



2024

# INVENTÁRIO

**GEE** GASES  
DE  
EFEITO  
ESTUFA

**CMAA**



Energia que transforma

## Sumário

.....	1
<b>ELABORAÇÃO</b> .....	3
<b>MENSAGENS PRINCIPAIS</b> .....	3
<b>SUMÁRIO EXECUTIVO</b> .....	5
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	7
<b>PERFIL ORGANIZACIONAL</b> .....	10
<b>DELIMITAÇÃO ORGANIZACIONAL E OPERACIONAL</b> .....	12
<b>FONTES DE EMISSÃO E CATEGORIAS DE GEE</b> .....	13
<b>METODOLOGIA DE CÁLCULO</b> .....	17
<b>CONSOLIDAÇÃO DOS RESULTADOS DAS EMISSÕES</b> .....	20
<b>RECOMENDAÇÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	23
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	25

## **ELABORAÇÃO**

O Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) foi elaborado pela equipe técnica e multidisciplinar da Inova Soluções Ambientais, em conjunto com as áreas de Sustentabilidade, Comunicação, Agrícola e Industrial da Companhia Mineira de Açúcar e Alcool - CMAA.

## **MENSAGENS PRINCIPAIS**

O presente inventário consolida as emissões diretas da Companhia Mineira de Açúcar e Alcool (CMAA), com ano-base de 2024 (período de 1º de janeiro a 31 de dezembro), seguindo os princípios e diretrizes estabelecidos pelo *GHG Protocol – Corporate Standard* e pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2006 *Guidelines*). Os fatores de emissão utilizados estão fundamentados no Quinto Relatório de Avaliação (AR5), considerando o potencial de aquecimento global a 100 anos (GWP100). Todas as emissões foram expressas em toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO<sub>2</sub>e).

A abordagem de controle operacional foi adotada como critério de delimitação organizacional. Foram incluídas todas as atividades agrícolas, industriais e administrativas das três unidades operacionais da CMAA localizadas em Minas Gerais.

O inventário contempla os escopos 1 e 2. O escopo 3 não foi incluído neste ciclo, uma vez que depende de fontes de dados externas ainda não padronizadas para apuração criteriosa. A inclusão progressiva do escopo 3 está prevista como meta de médio prazo. Esta delimitação está em conformidade com os referenciais metodológicos e garante consistência e rastreabilidade dos resultados apresentados.

Em relação ao inventário anterior, não foi realizada comparação direta, pois o ciclo anterior foi baseado no ano-safra, ao passo que este relatório adota o ano civil como novo padrão de recorte temporal.

A padronização a partir de 2024 visa garantir comparabilidade futura e maior alinhamento com *frameworks* regulatórios e mercadológicos.

As principais fontes de emissão identificadas no escopo 1 correspondem à combustão de combustíveis fósseis em máquinas agrícolas, veículos e equipamentos além do uso de fertilizantes nitrogenados nas áreas de cultivo. No escopo 2, as emissões derivam da energia elétrica adquirida da rede para uso nos processos industriais e nas instalações administrativas.

Tabela 1. Emissões de GEE - Escopos 1 e 2.

<b>EMISSÕES TOTAIS</b>	<b>TCO<sub>2</sub>e</b>
<b>Escopo 1</b>	109.445,41
<b>Escopo 2</b>	194,75
<b>Fontes móveis</b>	65.401,35
<b>Agrícola</b>	100.891,25
<b>Indústria</b>	4.954,91
<b>Unidade Vale do Tijuco (UVT)</b>	36.547,61
<b>Unidade Vale do Pontal (UVP)</b>	16.208,41
<b>Unidade Canápolis (UCP)</b>	12.645,33

Além da contabilização das emissões, o inventário identifica a contribuição positiva das Áreas de Preservação Permanente (APPs), Reservas Legais e práticas agrícolas conservacionistas adotadas pela CMAA, que favorecem a manutenção de estoques de carbono e a proteção dos solos contra erosão e degradação.

Tabela 2. Áreas de plantio, Reserva Legal e Áreas de Preservação Permanente (APP).

	<b>ÁREA AGRICULTÁVEL (ha)</b>	<b>RESERVA LEGAL (ha)</b>	<b>ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP) (ha)</b>
<b>Vale do Tijuco (UVT)</b>	73.241,04	27.141,22	16.316,67
<b>Vale do Pontal (UVP)</b>	33.513,03	9.155,03	2.400,57
<b>Canápolis (UCP)</b>	27.223,07	8.869,13	2.023,65
<b>TOTAL CMAA</b>	<b>133.977,14</b>	<b>45.165,38</b>	<b>20.740,89</b>

Quando consideradas as áreas de Reserva Legal (RL) e Áreas de Preservação Permanente (APPs) sob controle da CMAA, foi estimado um estoque total de carbono equivalente a 10.499.012,53 tCO<sub>2</sub>e.

## SUMÁRIO EXECUTIVO

O presente relatório apresenta o Inventário Corporativo de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) da Companhia Mineira de Açúcar e Alcool (CMAA), com ano-base de 2024 e cobertura integral das operações da companhia. O trabalho foi desenvolvido pela consultoria Inova Soluções Ambientais, em parceria com as áreas de Sustentabilidade, Agrícola e Industrial da CMAA, assegurando integração entre os dados operacionais e os critérios técnicos de cálculo.

Foram contempladas as três unidades operacionais da companhia:

- Canápolis Açúcar e Etanol S.A. (Canápolis – MG);
- Vale do Pontal Açúcar e Etanol S.A. (Limeira do Oeste – MG);
- Vale do Tijuco Açúcar e Alcool S.A. (Uberaba – MG).

A quantificação das emissões foi conduzida com base nas diretrizes do GHG Protocol – Corporate Standard, nos fatores de emissão das Diretrizes do IPCC (2006) e nos potenciais de aquecimento global do AR5 (100 anos).

O inventário contempla os escopos 1 e 2:

- O escopo 1 abrange as emissões diretas provenientes da queima de combustíveis em máquinas e veículos próprios, do uso de fertilizantes nitrogenados e de processos industriais.
- O escopo 2 inclui as emissões indiretas decorrentes da aquisição de energia elétrica da rede pública.

O escopo 3 não foi incluído neste ciclo, uma vez que depende da coleta estruturada de dados junto a fontes externas e fornecedores, o que comprometeria a precisão e a comparabilidade metodológica. Sua inclusão está prevista como meta futura.

Foi adotado o critério de controle operacional para a delimitação organizacional, assegurando rastreabilidade e coerência com os princípios de responsabilidade da companhia. A opção pelo ano civil de 2024 como base temporal substitui o modelo anterior (ano-safra) e permitirá, a partir deste ciclo, a consolidação de uma série histórica estável e comparável.

O objetivo principal deste inventário é estabelecer uma linha de base técnica e confiável para a gestão de emissões de GEE da CMAA, subsidiando a definição de metas de redução, o planejamento de medidas de mitigação, a elaboração do relatório de sustentabilidade, a participação em programas de certificação ambiental, como o RenovaBio, e a preparação para o acesso a instrumentos econômicos de mercado, como créditos de carbono. O inventário também serve como ferramenta de apoio à gestão de riscos climáticos e à adequação da companhia frente a marcos regulatórios nacionais e internacionais.

O relatório também considera aspectos qualitativos relacionados à mitigação, como a presença de Áreas de Preservação Permanente (APPs) e Reservas Legais, além de práticas de manejo conservacionista, que favorecem a manutenção de estoques de carbono no solo.

Este inventário fornece base técnica para a governança climática corporativa, para o cumprimento de marcos regulatórios como a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) e o Acordo de Paris, bem como para certificações setoriais como o RenovaBio e a Bonsucro. Também apoia o cálculo de intensidade de emissões pelo RenovaCalc, a transparência nos relatórios de sustentabilidade e o monitoramento de riscos climáticos com potencial de impacto nas operações e na reputação da companhia.

## **INTRODUÇÃO**

A intensificação dos eventos climáticos extremos, o aumento da temperatura média global e os impactos sobre sistemas naturais e produtivos consolidaram as mudanças climáticas como um dos maiores desafios contemporâneos. O acúmulo de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera, resultante sobretudo da queima de combustíveis fósseis, do uso da terra e da atividade industrial, tem provocado alterações no balanço energético do planeta, com efeitos significativos sobre a biodiversidade, a segurança hídrica, a produção agrícola e a saúde humana.

Diante desse cenário, a comunidade internacional estabeleceu em 1992 a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), com o objetivo de estabilizar as concentrações de GEE em níveis que evitem interferências perigosas no sistema climático. No âmbito dessa Convenção, sucessivos acordos multilaterais foram firmados, culminando no Acordo de Paris, adotado em 2015, que estabeleceu como meta global limitar o aumento da temperatura média do planeta a bem menos de 2°C, com esforços para restringi-lo a 1,5°C em relação aos níveis pré-industriais.

O Brasil ratificou o Acordo de Paris e definiu suas metas por meio das Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs), em consonância com a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC).

A operacionalização dos compromissos nacionais se dá por meio da elaboração e atualização periódica dos Inventários Nacionais de Emissões e Remoções de GEE, coordenados pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Esses documentos são estruturados conforme as diretrizes metodológicas do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC), utilizando uma classificação setorial composta por:

- Energia: combustão de combustíveis fósseis, transporte, geração elétrica e consumo energético em residências e indústrias;
- Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU): emissões associadas a processos químicos e vazamentos de gases industriais;
- Agropecuária: fermentação entérica, uso de fertilizantes nitrogenados, cultivo de arroz e emissões do solo;
- Mudança de Uso da Terra e Florestas (MUT): desmatamento, reflorestamento, manejo florestal e conversão de uso do solo;
- Resíduos: disposição de resíduos sólidos urbanos e tratamento de efluentes líquidos.

Paralelamente aos esforços governamentais, as organizações privadas passaram a desempenhar papel relevante na quantificação de suas emissões, seja por exigência de programas regulatórios, seja por compromissos voluntários de sustentabilidade e governança climática. Nesse contexto, os inventários corporativos são desenvolvidos com base em metodologias consolidadas, como o GHG Protocol – Corporate Standard e a norma ABNT NBR ISO 14064-1:2018, que orientam a contabilização e o reporte de emissões organizacionais. Essas metodologias classificam as emissões em três escopos:

- Escopo 1: emissões diretas de fontes que pertencem ou são controladas pela organização;
- Escopo 2: emissões indiretas associadas à compra de eletricidade;

- Escopo 3: todas as demais emissões indiretas ao longo da cadeia de valor, que não são de propriedade nem controle direto da organização.

A elaboração de inventários empresariais consolidados se tornou uma ferramenta estratégica para apoiar a gestão de riscos climáticos, subsidiar relatórios ESG, atender aos requisitos de certificações setoriais como o RenovaBio e a Bonsucro, e preparar a organização para a entrada em mecanismos de precificação de carbono e programas de descarbonização.

### *O setor sucroenergético no enfrentamento das mudanças climáticas*

O setor sucroenergético brasileiro ocupa posição estratégica no contexto das mudanças climáticas, tanto pela sua capacidade de produzir energia a partir de fontes renováveis quanto pelo potencial de remoção e fixação de carbono em escala significativa. A cana-de-açúcar constitui uma das matérias-primas mais eficientes para a geração de bioenergia, apresentando elevada produtividade por hectare e alternativas para múltiplas rotas de conversão energética.

A produção de etanol hidratado e anidro, utilizados como biocombustíveis veiculares, contribui diretamente para a redução das emissões de gases de efeito estufa ao substituir combustíveis fósseis na matriz energética nacional. A cogeração de energia elétrica a partir da queima do bagaço e da palha da cana em sistemas de alta eficiência térmica representa outro eixo relevante de mitigação, ao produzir eletricidade com baixa intensidade de carbono e reduzir a dependência de fontes convencionais.

Além da substituição de combustíveis, o setor apresenta contribuição relevante na remoção de carbono da atmosfera por meio da fotossíntese nas lavouras e da manutenção de estoques de carbono no

solo, favorecida por práticas agrícolas conservacionistas, como o plantio direto e a rotação de culturas. O aproveitamento de vinhaça, torta de filtro e outros subprodutos como insumos agrícolas também colabora com a circularidade de nutrientes e a redução de emissões associadas ao uso de fertilizantes minerais nitrogenados.

Essas características posicionam o setor como agente relevante para o cumprimento das Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs) do Brasil no âmbito do Acordo de Paris, especialmente no que se refere à descarbonização da matriz de transportes, à ampliação do uso de energias renováveis e à promoção de uma agricultura de baixa emissão. O programa RenovaBio, instituído pela Política Nacional de Biocombustíveis (Lei nº 13.576/2017), reconhece esse papel por meio da certificação da produção de biocombustíveis com base na intensidade de carbono, calculada com a ferramenta oficial RenovaCalc. Adicionalmente, certificações internacionais como a Bonsucro contribuem para alinhar o setor aos critérios de sustentabilidade e rastreabilidade exigidos em mercados globais.

No que se refere ao monitoramento das emissões, a elaboração de inventários corporativos de GEE no setor sucroenergético tem evoluído como instrumento de gestão climática, qualificação técnica e acesso a mercados regulados ou voluntários de carbono. A contabilização das emissões nos escopos 1 e 2, e a avaliação progressiva do escopo 3 — que contempla impactos ao longo da cadeia de valor — vêm se consolidando como práticas essenciais para organizações comprometidas com a transição para uma economia de baixo carbono.

## **PERFIL ORGANIZACIONAL**

A Companhia Mineira de Açúcar e Alcool (CMAA) é uma das maiores empresas do setor sucroenergético do estado de Minas Gerais. Atua na produção de açúcar VHP (*Very High Polarization*), etanol anidro e hidratado, e bioeletricidade a partir do bagaço da cana-de-açúcar.

Seus produtos atendem aos mercados industriais, energéticos e de combustíveis, com participação relevante em cadeias produtivas nacionais e internacionais.

As operações da CMAA estão distribuídas em três unidades industriais localizadas em território mineiro: Unidade Vale do Tijuco (UVT), no município de Uberaba; Unidade Vale do Pontal (UVP), em Limeira do Oeste; e Unidade Canápolis (UCP), em Canápolis. Essas unidades concentram todas as etapas do processo produtivo.

O açúcar VHP produzido pela CMAA é destinado exclusivamente ao uso industrial, sendo exportado a granel para mercados como Europa, Ásia, Oriente Médio, África e Canadá. A comercialização ocorre por meio de *tradings* parceiras, responsáveis pela intermediação logística e contratual, em conformidade com padrões rigorosos de qualidade, rastreabilidade e sustentabilidade.

O etanol representa um dos pilares estratégicos do modelo de negócio da CMAA. A companhia comercializa o produto com entrega a bordo (FOB) no porto designado pelo comprador, assumindo a responsabilidade logística até esse ponto. Parte do volume transportado utiliza a malha de etanoldutos que conecta as unidades operacionais ao polo de Paulínia (SP), solução que contribui para a previsibilidade da operação e redução da pegada de carbono associada ao transporte.

A autossuficiência energética é uma característica das três unidades operacionais, que funcionam com base na bioeletricidade gerada a partir da queima do bagaço de cana-de-açúcar durante o período de safra. A aquisição de energia elétrica da rede ocorre apenas nos períodos de entressafra, durante os intervalos de manutenção programada, quando não há processamento de matéria-prima. O excedente de bioeletricidade, não consumido internamente, é exportado para o Sistema Interligado Nacional e comercializado por

meio da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), contribuindo para a matriz elétrica brasileira com uma fonte limpa, renovável e de baixa emissão.

## **DELIMITAÇÃO ORGANIZACIONAL E OPERACIONAL**

O inventário de emissões de gases de efeito estufa da Companhia Mineira de Açúcar e Alcool (CMAA) contempla as emissões corporativas relativas ao ano civil de 2024, de 1º de janeiro a 31 de dezembro, com base na metodologia do GHG *Protocol* – Programa Brasileiro, alinhada às diretrizes da norma ABNT NBR ISO 14064-1:2018 e às orientações do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC, 2006).

A delimitação organizacional adotada segue o critério de controle operacional, considerando todas as operações e instalações nas quais a CMAA detém autoridade para definir políticas operacionais e de saúde, segurança e meio ambiente. Nessa abordagem, são contabilizadas integralmente as emissões provenientes de fontes emissoras controladas pela organização, mesmo que determinadas unidades operacionais estejam sujeitas a arrendamentos, contratos ou parcerias operacionais.

Foram incluídas na consolidação do inventário as três unidades operacionais da companhia:

- Unidade Vale do Tijuco, localizada em Uberaba (MG);
- Unidade Vale do Pontal, localizada em Limeira do Oeste (MG);
- Unidade Canápolis, localizada em Canápolis (MG).

A delimitação operacional compreende as atividades agrícolas, industriais e administrativas associadas ao cultivo da cana-de-açúcar, à produção de açúcar, etanol e bioenergia, à movimentação de insumos e produtos, bem como aos sistemas de apoio e utilidades. As emissões foram organizadas conforme os escopos 1 e 2, definidos pelo GHG *Protocol*:

- Escopo 1 (emissões diretas): englobam todas as fontes emissoras controladas pela CMAA, incluindo combustão de combustíveis em caldeiras e frotas próprias, aplicação de fertilizantes nitrogenados, uso de gases refrigerantes, tratamento de efluentes, entre outras fontes diretas;
- Escopo 2 (emissões indiretas): incluem as emissões decorrentes da aquisição de eletricidade proveniente do sistema interligado nacional (SIN).

As emissões do escopo 3 não foram incluídas neste inventário. A contabilização dessas emissões indiretas será avaliada em ciclo futuro, conforme a maturidade dos sistemas de controle e disponibilidade de dados ao longo da cadeia de valor. A decisão técnica pela não inclusão do escopo 3 neste ciclo baseia-se na priorização do mapeamento consolidado e preciso das emissões diretas e indiretas sob controle da organização, conforme etapa inicial de aprimoramento da gestão climática corporativa.

## **FONTES DE EMISSÃO E CATEGORIAS DE GEE**

As atividades relacionadas à produção de açúcar e etanol envolvem uma cadeia integrada que compreende a exploração, o cultivo, o processamento e o transporte de matéria-prima e produtos finais. Cada etapa desse processo contribui, direta ou indiretamente, para a emissão de GEE, sendo essencial sua identificação e categorização para fins de contabilização. As principais fontes de emissão incluem: a utilização de insumos agrícolas e industriais; o cultivo e o manejo da cana-de-açúcar; o transporte da biomassa até as unidades operacionais; os processos industriais de extração, fermentação e destilação; e o transporte dos produtos finais, como açúcar e etanol. A análise dessas atividades permite o mapeamento das emissões por escopo, unidade e categoria de fonte, assegurando consistência com as metodologias estabelecidas pelo GHG *Protocol* e pelo IPCC.

Tabela 3. Escopo das atividades que geram emissões de GEE no processo produtivo de açúcar e etanol.

<b>Atividade</b>	<b>Fonte de Emissão</b>
<b>Exploração, processamento e transporte da matéria-prima (cana-de-açúcar) e insumos</b>	Combustíveis fósseis
<b>Utilização de insumos</b>	Fertilizantes e outros insumos agrícolas (inseticidas, herbicidas etc.)
<b>Cultivo e manejo da cana-de-açúcar</b>	Preparo e manejo do solo; Cultivo de soqueiras; Plantio; Adubação verde e culturas de entressafra; Colheita; Áreas de florestas ou reflorestamentos de essência nativa (Áreas de Preservação Permanente – APP e Reserva Legal – RL);
<b>Transporte da cana-de-açúcar até as unidades operacionais</b>	Combustíveis fósseis
<b>Processamento da cana-de-açúcar</b>	Equipamentos industriais (energia); Insumos industriais; Resíduos e subprodutos (vinhaça, torta de filtro, fuligem, águas residuárias e outros)
<b>Transporte dos produtos (açúcar e etanol)</b>	Combustíveis fósseis

As fontes de emissão de GEE relacionadas às operações da CMAA foram organizadas conforme os setores e subsetores estabelecidos no

Inventário Nacional de Emissões de GEE, em alinhamento com as diretrizes metodológicas do IPCC (2006) e do Programa Brasileiro GHG *Protocol*. As atividades da companhia abrangem majoritariamente os setores Agropecuária, Energia e Uso da Terra, Mudança no Uso da Terra e Florestas (UTMUTF). No setor Agropecuária, destacam-se os subsetores “Emissões de óxido nitroso de solos agrícolas e de manejo de dejetos”, “Solos manejados, calagem e aplicação de ureia” e “Queima de resíduos agrícolas”. No setor Energia, a principal contribuição refere-se ao subsetor “Transporte rodoviário – consumo de combustíveis em fontes móveis”. Por fim, o setor de Uso da Terra, Mudança no Uso da Terra e Florestas é considerado em função das áreas agrícolas da companhia, conforme sua interface com o uso e cobertura do solo.

### **1. Setor: Agropecuária**

- Subsetor: Emissões de óxido nitroso de solos agrícolas e de manejo de dejetos

As emissões de N<sub>2</sub>O decorrem da aplicação de fertilizantes nitrogenados sintéticos e orgânicos nas lavouras de cana-de-açúcar. O processo de nitrificação e desnitrificação microbiana no solo, após o aporte de nitrogênio, é a principal via de emissão. Esse subsetor também considera a deposição de nitrogênio por resíduos culturais e pela biomassa da própria cultura.

- Subsetor: Solos manejados, calagem e aplicação de ureia  
Inclui as emissões de CO<sub>2</sub> associadas à aplicação de corretivos agrícolas como calcário e gesso, bem como de fertilizantes nitrogenados na forma de ureia, que emitem CO<sub>2</sub> por hidrólise. Os dados de aplicação por unidade operacional subsidiam a estimativa com base nos fatores do IPCC adaptados ao contexto nacional.
- Subsetor: Queima de resíduos agrícolas  
A CMAA adota colheita 100% mecanizada em todas as suas unidades operacionais — Vale do Tijuco, Vale do Pontal e

Canápolis — e não emprega a queima da palhada como prática de pré-colheita. Entretanto, podem ocorrer incêndios acidentais em áreas de lavoura, causados por fatores climáticos ou ações externas. Nesses casos, a cana-de-açúcar eventualmente afetada é processada industrialmente, o que caracteriza uma situação excepcional e não sistemática. Quando aplicável, as emissões relacionadas são consideradas a partir da caracterização técnica do material colhido nessas condições, conforme diretrizes do IPCC.

## **2. Setor: Energia**

- Subsetor: Transporte rodoviário – consumo de combustíveis em fontes móveis

Compreende as emissões geradas pelo uso de combustíveis fósseis (diesel, gasolina) e renováveis (etanol, biodiesel) em veículos automotores da frota agrícola e industrial, como colhedoras, tratores, caminhões e veículos leves. As emissões são estimadas com base no volume de consumo e nos fatores de emissão por tipo de combustível, conforme tabelas oficiais do MCTI.

## **3. Setor: Uso da Terra, Mudança no Uso da Terra e Florestas (LULUCF)**

As áreas agrícolas da CMAA são monitoradas com base em sistemas de georreferenciamento e análise de cobertura vegetal. As emissões ou remoções associadas a mudanças no uso da terra, como conversão de vegetação nativa ou implantação de áreas agrícolas, são consideradas segundo os critérios estabelecidos pelo Inventário Nacional. A presença de áreas conservadas – Áreas de Preservação Permanentes (APPs) e Reserva Legal – também pode representar estoques de carbono relevantes, ainda que não computados como remoções líquidas neste ciclo.

## **METODOLOGIA DE CÁLCULO**

A estimativa das emissões de gases de efeito estufa (GEE) da CMAA para o ano civil de 2024 seguiu os princípios e orientações metodológicas do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC), *2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, e do Programa Brasileiro GHG *Protocol*, coordenado pelo Centro de Estudos em Sustentabilidade da Fundação Getúlio Vargas (FGVces). As referências do Inventário Nacional de Emissões de GEE, sob responsabilidade do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), também foram utilizadas, especialmente para a seleção de fatores de emissão e categorias de fontes compatíveis com o setor sucroenergético.

O cálculo das emissões baseou-se, prioritariamente, em dados primários fornecidos pelas áreas agrícola, industrial e administrativa da CMAA, coletados por unidade operacional e organizados conforme os escopos e subsetores definidos anteriormente. As emissões foram estimadas por meio de equações padrão do IPCC, adaptadas à realidade nacional, utilizando fatores de emissão reconhecidos por sua robustez técnica e aplicabilidade ao contexto brasileiro.

### **Critérios aplicados por escopo:**

- Escopo 1: As emissões diretas foram estimadas com base no consumo de combustíveis fósseis e renováveis, na aplicação de fertilizantes e corretivos agrícolas, nos vazamentos de gases refrigerantes e no tratamento de efluentes. As fórmulas adotadas consideraram o conteúdo energético dos combustíveis, os teores de carbono, os coeficientes de emissão de  $N_2O$  e  $CH_4$  para solos agrícolas e resíduos orgânicos, além dos fatores de perda de HFCs em equipamentos de refrigeração.
- Escopo 2: As emissões indiretas associadas à aquisição de energia elétrica foram calculadas com base no consumo registrado em

cada unidade da CMAA, multiplicado pelo fator médio de emissão do Sistema Interligado Nacional (SIN).

### Seleção de fatores de emissão:

A priorização dos fatores de emissão seguiu a seguinte hierarquia:

- Fontes nacionais oficiais: Inventário Nacional de Emissões do MCTI, Fatores de Emissão para o Setor Energético (ONS), e Inventário Energético Nacional (EPE/MME).
- Publicações do IPCC (2006): quando não existiam fatores nacionais disponíveis ou apropriados.
- Fontes técnicas internacionais reconhecidas, como *GHG Protocol*.

Tabela 4. Fontes de emissões de GEE por escopo.

	CATEGORIA	DESCRIÇÃO	EXCLUSÃO
<b>ESCOPO 1</b>	Combustão móvel	Nenhuma fonte excluída	N.A.
	Combustão estacionária	Nenhuma fonte excluída	N.A.
	Processos industriais	Nenhuma fonte excluída	N.A.
	Resíduos sólidos	Não foi quantificado	Previsão para quantificar nos próximos ciclos
	Efluentes líquidos	Não foi quantificado	Previsão para quantificar nos próximos ciclos
	Emissões fugitivas	Não foi quantificado	Previsão para quantificar nos próximos ciclos
	Mudança no uso do Solo	Nenhuma fonte excluída	N.A.

	Atividades agrícolas	Nenhuma fonte excluída	N.A.
<b>ESCOPO 2</b>	Aquisição de energia	Nenhuma fonte excluída	N.A.
<b>ESCOPO 3</b>	Bens e serviços comprados	Não foi quantificado	Previsão para quantificar nos próximos ciclos
	Bens de capital	Não foi quantificado	Previsão para quantificar nos próximos ciclos
	Atividades relacionadas a combustível e energia, não incluídas nos escopos 1 e 2	Não foi quantificado	Previsão para quantificar nos próximos ciclos Previsão para quantificar nos próximos ciclos
	Transporte e distribuição ( <i>upstream</i> e <i>dowstream</i> )	Não foi quantificado	Previsão para quantificar nos próximos ciclos
	Resíduos gerados na operação	Não foi quantificado	Previsão para quantificar nos próximos ciclos
	Viagens (negócios, deslocamentos de colaboradores)	Não foi quantificado	Previsão para quantificar nos próximos ciclos
	Processamento de produtos finais	Não foi quantificado	Previsão para quantificar nos próximos ciclos

## CONSOLIDAÇÃO DOS RESULTADOS DAS EMISSÕES

As emissões totais de GEE da Companhia Mineira de Açúcar e Alcool (CMAA), no ano civil de 2024, foram consolidadas com base nas estimativas por escopo, unidade operacional e categoria de fonte, conforme a metodologia apresentada nas seções anteriores.

A contabilização contempla os escopos 1 e 2, com critério de controle operacional. As fontes emissoras estão classificadas conforme os setores e subsetores do Inventário Nacional, com rastreabilidade e coerência em relação aos padrões nacionais e internacionais.

Tabela 5. Emissões totais por escopo.

ESCOPO	EMISSÕES (tCO <sub>2</sub> e)	PERCENTUAL DO TOTAL (%)
<b>Escopo 1</b>	109.445,41	99,82
<b>Escopo 2</b>	194,75	0,18

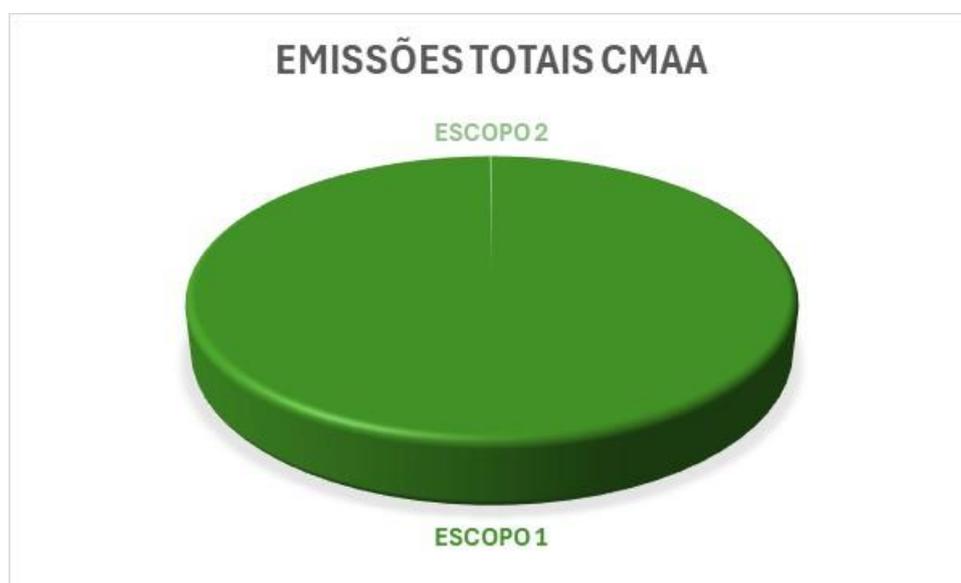


Figura 1. Gráfico de distribuição das emissões por escopo.

As emissões do escopo 1 corresponderam a 99,82% do total de GEE emitidos pela CMAA no ano civil de 2024, enquanto as emissões do

escopo 2 representaram 0,18%, evidenciando a predominância das fontes diretas associadas às operações agroindustriais.

Das emissões totais de GEE, 95% tiveram origem nas atividades agrícolas, enquanto 5% foram atribuídas à área industrial. Essa distribuição está associada à intensidade de uso combustíveis e de insumos no cultivo da cana-de-açúcar, principal fator de emissão da etapa agrícola. No entanto, vale destacar práticas que contribuem para mitigar esse impacto, como o aproveitamento agrônômico de resíduos industriais. A CMAA reaproveita a vinhaça como fertilizante potássico e a torta de filtro como fonte orgânica de fósforo e matéria orgânica, reduzindo a necessidade de fertilizantes sintéticos e contribuindo para a redução das emissões associadas à sua produção e aplicação. No ambiente industrial, o destaque recai sobre a autossuficiência energética. As unidades operacionais são abastecidas majoritariamente por energia proveniente da cogeração, obtida a partir da queima do bagaço da cana, uma fonte renovável de biomassa. Essa característica estrutural confere ao setor sucroenergético um diferencial competitivo em termos de eficiência energética e menor intensidade de carbono.

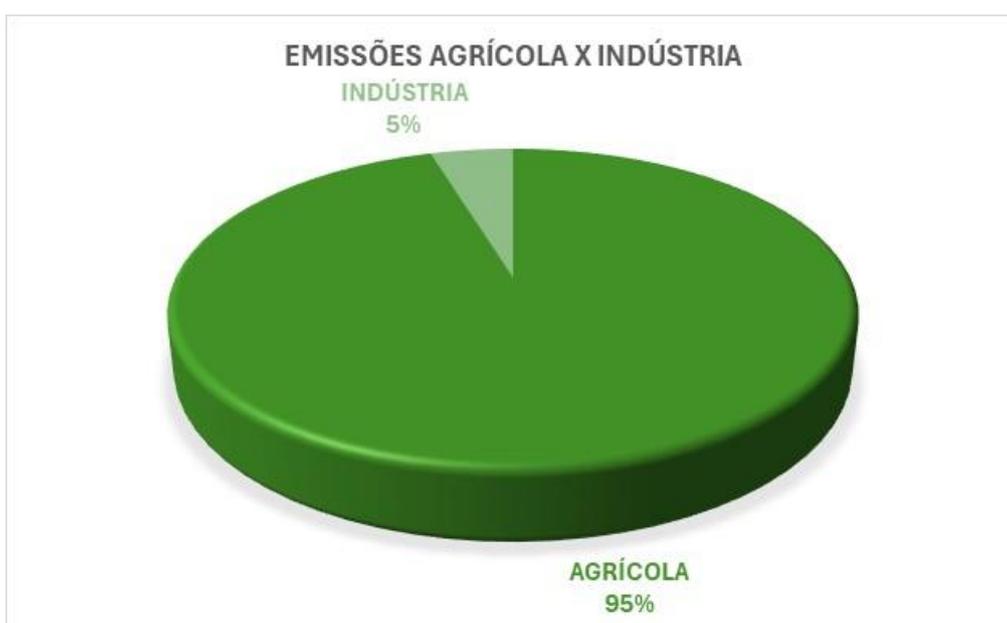


Figura 2. Gráfico de emissões totais por área da CMAA.

As emissões de CO<sub>2</sub> de origem biogênica, provenientes principalmente da queima do bagaço de cana para cogeração de energia, foram relatadas separadamente, conforme diretrizes do IPCC (2006) e do Programa Brasileiro GHG *Protocol*. Essas emissões não integram o total consolidado de GEE em CO<sub>2</sub> equivalente, por se tratarem de fluxos de carbono renovável dentro de um ciclo fechado, considerando manejo sustentável da biomassa.

A unidade Vale do Tijuco (UVT) foi responsável por 56% das emissões totais GEE da CMAA, seguida pela unidade Vale do Pontal (UVP), com 25%, e pela unidade Canápolis (UCP), com 19%. Essa distribuição reflete a diferença de capacidade operacional, extensão agrícola e volume processado entre as unidades, além das particularidades de consumo de insumos e energia em cada local. A análise comparativa por unidade operacional permite identificar oportunidades de mitigação específicas, respeitando as características técnicas e estruturais de cada planta.



Figura 3. Gráfico comparativo entre as unidades operacionais.

## **RECOMENDAÇÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A continuidade e o aprimoramento do Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa da CMAA dependem da consolidação de uma governança integrada de dados ambientais. Para as próximas edições, recomenda-se a incorporação progressiva das informações de GEE aos sistemas corporativos de gestão, assegurando consistência entre registros operacionais e cálculos de emissões. Essa integração permitirá maior agilidade na consolidação dos resultados, aumento da confiabilidade dos dados e maior capacidade de resposta às exigências de reporte e auditoria.

Recomenda-se, também, a avaliação dos impactos econômicos associados às emissões, com o objetivo de internalizar os custos e ganhos climáticos nos processos de gestão de riscos, planejamento financeiro e definição de metas. A consideração de indicadores de intensidade de carbono nos processos decisórios pode favorecer a alocação eficiente de recursos e a identificação de oportunidades de melhoria operacional, tanto nas atividades internas quanto na relação com fornecedores e parceiros.

No horizonte de médio prazo, recomenda-se o desenvolvimento de um plano técnico para incluir as emissões do Escopo 3, com base na rastreabilidade da cadeia de valor, análise da logística de distribuição e avaliação dos fluxos indiretos relacionados ao ciclo de vida dos produtos. A incorporação desse escopo ampliará o alcance da gestão climática e reforçará a transparência da empresa frente às partes interessadas.

O Inventário de GEE se consolida, assim, como uma ferramenta estratégica para o setor sucroenergético, capaz de orientar decisões técnicas e empresariais fundamentadas na mitigação de impactos ambientais e na valorização da bioenergia como vetor de transição para uma economia de baixo carbono. A manutenção de práticas ambientais robustas e baseadas em dados fortalece a posição competitiva da

CMAA, em um cenário global cada vez mais regulado, exigente e orientado por compromissos climáticos.

## REFERÊNCIAS

**ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.** NBR ISO 14064-1:2019 – Gases de efeito estufa – Parte 1: Especificações e orientações, a nível de organização, para a quantificação e elaboração de inventários de emissões e remoções de GEE. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

**FGV/GVces; WRI – World Resources Institute.** Programa Brasileiro GHG Protocol. GHG Protocol – Especificações e orientações para a elaboração de inventários corporativos de emissões de gases de efeito estufa. São Paulo: Fundação Getúlio Vargas, 2011.

**Programa Brasileiro GHG Protocol.** Especificações do Programa e Especificações de Verificação. São Paulo: Fundação Getúlio Vargas, versão 2022.

**IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change.** 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K. (eds.). IGES, Japão, 2006.

**IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change.** 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Geneva: IPCC, 2019.

**MCTI – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação.** Fatores de Emissão de CO<sub>2</sub> pela Geração de Energia Elétrica no Sistema Interligado Nacional – Base 2024. Brasília: MCTI.

**ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica.** Sistema de Apoio à Decisão – Tarifas médias por classes de consumo e regiões geográficas do Brasil. Brasília: ANEEL. Dados de 2024.