam-a-emissao-de-gases-de-efeito-estufa-no-cultivo-de-arroz-irrigado>. Acesso em: 20 jan. 2025.

Embrapa. **Mudanças Climáticas e Agricultura.** 2014. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1076096/1/CLV17010.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2024.

Emissões de gases de efeito estufa em cultivo de arroz irrigado: efeito do manejo da adubação nitrogenada /Thaís Antolini Veçozzi... [et al.]. - Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2017.

FACHINETTO, Julhana Dias; BRISOLA, Marlon Vinícius. Evolução dos estudos sobre a produção de bovinos de corte e a emissão de gases de efeito estufa decorrente dessa atividade na região central do Brasil. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, [s. l.], v. 45, n. 1, p. 180-193, abr. 2018.

FLEURY, Lorena Cândido; MIGUEL, Jean Carlos Hochsprung; TADDEI, Renzo. Mudanças climáticas, ciência e sociedade. **Sociologias**, [S.L.], v. 21, n. 51, p. 18-42, ago. 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/15174522-0215101>.

FREITAS, Silene Maria de *et al.* ONTRIBUIÇÕES DO SETOR AGROPECUÁRIO PARA AS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO BRASIL 2010-2014. **Informações Econômica**, São Paulo, v. 46, n. 6, p. 27-43, dez. 2016.

GONDIM, Rubens Sonsol *et al.* **Mudanças Climáticas e Agricultura.** 2014. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1076096/1/CLV17010.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2025.

IBGE. **Censo Agropecuário 2017.** 2017. Disponível em: [https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo\\_agro/resultadosagro/index.html](https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/index.html). Acesso em: 23 jan. 2025.

IBGE. **MALHAS TERRITORIAIS.** 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>. Acesso em: 5 fev. 2025.

IPECE. **Perfil da Macrorregião de Baturité.** 2011. Disponível em: <https://www.seplag.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/14/2011/05/Perfil-Regional-Baturite.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2024.

JUNGES, Alexandre Luis *et al.* EFEITO ESTUFA E AQUECIMENTO GLOBAL: UMA ABORDAGEM CONCEITUAL A PARTIR DA FÍSICA PARA EDUCAÇÃO BÁSICA. **Experiências em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 13, n. 5, p. 126-151, 23 nov. 2018.

LOPES, J. A. S. V.; UEDA, R. M.; SOUZA, A. M. Análise dos impactos dos gases do efeito estufa da agropecuária brasileira por meio da análise de cluster e modelos autorregressivos vetoriais. **Revista de Gestão e Secretariado**, [S. l.], v. 15, n. 8, p. e3988, 2024. DOI: 10.7769/gesec. v15i8.3988. Disponível em: <https://ojs.revistagesec.org.br/secretariado/article/view/3988>. Acesso em: 22 jan. 2025.

Ministério do Meio Ambiente. **Efeito Estufa e Aquecimento Global.** Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/informma/item/195-efeito-estufa-e-aquecimento-global.html>.

Acesso em: 20 dez. 2024.

Ministério do Meio Ambiente. **Política Nacional sobre Mudança do Clima**. 2024. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/clima/politica-nacional-sobre-mudanca-do-clima.html>. Acesso em: 20 dez. 2024.

MUSARRA, R. M. L. M.; CARDOZO, R. G. Mitigação de emissões dos gases causadores do efeito estufa e o Shale Gas. **CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES**, [S. l.], v. 16, n. 7, p. 5731–5756, 2023. DOI: 10.55905/revconv.16n.7-032. Disponível em: <https://ojs.revistacontribuciones.com/ojs/index.php/clcs/article/view/1110>. Acesso em: 22 jan. 2025.

PICHARILLO, Maria Erika; FARIA, Fabrício Firmino de. **QUARTA COMUNICAÇÃO NACIONAL E RELATÓRIOS DE ATUALIZAÇÃO BIENAL DO BRASIL À CONVENÇÃO-QUADRO DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MUDANÇA DO CLIMA**. [S.N]: McTi, 2020. 142 p.

SANTOS, Diana de Oliveira; AMARANTE, Patrícia Araújo; AMARANTE, José Carlos Araújo. DIAGNÓSTICO DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA PELA PECUÁRIA PARAIBANA. **Caderno de Geografia**, [S.L.], v. 33, n. 75, p. 1359, 14 ago. 2023. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. <http://dx.doi.org/10.5752/p.2318-2962.2023v33n75p1359>.

SEEG. **AGROPECUÁRIA**. 2024. Disponível em: <https://imaflora.org/noticias/seeg-agropecuaria-foi-o-setor-que-mais-aumentou-emissoes-de-gases-do-efeito-estufa-em-2023>. Acesso em: 05 fev. 2025.

SEEG. **Emissões de Gases de Efeito Estufa**. 2015. Disponível em: [https://plataforma.seeg.eco.br/?\\_gl=1\\*1ixce3b\\*\\_ga\\*MTg1ODYzMjA5Mi4xNzM3OTc4NTQy\\*\\_ga\\_XZWSWEJDWQ\\*MTczNzk3ODU0MS4xLjAuMTczNzk3ODU0MS4wLjAuMA...](https://plataforma.seeg.eco.br/?_gl=1*1ixce3b*_ga*MTg1ODYzMjA5Mi4xNzM3OTc4NTQy*_ga_XZWSWEJDWQ*MTczNzk3ODU0MS4xLjAuMTczNzk3ODU0MS4wLjAuMA...) Acesso em: 26 jan. 2025.

SILVA, Giovana Tavares. **Emissões de Gases de Efeito Estufa de Cultivares de Arroz sob Irrigação por Inundação Contínua e Inter**. 2020. 75 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2020.

SILVA, José Antonio Ramos da *et al.* Tratamento de dejetos no Brasil: comparativo entre as técnicas de compostagem e biodigestores anaeróbios. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, [S.L.], v. 13, n. 2, p. 797-817, 11 abr. 2020. Centro Universitario de Maringa. <http://dx.doi.org/10.17765/2176-9168.2020v13n2p797-817>.

SILVA, L. F. da.; MALTEZ, M. A. P. da F.; OLIVEIRA, C. E. A.; GUSMÃO, Y. J. P.; SOUZA, M. A. de.; NASCIMENTO, J. A. C. do.; OLIVEIRA, C. P. de .; BUENO , O. C. de . Sustainability, family farming and public policies in Brazil: a literature review. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 4, p. e42310414220, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i4.14220. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/14220>. Acesso em: 22 jan. 2025.

SILVA, Leandro Israel da. **REVISÃO: A FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO E SUA APLICAÇÃO PARA UMA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL**. 2021. Disponível em:

file:///C:/Users/walli/Downloads/REVISAO.pdf. Acesso em: 19 jan. 2025.

SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA (SEEG). **ANÁLISE DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA E SUAS IMPLICAÇÕES PARA AS METAS CLIMÁTICAS DO BRASIL 1970-2023**. 2023. Disponível em: <https://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2024/11/SEEG-RELATORIO-ANALITICO-12.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2025.

SUELA, A. G. L.; SUELA, G. L.; BOGDEZEVICIUS, C. R.; FONTES, A. T. M.; ALMEIDA, E. R. de. Análise comparativa das emissões de gases de efeito estufa nas regiões do SEALBA e MATOPIBA. **Caderno Pedagógico**, [S. l.], v. 21, n. 9, p. e7410, 2024. DOI: 10.54033/cadpedv21n9-016. Disponível em: <https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/article/view/7410>. Acesso em: 22 jan. 2025.