

Inventário de

Gases de Efeito Estufa 2023 (IGEE)

Inventário de Gases de Efeito Estufa 2023 (IGEE) – Copasa

Elaboração:

Superintendência de Desenvolvimento Ambiental – SPDA
Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico, Meio Ambiente e Empreendimen-
tos-DTE

Compilação, processamento de dados e redação:

Cassius Nonato de Souza Freire – Biólogo – cassius.freire@copasa.com.br

Revisão e Aprovação:

 **copasa** – Comitê Clima

Certificação:

Ecogest Projetos e Inovações Sustentáveis
CNPJ – 32.029.690/0001-06



Elaborado em:

Junho / 2024

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. DEFINIÇÃO DE LIMITES DO IGEE	6
2.1 Limites geográficos	7
2.2 Limites organizacionais	7
2.3 Limites operacionais	7
3. HISTÓRICO DE EMISSÕES DE GEE	8
3.1 Indicadores de desempenho	9
3.2 Ações de mitigação de GEE	9
3.3 Ações de Adaptação às mudanças climáticas	10
4. IDENTIFICAÇÃO E CONTABILIZAÇÃO DAS EMISSÕES DE GEE	11
4.1 Fontes de Emissão	11
4.2 Abordagem de Cálculo	11
4.3 Coleta de dados e fatores de emissão	11
4.4 Ferramentas de cálculo utilizadas	12
4.4.1 Escopo 1 – Efluentes tratados	13
4.4.2 Escopo 1 – Efluentes coletados sem tratamento e descartados pós tratamento	19
4.4.3 Escopo 1 – Resíduos sólidos	20
4.4.4 Escopo 1 – Combustão móvel	22
4.4.5 Escopo 1 – Combustão estacionária	22
4.4.6 Escopo 1 – Emissões Fugitivas	23
4.4.7 Escopo 1 – Biogênicas	23
4.4.8 Escopo 2 – Compra de Energia elétrica (abordagem de localização)	23
4.4.9 Escopo 3 – Resíduos gerados na operação	24
4.4.10 Escopo 3 – Viagens a negócios	24
5. RESULTADOS	24
5.1 Emissões diretas – Escopo 1	26
5.1.1 – Efluentes	27
5.1.2 – Resíduos sólidos	28
5.1.3 – Combustão Estacionária	28
5.1.4 – Combustão Móvel	29
5.1.5 – Fugitivas	29
5.1.6 – Mudança no uso do solo	29
5.2 ESCOPO 2	30
5.3 ESCOPO 3	31
5.3.1 – Resíduos gerados na operação	31
5.3.2 – Viagens a negócios	31
5.4 HISTÓRICO DE EMISSÕES	32
5.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
Desenvolvimento de metas setoriais / metas de desempenho	34
5.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
ANEXO A	37

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Matriz das emissões de GEE da Copasa

Quadro 2 – Fonte de dados primários para cálculo de emissões de GEE da Copasa

Quadro 3 – Métodos e ferramentas para cálculo de emissões de GEE da Copasa

Quadro 4 – Descrição dos parâmetros de cálculo da emissão de CH₄ em processos biológicos de tratamento

Quadro 5 – Fatores de conversão para o conteúdo orgânico do lodo

Quadro 6 – Valores do fator de conversão de metano para cada tipo de processo biológico de tratamento

Quadro 7 – Parâmetros para estimativa da DBO degradada considerando a eficiência típica das múltiplas etapas

Quadro 8 – Eficiências típicas das principais etapas de tratamento biológico

Quadro 9 – Descrição dos parâmetros de cálculo para estimativa de emissão de N₂O

Quadro 10 – Descrição dos parâmetros de cálculo de correção do fator de emissão de N₂O em função da eficiência de remoção de NT da estação.

Quadro 11 – Composição gravimétrica – percentual dos materiais nos RSU de Varginha

Quadro 12 – Resumo das Emissões Totais Copasa em 2023

Quadro 13 – Indicadores de Intensidade carbônica 2023

Quadro 14 – Quantitativos de resíduos sólidos (lodo) enviados à aterros no ano (base úmida)

Quadro 15 – Emissões de GEE Copasa 2023 – Escopo 1

Quadro 16 – Emissões de GEE Copasa 2023 – Escopo 2

Quadro 17 – Emissões de GEE Copasa 2023 – Escopo 3

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Concessões de água e esgoto COPASA no estado de Minas Gerais

Figura 2 – Balanço de massa típico de um processo biológico aeróbio e anaeróbio.

Figura 3 – Emissões GEE 2023 Copasa por escopo

Figura 4 – Emissões GEE 2023 Copasa por tipo de gás

Figura 5 – Emissões GEE 2023 Copasa – categorias do escopo 1

Figura 6 – Histórico de emissões GEE Copasa (2022 e 2023)

1. INTRODUÇÃO

O relatório do Grupo de Trabalho I do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC), aprovado em agosto de 2021, indica que é provável que o aquecimento global atinja 1,5°C entre 2030 e 2052, caso as atividades humanas mantenham o ritmo atual. O aquecimento implica o agravamento de eventos climáticos extremos, como escassez crítica ou chuvas intensas que podem impactar os serviços e infraestrutura da empresa.

Do ponto de vista do saneamento, o aumento da temperatura média do planeta acima da temperatura de 1,5°C pode implicar em:

- Agravamento de problemas sanitários;
- Aumento da evaporação média;
- Reavaliação das fontes de captação;
- Crescimento de demanda de consumo de água pela sociedade;
- Crescimento de intensidade e frequência das vazões extremas máximas e mínimas;
- Escassez e intermitência de energia para os sistemas operacionais, elevação do custo de energia; incremento dos custos operacionais e ampliação de infraestrutura; irregularidade na oferta de água;
- Necessidade de buscar novas fontes para abastecimento;
- Redução da umidade do ar;
- Redução de precipitação média em algumas regiões e aumento em outras regiões.

A Copasa como signatária, desde 2020, do Pacto Global da ONU, assumiu o compromisso de buscar contribuir com o alcance dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), principalmente buscando a universalização dos serviços de água e esgotos, a disponibilidade e gestão sustentável da água e do saneamento para a população, fundamentados no Marco Regulatório do Saneamento e o ODS 6 (Água potável e Saneamento).

Em alinhamento com as práticas de gestão sustentável previstas no Mapa Estratégico da Companhia, anualmente é elaborado do Inventário de Gases de Efeito Estufa (IGEE) com base nas fontes provenientes das atividades da empresa. Até 2021, os cálculos eram baseados na metodologia do GHG Protocol (IPCC 2006) e utilizava alguns fatores de emissões do GHG Protocol (IPCC2013 e IPCC2014). Em 2023, a companhia passou integrar o Programa Brasileiro de GHG Protocol e atualizou a metodologia de contabilização de GEE com base nos métodos disponibilizados pelo Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) e pelo Programa Brasileiro GHG Protocol. Este documento apresenta as emissões diretas e indiretas de GEE provenientes das atividades da companhia no ano de 2023, contemplando os GEE regulados pelo Protocolo de Quioto.

2. DEFINIÇÃO DE LIMITES DO IGEE

A Companhia de Saneamento de Minas Gerais (Copasa) é uma sociedade de economia mista e de capital aberto sob controle acionário do Governo do Estado de Minas Gerais, que busca soluções em saneamento por meio da cooperação técnica e prestação de serviços públicos de água, esgoto, resíduos sólidos e drenagem urbana.

A Copasa atua exclusivamente no Brasil, onde as operações da Companhia relacionadas a seus produtos de captação, tratamento e distribuição de água, bem como a coleta e tratamento de esgoto estão localizadas em municípios do estado

de Minas Gerais, com sede em Belo Horizonte.

A Companhia encerrou o ciclo 2023 com 9.542 colaboradores e com 638 concessões de água e com 309 de esgoto, o que representa 75% dos municípios do estado de Minas Gerais.

Com relação aos resíduos sólidos, a Copasa detém concessão para explorar o Aterro Sanitário de Varginha, no Sul de Minas, contribuindo assim, com a coleta seletiva da cidade por meio de apoio direto à associação de catadores de materiais recicláveis.

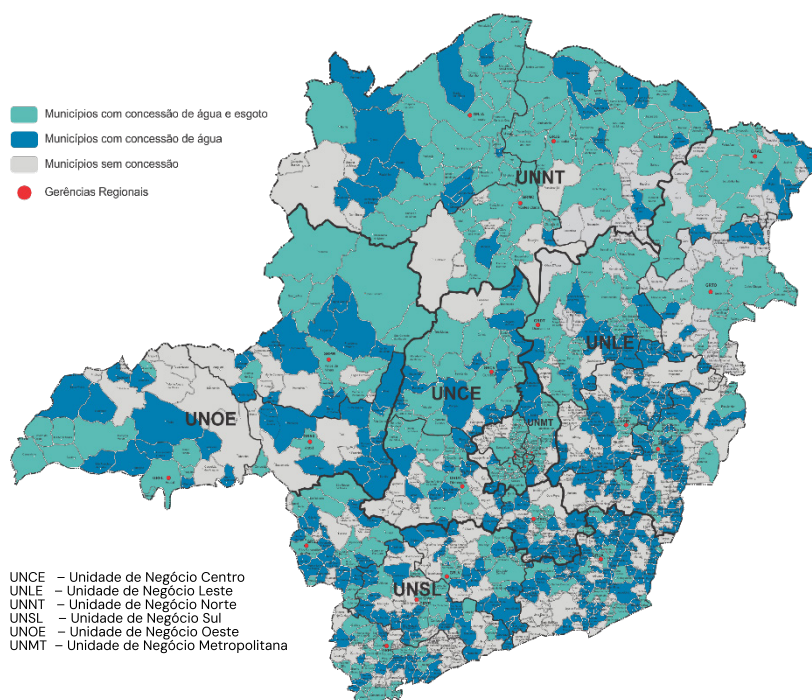


Figura 1 – Concessões de água e esgoto COPASA no estado de Minas Gerais

2.1 Limites geográficos

A Copasa inclui em seu inventário de GEE todas as fontes de emissões localizadas em território brasileiro.

2.2 Limites organizacionais

A Copasa optou por elaborar o seu inventário contendo as informações de emissões de GEE com base somente no controle operacional seguindo os seguintes critérios:

- Se possuir controle operacional: 100%
- Se não possuir controle operacional: 0%

2.3 Limites operacionais

Para estabelecimento dos limites operacionais, a Copasa identificou as emissões associadas às suas operações, classificando-as como emissões diretas – provenientes de fontes que são de propriedade ou são controladas pela companhia – e emissões indiretas – que são consequência das operações da empresa relatora, mas que ocorrem em fontes de propriedade de ou controladas por outra empresa.

A seguir, no quadro 1, é apresentada a matriz das emissões de GEE da companhia com a caracterização das fontes diretas e indiretas identificadas com base nos métodos disponibilizados pelo IPCC e Programa Brasileiro GHG Protocol:

Tipo de Fonte de Emissão	Escopo	Categoria	Descrição da Fonte de Emissão	Tipo de GEE
Direta	1	Efluentes	Estações de Tratamento de Efluentes (ETEs)	CH ₄ e N ₂ O
		Resíduos Sólidos	Aterros Sanitários: Varginha, ETEs e ETAs	CH ₄
		Combustão Estacionária	Equipamentos estacionários controlados pela Copasa	CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O
		Combustão Móvel	Veículos da frota locada e própria controlados pela Copasa	CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O
		Fugitivas	Equipamentos de refrigeração e ar condicionado (RAC) e extintores de incêndio	HFCs e CO ₂
Indireta	2	Compra de eletricidade do Sistema Interligado Nacional (SIN) – Abordagem de localização	Captação, tratamento e distribuição de água Atividades Administrativas Coleta de esgoto Tratamento de Esgoto	CO ₂
Indireta	3	Cat. 5 - Resíduos gerados na operação	Resíduos sólidos com disposição final em aterros terceirizados	CH ₄
		Cat. 6 - Viagens a negócios	Viagens aéreas de empregados a serviço da Copasa	CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O
Biogênica	-	Efluentes	Queimadores de biogás em ETEs	CO ₂
		Resíduos Sólidos	Queimadores de biogás em Aterro Sanitário de Varginha	CO ₂
		Combustão Estacionária	Equipamentos estacionários controlados pela Copasa	CO ₂
		Combustão Móvel	Veículos da frota locada e própria controlados pela Copasa	CO ₂
		Remoções	Plantio de árvores nativas via parcerias controlados pela Copasa	CO ₂
		Estoque de Carbono	Aáreas de Proteção Permanente de controle e posse da Copasa	CO ₂

Quadro 1 – Matriz das emissões de GEE da Copasa

As emissões diretas de GEE do escopo 1 contabilizadas e reportadas anualmente no inventário de GEE COPASA são oriundas da operação dos sistemas de coleta e tratamento de esgoto sanitário (Resíduos sólidos e efluentes), operação do aterro sanitário de Varginha/MG (Resíduos sólidos), consumo de combustíveis pelos veículos da frota (Combustão móvel), consumo de combustíveis pelos equipamentos de energia estacionários (Combustão estacionária), aquisição/recargas de extintores e equipamentos de ar condicionado..

As emissões indiretas do escopo 2 calculadas e reportadas anualmente no inventário de GEE COPASA advêm do consumo de energia elétrica utilizada nas atividades administrativas, sistemas de abastecimento de água, sistemas de coleta de esgoto sanitário, sistemas de tratamento de esgoto (Aquisição de energia elétrica).

As emissões indiretas do escopo 3 são provenientes dos resíduos sólidos destinados a terceiros (Resíduos gerados na operação), consumo de combustíveis pelos veículos terceirizados para coleta de resíduos domésticos para disposição no Aterro Sanitário de Varginha (Transporte e distribuição upstream) e das viagens aéreas nacionais e internacionais dos empregados a serviço da COPASA (Viagens a negócios).

As emissões de CO₂^{biogênico} são provenientes da queima de biogás nas ETEs e no aterro sanitário de Varginha, da combustão de biocombustíveis nos veículos da frota, da combustão de biocombustíveis em equipamentos estacionários, dos plantios de árvores nativas controlados pela Copasa e das Áreas de Proteção Permanentes de posse da companhia.

3. HISTÓRICO DE EMISSÕES DE GEE

O ano-base é uma data histórica (ano específico ou média de vários anos) a respeito da qual as emissões de uma empresa são contabilizadas ao longo do tempo. Até 2021, o ano-base da Copasa era o ano de 2011, ano no qual foi realizado pela primeira vez a contabilização das emissões de GEE na companhia, mesmo que de maneira incipiente. Em 2014, através de consultoria de empresa especializada em gestão de GEE, a metodologia foi atualizada com base no IPCC 2006, porém as emissões dos anos 2011, 2012 e 2013 foram recalculadas e foi mantido o ano-base 2011.

Entretanto, em 2022, a Copasa passou a integrar o Programa Brasileiro de GHG Protocol e atualizou a metodologia de cálculo de GEE de acordo com o mesmo com base no IPCC 2019 a fim de alinhar-se com as práticas de cálculo mais recentes e reconhecidas mundialmente. Em paralelo, desenvolveu juntamente com empresas do setor de saneamento (SANEPAR e Iguá Saneamento), através de termo de cooperação técnica, a revisão de metodologia de estimativa de GEE oriundo do tratamento de esgoto sob ótica das empresas de saneamento, de acordo com o IPCC 2019, tendo como produto final a publicação de artigo no 32º Congresso

da ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. A referida revisão alterou principalmente o MCF dos tratamentos de efluentes aeróbios e o MCF do efluente remanescente que vai ser depurado no rio, além de premissas nas emissões de óxido nitroso e resíduos sólidos e impactou em uma mudança de mais de 5% as emissões de 2021. Outro fato relevante, tem sido a melhoria da coleta e qualidade dos dados primários, fruto de um trabalho constante na companhia.

Em 2023 o inventário corporativo de GEE da Copasa passou pelo processo de certificação por terceiros, tonando as informações verificáveis através do cumprimento da norma ISO 14064-3 e dos requisitos do Programa Brasileiro GHG Protocol (PBGHG) descritos nas especificações do PBGHG de Contabilização, Quantificação e Publicação de Inventários Corporativos de Emissões de Gases de Efeito Estufa (EPB), segundo a abordagem de Controle Operacional. Portanto, definiu-se como ano-base da Copasa, o ano 2023.

3.1 Indicadores de desempenho

Uma boa prática vista em diversos setores da economia consiste no estabelecimento de métricas de desempenho de carbono, ou seja, indicadores capazes de representar as emissões, contemplando as especificidades setoriais, e permitindo comparabilidade entre diversos atores.

As Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol sugerem o relato de indicadores de desempenho relevantes com o objetivo de avaliar a eficácia da gestão dos GEE ao longo do tempo.

A Copasa possui os seguintes indicadores de intensidade definidos em benchmarking com outras empresas do setor de saneamento em 2023:

3.1.1 Indicador Principal: Intensidade de Emissões de Escopos 1 e 2 por unidade de volume – kg/m³

$$\text{Indicador de intensidade de emissões - Corporativo} = \frac{\text{Emissões diretas E1} + \text{Emissões Indiretas E2}}{\text{Volume de água produzido} + \text{Volume de esgoto coletado}}$$

3.1.2 Indicador Financeiro: Intensidade de Emissões de Escopos 1, 2 e 3 por unidade monetária (kg/R\$ mil)

$$\text{Indicador de intensidade de emissões - Financeiro (IC02)} = \frac{\text{Emissões diretas E1} + \text{Emissões Indiretas E2} + \text{E3}}{\text{Receita bruta}}$$

3.1.3 Indicador Específico: Eficiência de carbono em esgoto (kg/m³)

$$\text{Indicador de intensidade de emissões - Eficiência esgoto} = \frac{\text{Emissões diretas provenientes das ETEs}}{\text{Volume de esgoto coletado}}$$

3.2 Ações de mitigação de GEE

A Copasa ao longo dos anos, em consonância com seu Mapa Estratégico da Companhia implantando ações e projetos de mitigação de GEE em suas atividades, como:

- a) Queima em flare e aproveitamento energético de biogás metano (CH₄) das ETEs com o intuito de substituição dos queimadores atuais por queimadores do tipo enclausurados que aumentam a eficiência de queima e redução de emissão de GEE.
- b) Aproveitamento energético do biogás das ETE Arrudas (Belo Horizonte/MG), ETE Ibitité (Ibitité/MG), ETE Betim Central (Betim/MG) e ETE Vieiras (Montes Claros/MG), sendo essas as plantas dentre as ETES com maior capacidade de operação da companhia.
- c) Queima em flare de biogás metano (CH₄) do Aterro Sanitário de Varginha.
- d) Uso de automóveis leves tipo flex e uso combustíveis renováveis em sua frota, previsto na Gestão de Frota da companhia.
- e) Migração gradual para o Mercado Livre de Energia e compra de energia de fontes sustentáveis e de baixo carbono.
- f) Em 2023, o programa de Eficiência energética geriu os seguintes recursos:
 - Projetos de Eficiência Energéticas aprovados no programa da ANEEL: R\$ 1.430.809,95
 - Execução de obras de eficiência energética em 11 instalações, financiadas pelo banco alemão KfW: R\$ 2.509.024,15
 - Aquisição de painéis elétricos/QCMs para utilização em poços na GRTO, visando a eficiência energética operacional dos sistemas: R\$ 241.813,09
 - Utilização de frota tipo flex com proposta de utilização de apenas biocombustíveis (etanol) nos veículos leves da frota, reduzindo consideravelmente o consumo de combustível fóssil (gasolina) no setor de transportes.
- g) A companhia tem sido pioneira em benchmarking com empresas de saneamento por meio de cooperação técnica visando aprofundar o tema e discutir os principais desafios do setor no contexto das mudanças climáticas.

3.3 Ações de Adaptação às mudanças climáticas

- a) O Programa Pró-Mananciais, atualmente presente em mais de 290 municípios mineiros, é composto de diversas ações de proteção, da preservação e a recuperação de bacias hidrográficas, microbacias hidrográficas e de áreas de recarga dos aquíferos utilizados pela Copasa para o abastecimento público, destacando o plantio de árvores nativas e cercamentos de Áreas de

Preservação Permanente (APP).

b) Através do Programa de combate a perdas, a Copasa tem compromissos voluntários e regulatórios com a redução das perdas de água nos sistemas de abastecimento de água, contribuindo para a proteção ambiental e a diminuição da exploração dos mananciais.

4. IDENTIFICAÇÃO E CONTABILIZAÇÃO DAS EMISSÕES DE GEE

Conforme definição das Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol no seu capítulo 6, o cálculo das emissões de GEE da companhia seguem os seguintes passos:

- i) identificar fontes de emissão;
- ii) escolher a abordagem de cálculo;
- iii) coletar dados e escolher fatores de emissão;
- iv) aplicar ferramentas de cálculo;
- v) compilar dados no nível corporativo.

4.1 Fontes de Emissão

As fontes de emissão diretas e indiretas identificadas com base nos métodos disponibilizados pelo IPCC e Programa Brasileiro GHG Protocol e as caracterizações correspondentes foram apresentadas no quadro 1, no item 2.3 – Limites operacionais.

4.2 Abordagem de Cálculo

Em virtude da não possibilidade do monitoramento direto das emissões de GEE, definiu-se, como abordagem para calcular emissões de GEE, a aplicação de fatores de emissão documentados com base nos métodos disponibilizados pelo Intergovernmental Panel on Climate Change e pelo Programa Brasileiro GHG Protocol.

4.3 Coleta de dados e fatores de emissão

Os dados primários utilizados nos cálculos das emissões de GEE da Copasa vem passando constantemente por melhorias na sua coleta e qualidade e são provenientes de diversos sistemas de dados utilizados na companhia, conforme quadro abaixo:

Tipo de Fonte de Emissão	Escopo	Categoria	Fonte de dados primários
Direta	1	Efluentes	Sistema ISAA e Qualiágua
		Resíduos Sólidos	Sistema MTR
		Combustão Estacionária	Sistema de Gestão de Frota e SAP
		Combustão Móvel	Sistema de gestão de Frota
		Fugitivas	Unidades de apoio administrativos
Indireta	2	Compra de eletricidade do Sistema Interligado Nacional (SIN) – Abordagem de localização	Sistema SICOE
Indireta	3	Cat. 5 - Resíduos gerados na operação	Sistema MTR
		Cat. 6 - Viagens a negócios	Agência de viagem contratada
Biogênica	-	Efluentes	
		Resíduos Sólidos	
		Combustão Estacionária	
		Combustão Móvel	
		Remoções	Sistema GERHA
		Estoque de Carbono	

Quadro 2 – Fonte de dados primários para cálculo de emissões de GEE da Copasa

Os fatores de emissão utilizados nos cálculos das emissões de GEE da Copasa foram obtidos dos documentos disponibilizados pelo Intergovernmental Panel on Climate Change e pelo Programa Brasileiro GHG Protocol.

4.4 Ferramentas de cálculo utilizadas

As Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol, no item 7.4.1, permitem que sejam indicadas referências ou links para as ferramentas utilizadas no cálculo ou medição das emissões, conforme quadro abaixo:

Tipo de Fonte de Emissão	Escopo	Categoria	Método / Ferramenta
Direta	1	Efluentes	Planilha própria baseada no IPCC 2019
		Resíduos Sólidos	ferramenta_ghg_protocol_v2024_v2024.0.xlsx
		Combustão Estacionária	ferramenta_ghg_protocol_v2024_v2024.0.xlsx
		Combustão Móvel	ferramenta_ghg_protocol_v2024_v2024.0.xlsx
		Fugitivas	ferramenta_ghg_protocol_v2024_v2024.0.xlsx
Indireta	2	Compra de eletricidade do Sistema Interligado Nacional (SIN) – Abordagem de localização	ferramenta_ghg_protocol_v2024_v2024.0.xlsx
Indireta	3	Cat. 5 - Resíduos gerados na operação	ferramenta_ghg_protocol_v2024_v2024.0.xlsx
		Cat. 6 - Viagens a negócios	ferramenta_ghg_protocol_v2024_v2024.0.xlsx

Quadro 3 – Métodos e ferramentas para cálculo de emissões de GEE da Copasa

A seguir são descritas as metodologias e premissas utilizadas para contabilização das emissões de gás carbônico equivalente (tCO_2) de cada uma das fontes de GEE da Copasa no ano de 2023.

4.4.1 Escopo 1 – Efluentes tratados

Metano (CH_4)

O cálculo da emissão de metano produzido durante cada etapa do tratamento de efluentes em que há conversão da DBO é calculada pelas equações 1 e 2.

$$\text{Emissão de } CH_4 = B_0 \cdot MCF \cdot [(DBO_{\text{degradada na etapa}} \cdot \text{Volume}_{\text{esgoto tratado}}) - S] \cdot \frac{1}{1000} \quad \text{equação (1)}$$

$$S = S_{\text{Massa de lodo seca}} \cdot K \cdot 1000 \quad \text{equação (2)}$$

Este cálculo é realizado para cada etapa do processo de tratamento que possui potencial de geração de metano e para o lançamento final. No lançamento final, é considerado como $DBO_{\text{degradada}}$ a $DBO_{\text{remanescente}}$ que será auto depurada no corpo receptor. Os parâmetros dessas equações estão descritos no Quadro 4 e no Quadro 5.

PARÂMETRO	UNIDADE	VALOR	DESCRIÇÃO	FONTE
Emissão de CH ₄	$\left[\frac{\text{tonCH}_4}{\text{ano}} \right]$	-	Massa de metano emitida por ano	equação (1)
B ₀	$\left[\frac{\text{kgCH}_4}{\text{kgDBO}} \right]$	0,6	Produção máxima de metano para esgoto doméstico	IPCC (2019)
MCF	adimensional	Quadro 6	Fator de correção de Metano (Methane Correction Factor)	Adaptado de IPCC (2019)
DBO _{degradada}	$\left[\frac{\text{kgDBO}}{\text{m}^3} \right]$	Ver premissas para determinação da DBO degradada	DBO degradada na etapa do processo	Base de dados das operações
Volume _{esgoto tratado}	$\left[\frac{\text{m}^3}{\text{ano}} \right]$		Volume de esgoto tratado no ano do inventário	Base de dados das operações
S	$\left[\frac{\text{kgDBO}}{\text{ano}} \right]$		Conteúdo orgânico retirado com o lodo no ano do inventário. Se não houver informações para o cálculo deve ser considerado igual a 0	Base de dados das operações e Equação
S _{Massa de lodo seca}	$\left[\frac{\text{Ton ST}}{\text{ano}} \right]$		Massa seca de lodo produzido na estação	Base de dados das operações
K	$\left[\frac{\text{kgDBO}}{\text{Kg massa seca}} \right]$	Quadro 5	Fator de conversão para o conteúdo orgânico do lodo	IPCC (2019)

Quadro 4 – Descrição dos parâmetros de cálculo da emissão de CH₄ em processos biológicos de tratamento

TIPO DE LODO	VALOR DE K ¹ $\left[\frac{\text{kgDBO}}{\text{Kg massa seca}} \right]$	FONTE
Estações de tratamento aeróbio com tratamento primário (lodo misto primários e secundários, não tratadas ou tratadas aerobiamente)	0,8	IPCC (2019)
Estações de tratamento aeróbio com tratamento primário e digestão anaeróbia de lodo (lodo misto primário e secundário, tratado anaerobiamente)	1.0	IPCC (2019)
Estações de tratamento aeróbio sem tratamento primário separado	1.16	IPCC (2019)

Quadro 5 – Fatores de conversão para o conteúdo orgânico do lodo

Em razão de não termos informações desagregadas por ETE sobre o Conteúdo orgânico retirado com o lodo no ano do inventário e o IPCC (2019) permite que se não houver informações para o cálculo deve ser considerado igual a 0, o parâmetro “S” Não foi calculado e foi considerado “0”.

O IPCC (2019) menciona o parâmetro TOW (total organically degradable material in domestic wastewater) como variável para a equação (1) ao invés de (DBO_{degradada} · Volume_{esgoto tratado}). Também é recomendado

pelo IPCC (2019) que seja desconsiderado o conteúdo orgânico que foi transformado em lodo, S (organic component removed from wastewater in the form of sludge), da carga orgânica total degradável no tratamento (TOW), que pode ser bastante representativo em sistemas aeróbios. Isso porque o conteúdo orgânico que é transformado em lodo pode ser desconsiderado no balanço de massa como potencial de formação de GEE.

Entende-se que da mesma forma o conteúdo remanescente no tratamento final deve ser desconsiderado do cálculo da emissão de metano por deixar o sistema inalterado, conforme exemplifica o balanço de massa da Figura 2.

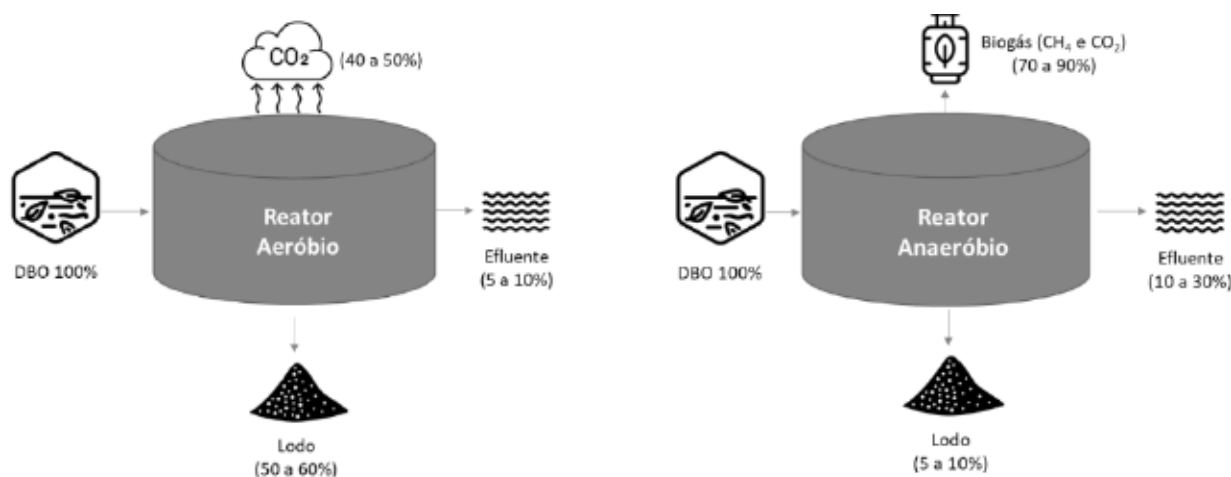


Figura 2 – Balanço de massa típico de um processo biológico aeróbio e anaeróbio.

Fonte: VON SPERLING (2012)

Assim, entende-se que o remanescente da carga orgânica também deve ser desconsiderado no cálculo das emissões da respectiva etapa, e, portanto, o parâmetro TOW mencionado pelo IPCC (2019) seria igual a $DBO_{\text{degradada}} \times \text{Volume}_{\text{esgoto tratado}}$.

O MCF (Methane correction fator) varia para cada tipo de processo de tratamento, alguns de seus valores foram adaptados de IPCC (2019) conforme a Quadro 6. Para o mesmo processo de tratamento que possui unidades em série do mesmo tipo, por exemplo, uma série de lagoas facultativas, deve-se considerar o conjunto de unidades como um único processo. As etapas de tratamento cujo processo é físico-químico ou flotor considera-se não emissoras de GEE em virtude da ausência de atividade biológica. Para a etapa de tratamento “disposição no solo”, presente em algumas ETEs da Copasa, foi considerado MCF=0 pois não se encontrou na literatura quaisquer referência.

As tecnologias de tratamento aeróbios centralizados que possuem lagoas de decantação e digestores de lodo também foram especificadas na Quadro 6, entretanto, recomenda-se a utilização destes coeficientes apenas para os casos em que não há dados suficientes para o cálculo das emissões oriundas do tratamento de lodo.

PROCESSO	MCF
Reator anaeróbio (UASB)	0,80
Lagoas profundas (profundidades maiores que 2m): Lagoa anaeróbia	0,80
Filtro anaeróbio	0,80
Lagoas rasas (profundidades menores que 2m): Lagoa facultativa, polimento e maturação ou Lagoa facultativa aerada (aeração superficial)	0,20
Fossa ou vala	0,50
Sistemas aeróbios (fase líquida): Lodos Ativados, Lagoas Aeradas de mistura completa, filtros percoladores, filtros aerados submersos, MBR, MBBR.	0,03
Lagoas aeradas de mistura completa seguidas de Lagoas de decantação (fase líquida + fase sólida)	0,29 ¹
Sistema aeróbios com digestão anaeróbia de lodo, sem recuperação do biogás (fase líquida + fase sólida)	0,29 ²
Sistema aeróbio com digestão anaeróbia de lodo e recuperação parcial do biogás (fase líquida + fase sólida)	0,21 ³
Esgoto coletado não tratado/DBO remanescente no lançamento	0,035 (Tier 2) 0,19 (Tier 2) 0,11 (Tier 1) ⁴

1. Baseado na estimativa de produção de lodo da lagoa aerada e na parcela do lodo digerida anaerobiamente no fundo da lagoa de decantação segundo JORDÃO E. P., PESSOA C. A. (2014).

2. Considerado a soma do MCF do digestor anaeróbio proposto por NOYOLA, et al (2018) (0,26) e MCF e de sistemas aeróbios centralizados proposto pelo IPCC (2019) (0,03).

3. Pode variar de acordo com a eficiência de recuperação do metano no biodigestor. Por padrão foi considerado a redução de 31% do MCF no digestor anaeróbio pela recuperação de metano, considerando 38% de perda no meio líquido e 50% de eficiência de queima no queimador tipo aberto, para maiores detalhes veja item 2.2.

4. Valor a ser considerado para o esgoto lançado diretamente em corpos receptores e como a etapa final de qualquer processo de tratamento considerando a DBO remanescente.

Quadro 6 – Valores do fator de conversão de metano para cada tipo de processo biológico de tratamento.

PREMISSAS PARA DETERMINAÇÃO DA DBO DEGRADADA EM CADA ETAPA DO TRATAMENTO

A DBO degradada ou removida é determinada pela diferença entre a média da DBO afluente e efluente de cada etapa de tratamento, sempre considerando para a etapa seguinte a concentração remanescente da etapa anterior. As equações 3 a 5 exemplifica o cálculo de um processo de duas etapas. Sempre que possível deve-se utilizar os dados medidos em campo.

$$DBO_{\text{degradada 1ª Etapa}} = DBO_{\text{Efluente Bruto}} - DBO_{\text{Efluente da 1ª Etapa}} \quad \text{equação (3)}$$

$$DBO_{\text{degradada 2ª Etapa}} = DBO_{\text{Efluente da 1ª Etapa}} - DBO_{\text{Efluente tratado}} \quad \text{equação (4)}$$

$$DBO_{\text{remanescente}} = DBO_{\text{Efluente tratado}} \quad \text{equação (5)}$$

Mesmo não tendo monitoramento por etapa de tratamento nos casos em que há múltiplas etapas, é possível a partir da eficiência final observada (ϵ_f) e as eficiências teóricas por etapa de tratamento (ϵ_i), estimar a DBO degradada em cada etapa. Para isso, é preciso encontrar a eficiência teórica corrigida a partir da eficiência real, considerando a remoção teórica da primeira e segunda etapa (ϵ_1) retificadas por um coeficiente de correção (x) da equação 6.

$$\varepsilon_f = 1 - (1 - \varepsilon_1 x) \cdot (1 - \varepsilon_2 x) \quad \text{equação (6)}$$

Em seguida, calcula-se a eficiência monitorada na planta:

$$\varepsilon_f = \frac{DBO_{\text{Efluente bruto}} - DBO_{\text{Efluente tratado}}}{DBO_{\text{Efluente bruto}}} \quad \text{equação (7)}$$

De posse dessas informações é possível calcular um coeficiente de correção (x) aplicando o teorema de Bhaskara ou outro método numérico. No caso do teorema de Bhaskara, o coeficiente de correlação para duas etapas será igual a menor raiz encontrada.

Finalmente a DBO degradada em cada etapa e a DBO remanescente podem ser calculadas pelas seguintes equações:

$$DBO_{\text{degradada 1ª Etapa}} = DBO_{\text{Efluente Bruto}} \cdot \varepsilon_1 x \quad \text{equação (8)}$$

$$DBO_{\text{degradada 2ª Etapa}} = DBO_{\text{Efluente da 1ª Etapa}} \cdot \varepsilon_2 x \quad \text{equação (9)}$$

$$DBO_{\text{remanescente}} = DBO_{\text{Efluente bruto}} (1 - \varepsilon_f) \quad \text{equação (10)}$$

PARÂMETRO	UNIDADE	DESCRIÇÃO	FONTE
$DBO_{\text{Efluente bruto}}$	$\left[\frac{\text{kgDBO}}{m^3} \right]$	DBO média do efluente bruto que a ETE recebe durante o período do inventário	Base de dados das operações.
$DBO_{\text{Efluente tratado}}$	$\left[\frac{\text{kgDBO}}{m^3} \right]$	DBO média do efluente tratado que a ETE recebe durante o período do inventário	Base de dados das operações.
ε_f	[%]	Eficiência observada da planta monitorada	Base de dados das operações.
ε_1	[%]	Eficiência teórica da etapa 1	Tabela 6
ε_2	[%]	Eficiência teórica da etapa 2	Tabela 6
x	adimensional	Coeficiente de correção da eficiência teórica em função da eficiência global observada	equação 6

Quadro 7 – Parâmetros para estimativa da DBO degradada considerando a eficiência típica das múltiplas etapas.

PROCESSO	EFICIÊNCIA TÍPICA ε_i	FONTE
Reator anaeróbio (UASB)	60-70%	Von Sperling, 2005
Lagoa anaeróbia	50-60%	Von Sperling, 1996
Filtro anaeróbio	68-79%	Pinto, 1995
Lagoa Facultativa	70-85%	Von Sperling, 2002a
Lagoa Facultativa aerada	70-90%	Von Sperling, 2002a
Fossa ou vala	30%	Jordão, 2014
Lodos Ativados	85-93%	Von Sperling, 2002b
Lodos Ativados por aeração prolongada	90-95%	Von Sperling, 2002b
Lagoas aeradas de mistura completa	75-85%	Von Sperling, 2005
Filtro Percolador de baixa carga	85-93%	Von Sperling, 2005
Filtro Percolador de alta carga	80-90%	Von Sperling, 2005
Filtro Aerado Submerso	88-95%	Von Sperling, 2005
Flotação por ar dissolvido	80%	Chemicharo, 2011

Quadro 8 – Eficiências típicas das principais etapas de tratamento biológico

Óxido Nitroso (N₂O)

A remoção biológica de nitrogênio convencional se inicia quando a partir da hidrólise da matéria orgânica o nitrogênio orgânico é liberado na forma de nitrogênio amoniacal. Na sequência, o processo de nitrificação converte o nitrogênio amoniacal em nitrito (NO₂⁻) e este, a nitrato (NO₃⁻). A remoção do nitrogênio na fase líquida ocorre efetivamente na desnitrificação, quando os nitratos são reduzidos a nitrogênio gasoso, este que é liberado pela atmosfera.

O nitrogênio orgânico corresponde a grupamentos amina. O nitrogênio orgânico e a amônia, em conjunto, são determinados em laboratório pelo método Kjeldahl, sendo denominado Nitrogênio Total de Kjeldahl (NTK). Assim, no meio líquido (VON SPERLING, 2016):

- NTK = nitrogênio orgânico + amônia (forma predominante nos esgotos brutos);
- NT = nitrogênio orgânico + amônia + nitrito + nitrato (nitrogênio total).

Nos processos predominantemente aeróbios com remoção biológica de nitrogênio, o N₂O pode ser produzido tanto na zona anóxica, durante a desnitrificação, quanto na zona aeróbia, durante a nitrificação. No entanto, as zonas aeróbias vêm sendo reportadas como maiores emissoras de N₂O do que as zonas anóxicas (YE, PORRO & NOPENS, 2022).

Cabe destacar que a nitrificação ocorre quase que sistematicamente nas ETEs de lodos ativados, quando operadas em condições de elevada temperatura nas regiões de clima quente, como é o caso do Brasil (VON SPERLING, 2016).

A emissão de óxido nitroso pode ocorrer de forma direta em sistemas aeróbios ou indireta após o lançamento do efluente no corpo hídrico. Para o cálculo da emissão de óxido nitroso de forma direta em estações predominantemente aeróbias se utiliza a equação 14.

Considera-se estações predominantemente aeróbias aquela que possuam pelo menos uma etapa de sistema aeróbio especificado na Tabela 4. Para os demais tipos de tratamento a emissão direta é considerada não significativa devido à baixa capacidade de nitrificação. Para todos os casos, inclusive sistemas predominantemente aeróbios, as emissões indiretas podem ser calculadas pela equação 15.

$$\text{Emissão direta de N}_2\text{O} = \text{Volume}_{\text{esgoto}} \cdot (\text{N}_{\text{Efluente bruto}} - \text{N}_{\text{Efluente tratado}}) \cdot \text{EF}_{\text{Aeróbio}} \cdot \frac{1}{1000} \cdot \frac{44}{28} \quad \text{equação (14)}$$

$$\text{Emissão indireta de N}_2\text{O} = \text{Volume}_{\text{esgoto}} \cdot (\text{N}_{\text{Efluente tratado}}) \cdot \text{EF}_{\text{Indireto}} \cdot \frac{1}{1000} \cdot \frac{44}{28} \quad \text{equação (15)}$$

Os parâmetros dessas equações são descritos no Quadro 9.

Quadro 9 – Descrição dos parâmetros de cálculo para estimativa de emissão de N₂O

Alguns estudos propuseram que o $EF_{\text{Aeróbio}}$ parece estar relacionado ao desempenho de remoção de nitrogênio total (NT) da planta (DE HAAS AND YE, 2021). Desta forma, sugere-se a utilização da equação encontrada por DE HAAS AND YE (2021) para correção do fator de emissão em casos que a eficiência de remoção de nitrogênio total ultrapasse 60%. A equação sugere que a emissão pode ser considerada desprezível caso a eficiência de remoção de NT seja superior a 95%.

$$EF_{\text{Aeróbio}} = \frac{(-0,0462 \%NT_{\text{removido}} + 4,44)}{100} \quad \text{equação (16)}$$

PARÂMETRO	UNIDADE	VALOR	DESCRIÇÃO	FONTE
EF		-	Fator de emissão com remoção de N	DE HAAS AND YE (2021)
$\%NT_{\text{removido}}$	%	Eficiência de remoção de nitrogênio total na estação	Nitrogênio total removido, considerando eficiência de nitrificação e desnitrificação.	Base de dados das operações

Quadro 10 – Descrição dos parâmetros de cálculo de correção do fator de emissão de N_2O em função da eficiência de remoção de NT da estação.

4.4.2 Escopo 1 – Efluentes coletados sem tratamento e descartados pós tratamento

No descarte de efluentes domésticos tratados e de efluentes domésticos coletados e dispostos sem tratamento também são gerados e contabilizados dois tipos de GEE – metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O).

O gás metano (CH_4) gerado pelo descarte de esgoto não tratado em meio aquático foi calculado por:

$$\sum x \text{ Emissões } CH_4 = \sum [(Vc - Vt) \times DBO_r \times Bo \times MCF]$$

$\sum x$ Emissões CH_4 = emissões de CH_4 no esgoto não tratado no mês x, t CH_4 / mês

Vc = vazão mensal de esgoto coletado, m^3 / mês

Vt = vazão mensal de esgoto tratado, m^3 / mês

DBO_r = Concentração de DBO no esgoto tratado remanescente ou bruto, t DBO / m^3

Bo = capacidade máxima de produção de t CH_4 / t DBO

MCF = fator de correção em metano, a partir da matéria orgânica no descarte de efluente

A vazão de esgoto coletado foi obtida a partir da soma da vazão coletada de todas as localidades em que há coleta de esgoto, considerando-se cada um dos departamentos operacionais. No caso do esgoto tratado, foi considerada a soma das vazões de todas as ETE operadas por departamento.

A concentração de DBO do esgoto bruto foi obtida a partir da média ponderada das concentrações do esgoto tratado das unidades de tratamento operadas por cada um dos departamentos operacionais, de maneira a melhor representar as variações regionais.

O gás óxido nitroso (N_2O) gerado pelo descarte de esgoto em meio aquático pelo foi calculado por:

$$\sum x \text{ Emissões } N_2O = \sum [FE_{\text{afiuente}} \times N_{\text{bruto}} \times (Vc - Vt) \times 44/28]$$

$\sum x \text{ Emissões } N_2O$ = emissões de N_2O no esgoto não tratado no mês x , t N_2O / mês

FE_{afiuente} = fator de emissão de N_2O no descarte de efluentes em ambientes aquáticos, t N_2O -N / t N

N_{bruto} = Concentração de nitrogênio do esgoto bruto descarregado em ambientes aquáticos, t N / m^3

Vc = vazão mensal de esgoto coletado, m^3 / mês

Vt = vazão mensal de esgoto tratado, m^3 / mês

44/28 = fator de conversão de t N_2O -N para t N_2O

FE_{efluente} = fator de emissão de N_2O no descarte de efluentes em ambientes aquáticos, t N_2O -N / t N

A concentração de nitrogênio do esgoto bruto foi obtida a partir da média ponderada da soma das concentrações de nitrogênio amoniacal e nitrogênio orgânico das unidades de tratamento operadas por cada um dos departamentos operacionais, de maneira a melhor representar as variações regionais.

Ainda segundo IPCC (2019) ambientes que propiciam o acúmulo de sedimento possuem potencial maior de geração de metano. Para estes ambientes (reservatório, lago ou estuário e outros ambientes lênticos), o MCF a ser proposto é de 0,19. Enquanto ambientes que não propiciam o acúmulo de sedimento (rios, córregos e outros ambientes lóticos) o MCF é de 0,035. Recomenda-se a utilização do MCF de 0,11 para os casos em que não há avaliação do corpo receptor ou dúvida quanto à possibilidade de acúmulo de sedimento.

4.4.3 Escopo 1 – Resíduos sólidos

A produção dos resíduos sólidos (lodos) da Copasa advém das ETEs, ETAs (Unidades de Tratamento de

Resíduos – UTRs) e (urbanos) do Aterro Sanitário de Varginha / MG.

ETEs e ETAs (UTRs)

Os quantitativos de lodos das ETEs e UTRs da companhia são obtidos através das Declarações de Movimentação de Resíduos (DMRs) que são preenchidas e emitidas por cada gerência regional (operacional) semestralmente, de acordo com a legislação vigente DN COPAM 232 de 2019. A zona climática considerada para as ETEs foi o município de Belo Horizonte em razão da maior parte do resíduo sólido do parque de ETEs da Copasa serem provenientes da RMBH. Quanto a qualidade dos locais e disposição dos resíduos, os aterros das ETEs de um modo geral são classificados como categoria D. Nesses aterros não há recuperação de metano.

Aterro Sanitário de Varginha/MG

Os quantitativos de resíduos sólidos com disposição final no aterro sanitário de Varginha / MG são obtidos através de dados operacionais de pesagem dos resíduos domésticos recebidos pela unidade. A composição dos resíduos recebidos do município de Varginha foi obtida através da Revisão do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) do município de Varginha, publicado em 2022 que informa a composição gravimétrica em percentual dos materiais nos resíduos sólidos urbanos (RSU) de Varginha, conforme quadro abaixo:

Resíduo		Varginha	
Plástico	Plástico duro	5,72%	7,52%
	Plástico mole	1,80%	
Papel/papelão		9,94%	9,94%
Metais	Metal ferroso	0,96%	1,26%
	Metal não ferroso	0,30%	
Vidro		10,49%	10,49%
Orgânico		62,25%	62,25%
Rejeito		8,54%	8,54%
TOTAL		100,00%	

Quadro 11 – Composição gravimétrica – percentual dos materiais nos RSU de Varginha

Fonte: Revisão do PMGIRS do município de Varginha, 2022.

A zona climática considerada para o aterro foi o município de Lavras/MG por ser o município mais próximo disponível na listagem da ferramenta GHG. Quanto a qualidade dos locais e disposição dos resíduos sua classificação é tipo A, pois realiza controle de entrada de resíduos, controle de material de cobertura (solo), compactação mecânica por "passadas sobre o lixo" com trator de esteira e são realizados levantamentos volumétricos por topografia. O aterro possui 22 queimadores do tipo flare aberto, com ateuo de chama de modo manual 2 vezes ao dia. Entretanto, não há medição in loco de biogás recuperado. De acordo com a literatura

e benchmarking realizados com outras empresas de saneamento, adotou-se uma eficiência de captação de biogás em aterro sanitário de 60% (Spokas et al., 2006) e queima em flare aberto de 50%, resultando numa recuperação total de metano de 30% no ano de 2023.

Para ambos aterros, em função de não existirem dados específicos de difusão de metano através da camada de cobertura dos aterros operados, tampouco medições de emissões fugitivas (fissuras, rachaduras) nas células, foi utilizado o valor padrão recomendado para fator de oxidação do metano em aterros igual a 0,1 que reflete a quantidade de metano oxidada no solo ou em outro material que recubra o resíduo.

Para a contabilização das emissões, os dados foram lançados na planilha 'ferramenta_ghg_protocol_v2024_v2024.0.xlsx' disponibilizada pelo GHG Protocol.

4.4.4 Escopo 1 – Combustão móvel

Os quantitativos de consumo de combustíveis (litragem) pelos veículos da frota da Copasa são obtidos diretamente do sistema de gestão de frota da companhia que registra todas as compras através do cartão combustível.

Portanto, para a contabilização das emissões, os dados mensais de cada tipo de combustível consumido no ano de 2023 foram lançados na 'Tabela 2. Cálculo de emissões por tipo de combustível no ano de ___' da planilha 'ferramenta_ghg_protocol_v2024_v2024.0.xlsx' disponibilizada pelo GHG Protocol.

4.4.5 Escopo 1 – Combustão estacionária

Os quantitativos de consumo de combustíveis (litragem) pelos equipamentos estacionários da Copasa são obtidos diretamente do sistema de gestão de frota da companhia que registra todas as compras através do cartão combustível.

Os quantitativos de GLP (gás liquefeito de petróleo) utilizadas na companhia são obtidas do sistema SAP.

O volume de biometano utilizado para produção de energia através de biomassa na ETE Ibirité são levantados através de medidores de vazão com totalizador pela equipe operacional do empreendimento e disponibilizado via planilhas Excel.

Para a contabilização das emissões, os dados mensais de cada tipo de combustível consumido no ano de 2023 e quantitativos de GLP utilizados foram lançados na 'Tabela 1. Fontes estacionárias de combustão' da planilha 'ferramenta_ghg_protocol_v2024_v2024.0.xlsx' disponibilizada pelo GHG Protocol.

4.4.6 Escopo 1 – Emissões Fugitivas

Os dados levantados para essa categoria são referentes à equipamentos de ar condicionados do tipo residencial/comercial e extintores de incêndio adquiridos ou que passaram por recarga de gás no ano de 2023.

O gás considerado para cada equipamento de ar condicionado foi o R-410A (GWP = 1924) enquanto para extintor de incêndio foi o CO₂ (GWP = 1).

Devido à baixa relevância das emissões fugitivas em comparação às emissões totais da companhia, para a contabilização das emissões, os dados foram lançados na “Tabela 1. Emissões de GEE por equipamentos de RAC e extintores – balanço de materiais por estágio do ciclo de vida” da ‘ferramenta_ghg_protocol_v2024_v2024.0.xlsx’ disponibilizada pelo GHG Protocol.

4.4.7 Escopo 1 – Biogênicas

As emissões biogênicas de CO₂ estão relacionadas ao ciclo natural do carbono, bem como aquelas resultantes da combustão, colheita, digestão, fermentação, decomposição ou processamento de materiais de base biológica. Essas emissões são importantes para entender o balanço de carbono no meio ambiente e os impactos das atividades humanas sobre os ciclos naturais

Na Copasa, as emissões de CO₂ biogênico são provenientes da queima de biogás nas ETEs e no aterro sanitário de Varginha, da combustão de biocombustíveis nos veículos da frota, da combustão de biocombustíveis em equipamentos estacionários, dos plantios de árvores nativas controlados pela Copasa e das Áreas de Proteção Permanentes de posse da companhia. Tais emissões são relatadas a parte no Escopo 1.

4.4.8 Escopo 2 – Compra de Energia elétrica (abordagem de localização)

A companhia contabiliza suas emissões indiretas provenientes da aquisição de energia elétrica para utilização tanto em suas atividades administrativas quanto em seus processos de tratamento e distribuição de água e de coleta e tratamento de esgoto. Em 2023 a Copasa aderiu ao Mercado Livre de Energia, entretanto, somente em 2024 parte dessa energia adquirida será proveniente de fontes renováveis. Portanto, a contabilização dessas emissões seguiu a abordagem de localização, utilizando os fatores de emissões mensais fornecidos pelo MCTI – Ministério da Ciência e Tecnologia.

A Copasa possui sistemas de autoprodução de energia em seu parque industrial. São eles: a Central Geradora Hidrelétrica (CGH) do Sistema Rio Manso e as Pequenas Centrais Termelétricas (PCT) das ETE Ibirité e ETE Arrudas. Os montantes de energia produzida são relatados no escopo 2 e descontada do total de energia consumida da rede em virtude das mesmas serem classificadas como geração distribuída.

Para a contabilização das emissões, os dados mensais de consumo de energia segmentados por fonte i) Atividade Administrativa; ii) Captação/Tratamento/Distribuição de Água; iii) Coleta de Esgoto e iv) Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) obtidos do Sistema de Informações para o Controle de Energia Elétrica – SICOE – foram lançados na planilha ‘ferramenta_ghg_protocol_v2024_v2024.0.xlsx’ disponibilizada pelo GHG Protocol.

4.4.9 Escopo 3 – Resíduos gerados na operação

Os quantitativos de lodos das ETEs e UTRs da companhia são obtidos através das Declarações de Movimentação de Resíduos (DMRs) que são preenchidas e emitidas por cada gerência regional (operacional) semestralmente, de acordo com a legislação vigente DN COPAM 232 de 2019.

Para a contabilização das emissões, os dados resíduos sólidos provenientes das ETEs e ETAs (UTRs) e que tiveram destinação final em aterro sanitário terceirizado, foram lançados na planilha ‘ferramenta_ghg_protocol_v2024_v2024.0.xlsx’ disponibilizada pelo GHG Protocol.

4.4.10 Escopo 3 – Viagens a negócios

Em razão da baixa significância e da dificuldade de obtenção de dados referentes às viagens rodoviárias realizadas por empregados da companhia à negócios, realizamos apenas o cálculo das emissões referentes às viagens aéreas.

Para a contabilização das emissões, os dados de rotas, número de viagens e/ ou passageiros foram obtidos diretamente da agência de viagem contratada no ano de 2023 e lançados na planilha ‘ferramenta_ghg_protocol_v2024_v2024.0.xlsx’ disponibilizada pelo GHG Protocol.

5. RESULTADOS

Em 2023, a Copasa teve seu IGEE verificado por OVV e contabilizou em suas atividades operacionais a emissão direta de 657.040,49 tCO₂e em seu escopo 1, a emissão indireta de 38.152,25 tCO₂e em seu escopo 2, a emissão indireta de 47.910,532 tCO₂e em seu escopo 3. Quanto as emissões de CO₂ biogênico, contabilizou-se a emissão de 107.633,220 tCO₂biogênico no escopo 1 e de 480,842 tCO₂biogênico no escopo 3, além da remoção de 234,323 tCO₂biogênico.

Escopo	Emissões GEE (tCO ₂ e)	Emissões CO ₂ biogênico	Remoções CO ₂ biogênico
1	657.040,49	107.633,22	234,32
2	38.152,25		
3	47.910,53	480,84	

Quadro 12 – Resumo das Emissões Totais Copasa em 2023

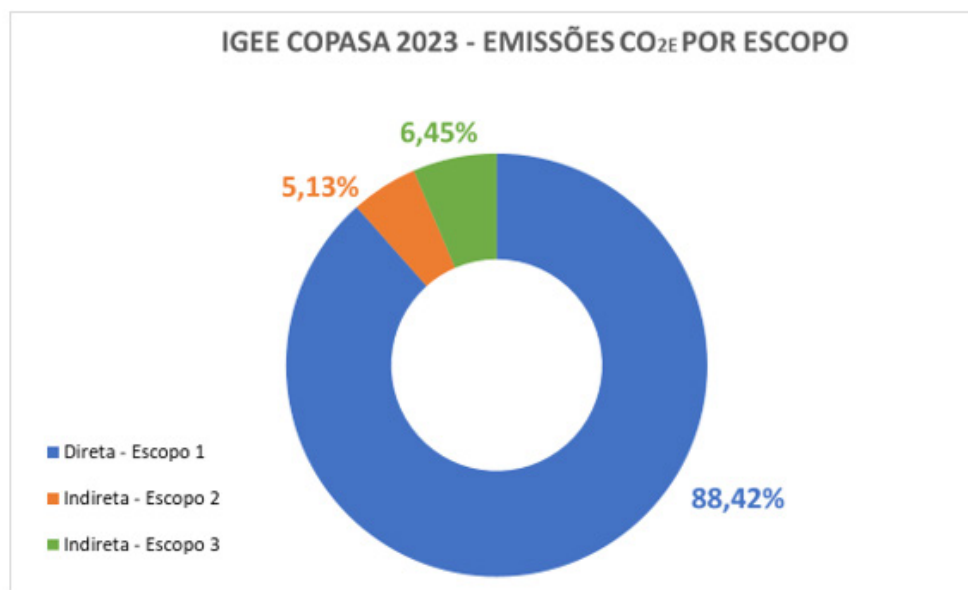


Figura 3 – Emissões GEE 2023 Copasa por escopo

Dentre os GEE inventariados nas atividades desenvolvidas pela companhia em 2023, constam CH₄ (metano), CO₂ (dióxido de carbono), N₂O (óxido nitroso) e HFC (hidrofluorcarbonetos). O GEE mais emitido é o metano, resultante, principalmente, do tratamento de efluentes domésticos através, em sua maioria, de plantas industriais com tecnologias anaeróbias. Entretanto, outras fontes contribuem para a emissão do CH₄, como combustão estacionária/móvel, resíduos sólidos e transporte aéreo de empregados.

O óxido nitroso é emitido nos processos de tratamento de esgoto com tecnologias aeróbias e no descarte de efluentes tratados e não-tratados (apenas coletados) nos corpos hídricos. As emissões de HFC são oriundas das fontes fugitivas – extintores de incêndio e equipamentos de ar condicionado.

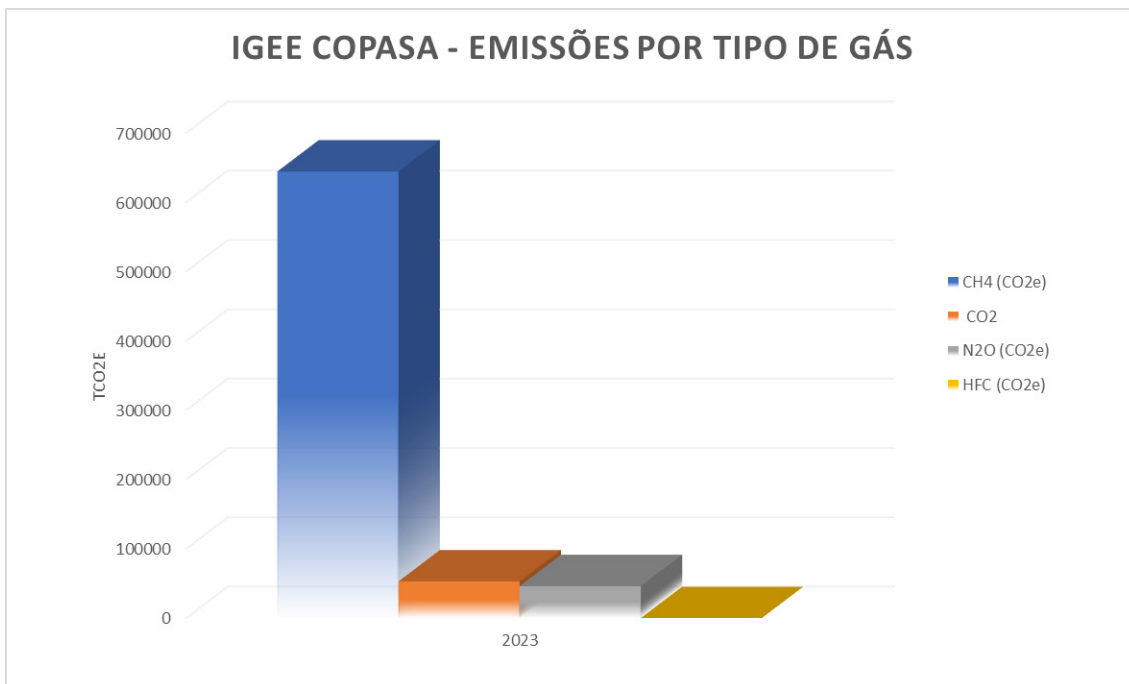


Figura 4 – Emissões GEE 2023 Copasa por tipo de gás

A seguir são apresentados os resultados dos indicadores de intensidade carbônica 2023 utilizados pela companhia e definidos em benchmarking com outras empresas do setor de saneamento:

DENOMINAÇÃO	DESCRIPTIVO	UNIDADE	INTENSIDADE 2023
Carbono Corporativo	(E1+E2) / água produzida + esgoto coletado	kg CO ₂ e / m ³	0,467
ICO ₂	(E1+E2 + E3) / receita líquida	kg CO ₂ e / R\$ mil	0,114
Carbono Esgoto	(Emissões Esgoto) / esgoto coletado	kg CO ₂ e / m ³	1,555

Quadro 13 – Indicadores de Intensidade carbônica 2023

5.1 Emissões diretas – Escopo 1

A emissões diretas, alocadas no Escopo 1, são resultantes das atividades cuja companhia detém controle operacional e foram responsáveis por 88,433% das emissões totais da Copasa em 2023. O resultado é característico do setor de saneamento que tem em uma das suas atividades fim, tratamento de esgoto sanitário (Efluentes Líquidos) – a principal categoria emissora de GEE. Segue abaixo gráfico das principais fontes de emissão de GEE do Escopo 1 e as respectivas percentagens em 2023:

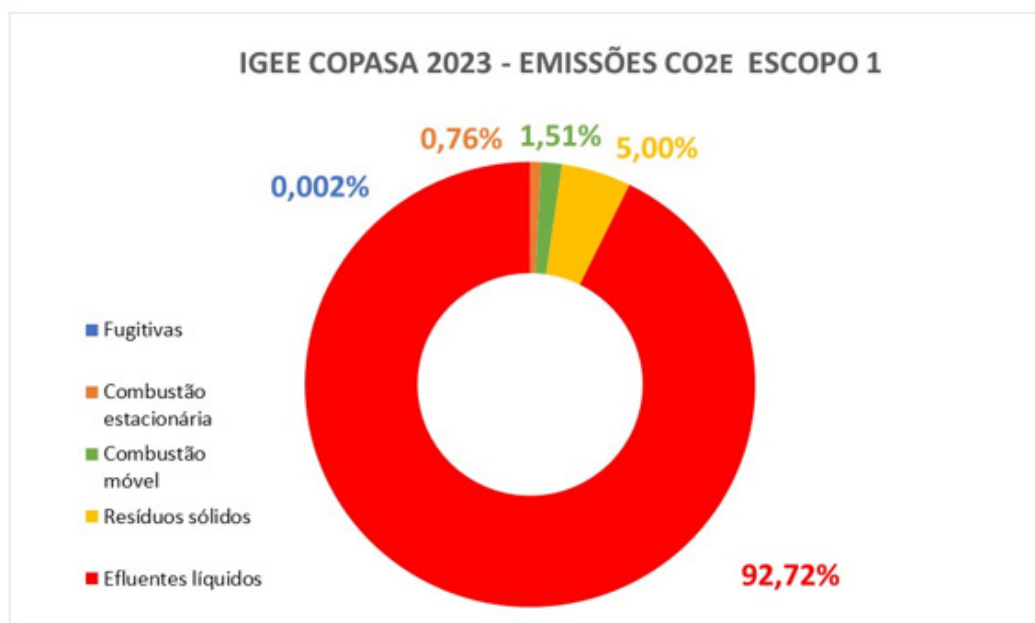


Figura 5 – Emissões GEE 2023 Copasa – categorias do escopo 1

5.1.1 – Efluentes

A Copasa em 2023 realizou a coleta de 391.726.339,49 m³ de esgoto (incremento de 5,07% em relação ao ano 2022) e tratou em suas ETEs 346.156.968,10 m³ (incremento de 9,20% em relação ao ano 2022) correspondendo à 88,36% do esgoto coletado, resultando em 595.122,01 tCO₂e.

A eficiência média de remoção de matéria orgânica (DBO) das 235 ETEs em operação em 2023 ficou em 86,12%, apresentando incremento de 1,35% em relação ao ano anterior. Essa informação impacta diretamente a emissão de GEE em virtude da carga orgânica degradada ser diretamente proporcional à emissão de metano e/ou óxido nitroso.

Em 2023 foi realizado um levantamento criterioso das unidades de queima e aproveitamento energético de biogás em todas as unidades da companhia a fim de aprimorar a exatidão dos dados das tecnologias de mitigação de GEE nas ETEs. Dentre as 235 ETEs da Copasa em operação em 2023, 110 ETEs operaram seus flares em 2023, 95 ETEs não realizaram a queima do biogás por questões operacionais e 30 ETEs não possuem queimadores em razão da tecnologia de tratamento não permitir a captação do biogás. Essa ação mitigadora resultou em 2023, na redução total de 103.522,45 tCO₂e, ou seja, 17,40% das emissões potenciais da fase líquida do tratamento de efluentes.

Outra parcela considerada fonte de emissões de GEE é a carga orgânica contida no esgoto não tratado (apenas coletado) lançado nos corpos hídricos receptores (47.592.329,76 m³), que resultou na emissão de 14.080,97 tCO₂e.

5.1.2 – Resíduos sólidos

Os resíduos sólidos da Copasa advêm das ETEs, ETAs (Unidades de Tratamento de Resíduos – UTRs) e do Aterro Sanitário de Varginha / MG e a parcela desses que tem como destinação final aterros próprios da companhia, ou seja, em que a companhia tem controle operacional, são alocados no escopo 1.

Por conta do perfil de degradação da matéria orgânica em aterros, as emissões de GEE pela disposição de resíduos em aterros ocorrem por um período superior a 30 anos após a sua disposição. Sendo assim, o inventário de um ano considera a parcela das emissões de GEE de resíduos aterrados no ano inventariado e também as parcelas de emissões de resíduos dispostos em aterros nos anos anteriores. Segue abaixo o histórico dos quantitativos de resíduos sólidos:

Quantidade de resíduos enviados ao aterro no ano (base úmida)								
Fonte	Anos	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Aterro Sanitário de Varginha	[t/ano]	9.731,11	34.210,07	30.829,92	33.032,32	35.529,47	36.568,67	45.166,07
ETEs	[t/ano]			8.985,78	16.305,96	11.061,75	10.184,42	38.843,54
ETAs	[t/ano]						9.862,88	5.212,33

Quadro 14 – Quantitativos de resíduos sólidos (lodo) enviados à aterros no ano (base úmida)

O aterro Sanitário de Varginha iniciou sua operação em 2017. Os dados de resíduos sólidos de ETEs são obtidos do sistema MTR-MG, sendo que o mesmo teve sua implantação concluída em 2019. O histórico de dados das ETAs se inicia em 2022, ano em que as UTRs na companhia foram inseridas no sistema MTR-MG.

A contabilização dessas fontes resultou no ano de 2023, a emissão de 32.867,04 tCO_{2e}, sendo 29.636,57 tCO_{2e} provenientes do Aterro Sanitário de Varginha, 2.380,72 tCO_{2e} das ETEs e 846,75 tCO_{2e} das ETAs.

Devido à mitigação empregada no aterro sanitário de Varginha, através da queima do biogás captado através de 22 flares abertos, foram emitidos 1.196,19 tCO_{2biogênico} em 2023.

5.1.3 – Combustão Estacionária

A companhia utiliza em suas atividades alguns equipamentos estacionários como fonte de energia a base de combustão. Em 2023, foram consumidos 2.121.530,28 litros de óleo Diesel (comercial), 16,023 toneladas de GLP e 76,36 toneladas de biometano. Basicamente o óleo diesel é utilizado para geradores estacionários em empreendimentos sem ligação à rede de energia local ou como fonte alternativa de energia para momentos de quedas de energia da rede local. O GLP é utilizado nas cozinhas de escritórios e de empreendimentos

da companhia. O Biometano é produzido na ETE Ibirité sendo combustível para produção de energia elétrica utilizada nos processos da própria ETE.

A contabilização dessas fontes resultou, em 2023, a emissão de 5.020,211 tCO₂e e 809,114 tCO₂biogênico.

5.1.4 – Combustão Móvel

Em 2023, a frota de caminhões e veículos leves da companhia utilizaram, para as atividades operacionais e corporativas, os seguintes quantitativos de combustíveis: 2.076.058,18 litros de óleo diesel (comercial), 3.011.708,90 litros de gasolina automotiva (comercial) e 195.858,05 litros de etanol.

A contabilização dessas fontes resultou, em 2023, a emissão de 9.923,095 tCO₂e e 2.105,466 tCO₂biogênico.

5.1.5 – Fugitivas

As fontes de emissões fugitivas presentes nas atividades da Copasa são referentes aos extintores de incêndio e aos ar condicionados. Em 2023, foram realizadas recargas anuais preventivas em 1.055 unidades de extintores de diversas capacidades, correspondendo ao total de recarga de 6.662,00 kg de dióxido de carbono (CO₂). Foram realizadas a manutenção (troca de gases) em 4 equipamentos de ar condicionado comercial, que correspondeu a 3,90 kg do gás R-410A, e a aquisição de 37 equipamentos de ar condicionado comercial de diversas potências correspondendo a 52,11 kg do gás R-410A.

A contabilização dessas fontes resultou, em 2023, a emissão de 14,164 tCO₂e.

5.1.6 – Mudança no uso do solo

O Programa Socioambiental de Proteção e Recuperação de Mananciais – Pró-Mananciais tem por objetivo proteger e recuperar as microbacias hidrográficas e as áreas de recarga dos aquíferos dos mananciais utilizados para a captação de água para abastecimento público das cidades operadas pela Copasa.

As matas ciliares constituem formações vegetais que ocorrem nas margens dos rios, córregos, lagos, lagoas, represas e nascentes, áreas que são consideradas pela Lei de Proteção da Vegetação Nativa (Lei 12.651/12) como áreas de preservação permanente.

As matas ciliares funcionam como filtro ambiental, retendo poluentes e sedimentos que chegariam aos cursos d'água. Portanto, a sua recuperação e manutenção contribuem para proteger as margens dos cursos d'água contra a erosão e o consequente assoreamento e poluição dos recursos hídricos, conservando a qualidade e o volume das águas. O plantio de mudas nativas é de suma importância para acelerar o processo

de recuperação das matas ciliares.

Em 2023 foi executado o plantio de 20.112 mudas nativas do Cerrado em propriedades de parceiros sob controle operacional da Copasa, resultando na remoção de 234,323 tCO₂biogênico*.

Categoria	Emissões tCO ₂ e	Emissões de CO ₂ biogênico	Remoções de CO ₂ biogênico
Combustão móvel	9.936,082	2.105,466	-
Combustão estacionária	5.020,120	809,114	-
Processos industriais	-	-	-
Resíduos sólidos e efluentes líquidos	642.070,121	104.718,640	-
Fugitivas	14,164	-	-
Atividades agrícolas	-	-	-
Mudança no uso do solo	-	-	234,323
Total de emissões Escopo 1	657.040,487	107.633,220	234,323

Quadro 15 – Emissões de GEE Copasa 2023 – Escopo 1

5.2 ESCOPO 2

A companhia tem como objetivo em sua gestão energética a modernização da matriz energética, com a amplificação do movimento de migração para o mercado livre de energia com utilização de fontes de energia renováveis, além da manutenção da trajetória rumo à transição energética, como a utilização da geração solar fotovoltaica e expansão do aproveitamento do biogás dos esgotos para a cogeração de energia.

Em 2023, a Central Geradora Hidrelétrica (CGH) do Sistema de captação, tratamento e distribuição de água do Rio Mando produziu, via fonte hidráulica, o montante de 3.006.571 kWh e a Pequena Central Termelétrica (PCT), via biomassa – biometano, da ETE Ibitité foi responsável pela produção de 181.491,00 kWh de energia (9,91% da energia consumida no empreendimento).

O consumo de energia elétrica comprada em 2023 para realização das atividades operacionais e administrativas foi de 986.348,383 MWh, sendo 91,26% utilizado em captação, tratamento e distribuição de água, 4,26% em tratamento de esgoto, 3,05% em coleta de esgoto, 1,43% em atividades administrativas e 0,00021% na operação do aterro sanitário de Varginha.

Os fatores de emissão mensais utilizados foram extraídos do Sistema Nacional Interligado em 2023 disponibilizados pelo MCTI e utilizados nos cálculos estão descritos abaixo:

Ano	Parâmetro	Unidade	Mês												Média Anual
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
2023	FE do SIN	tCO ₂ /MWh	0,0292	0,0238	0,0298	0,034	0,0295	0,0528	0,0495	0,0419	0,0343	0,0387	0,0529	0,0459	0,0385

A contabilização desta fonte de emissões de GEE, via abordagem por “localização”, resultou em 38.152,250 tCO₂e.

Abordagem baseada na localização	Emissões tCO ₂ e	Emissões de CO ₂ biogênico	Remoções de CO ₂ biogênico
Aquisição de energia elétrica	38.152,250	-	-
Aquisição de energia térmica	-	-	-
Perdas por transmissão e distribuição	-	-	-
Total de emissões Escopo 2 (localização)	38.152,250	-	-

Abordagem baseada na escolha de compra	Emissões tCO ₂ e	Emissões de CO ₂ biogênico	Remoções de CO ₂ biogênico
Aquisição de energia elétrica	-	-	-
Aquisição de energia térmica	-	-	-
Perdas por transmissão e distribuição	-	-	-
Total de emissões Escopo 2 (escolha de compra)	-	-	-

Quadro 16 – Emissões de GEE Copasa 2023 – Escopo 2

5.3 ESCOPO 3

O Escopo 3 é uma categoria de relato opcional, que permite a consideração de todas as outras emissões indiretas. As emissões do Escopo 3 são uma consequência das atividades da empresa, mas ocorrem em fontes que não pertencem ou não são controladas pela empresa.

Após benchmarking com empresas do setor de saneamento, entendeu-se que as categorias 3, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 e 15 do escopo 3, não se aplicam às atividades desenvolvidas pela companhia e pelo setor de um modo geral. Até o momento, as demais categorias 1, 2, 4 e 7 ainda não foram contabilizadas devido à indisponibilidade de dados.

5.3.1 – Resíduos gerados na operação

A parcela dos resíduos sólidos da Copasa gerados nas atividades de tratamento de água ETAs (Unidades de Tratamento de Resíduos – UTRs) e tratamento de esgoto ETEs que tem como destinação final aterros terceirizados, ou seja, em que a companhia não detém controle operacional, são alocados no escopo 3.

Em virtude da gestão dessa fonte ser de controle operacional de terceiros, a contabilização das emissões emitidas ao longo de 30 anos da degradação da matéria orgânica são reportadas no ano da destinação do resíduo ao aterro.

Em 2023, a companhia produziu 89.530,53 toneladas de lodo, o que resultou na emissão de 47.747,62 tCO₂e e 480,84 tCO₂biogênico*.

5.3.2 – Viagens a negócios

Apesar das emissões dessa fonte serem significativamente baixas para o inventário de GEE da companhia, como boa prática e cumprindo o princípio da integridade, são levantados os dados de viagens aéreas realizadas à serviço pelos empregados.

Em 2023, as viagens à negócios foram responsáveis pela emissão de 162,96 tCO₂e.

Categoria	Emissões tCO ₂ e	Emissões de CO ₂ biogênico	Remoções de CO ₂ biogênico
1. Bens e serviços comprados	-	-	-
2. Bens de capital	-	-	-
3. Atividades relacionadas com combustível e energia não incluídas nos Escopos 1 e 2	-	-	-
4. Transporte e distribuição (upstream)	-	-	-
5. Resíduos gerados nas operações	47.747,616	480,842	-
6. Viagens a negócios	162,916	-	-
7. Emissões casa-trabalho	-	-	-
8. Bens arrendados (a organização como arrendatária)	-	-	-
9. Transporte e distribuição (downstream)	-	-	-
10. Processamento de produtos vendidos	-	-	-
11. Uso de bens e serviços vendidos	-	-	-
12. Tratamento de fim de vida dos produtos vendidos	-	-	-
13. Bens arrendados (a organização como arrendadora)	-	-	-
14. Franquias	-	-	-
15. Investimentos	-	-	-
Emissões de Escopo 3 não classificáveis nas categorias 1 a 15	-	-	-
Total de emissões Escopo 3	47.910,532	480,842	-

Quadro 17 – Emissões de GEE Copasa 2023 – Escopo 3

5.4 HISTÓRICO DE EMISSÕES

A COPASA MG realiza o inventário corporativo de emissões de GEE desde 2009, passando por um upgrade desse processo em 2014 com a atualização da metodologia e melhoramento das práticas de obtenção de dados operacionais, através de consultoria técnica especializada. Desde então a COPASA MG vem levantando as emissões de GEE e reportando-as, assim como as ações corporativas correlacionadas, em plataformas de reporte como CDP, ICO2 (B3) e nos seus Relatórios de Sustentabilidade. Em 2022, a empresa tornou-se membro do Programa Brasileiro GHG Protocol, aprimorando e alinhando as metodologias de inventário de GEE com as diretrizes do IPCC 2019. Portanto, definiu-se como ano-base da Copasa, o ano 2022.

Em 2023, o IGEE corporativo da Copasa passou pela primeira verificação por terceiros, sendo o Organismo verificador a empresa Ecogest. A declaração de verificação encontra-se no Anexo A.

Em relação ao ano base 2022, as emissões de GEE da companhia apresentaram incremento de 38%, em virtude de alguns aspectos mencionados abaixo:

- Incremento de número de ETes em operação (230 em 2022 e 235 em 2023)

- Incremento de 9,18% em volume de esgoto tratado (317 milhões de m³ em 2022 e 346 milhões de m³ em 2023)
- Aumento de resíduos sólidos com destinação final (56.615,97 toneladas em 2022 e 89.221,94 toneladas em 2023)
- Incremento de 13,28% DBO média degradada nos processos de tratamento de esgoto (325,59 mg/l DBO5,20 em 2022 e 368,82 mg/l DBO5,20 em 2023)
- Refinamento do levantamento de dados de queima de biogás nas ETEs e consequente redução de 28,25% de metano queimado ou recuperado (144.287,13 tCO₂e em 2022 e 103.522,45 tCO₂e em 2023).

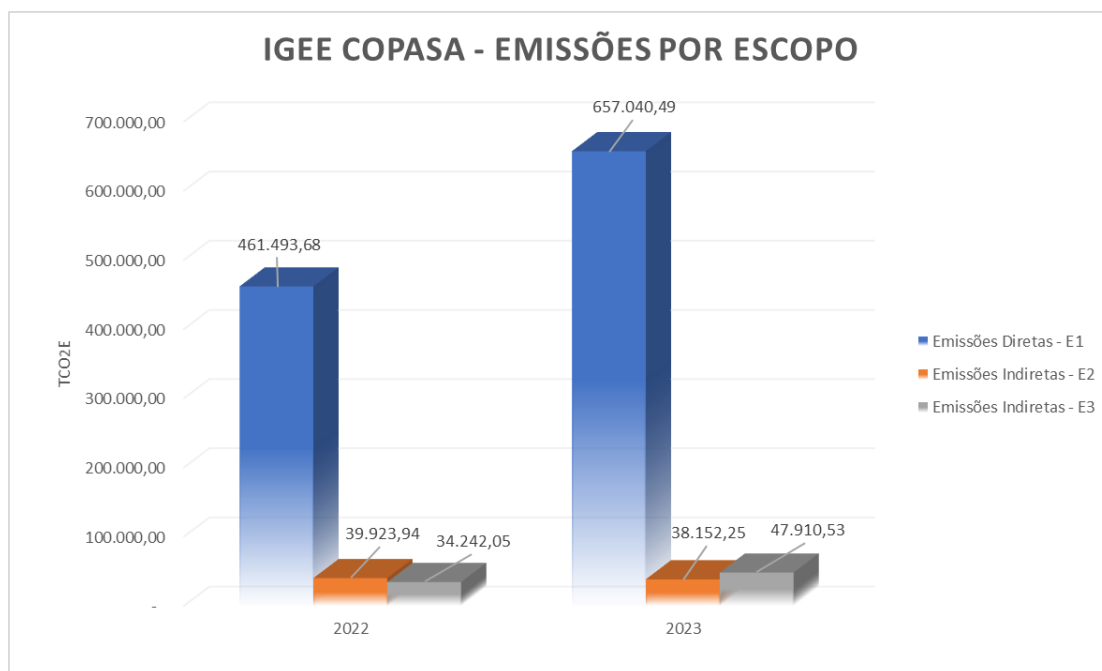


Figura 6 – Histórico de emissões GEE Copasa (2022 e 2023)

5.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Segundo dados do Fórum Econômico Mundial, as concessionárias de água e esgoto do mundo respondem por cerca de 5% das emissões globais de gases de efeito estufa (GEE), e fechar a lacuna do saneamento com métodos tradicionais provocaria aumento estimado e 10% nas emissões do setor (Global Water Intelligence).

Nacionalmente não é diferente, por mais que o tratamento de efluentes dentro do setor de resíduos representa apenas 2% das emissões líquidas brasileiras, de acordo com os dados disponíveis na plataforma SEEG (2021), há, em consonância com a publicação, uma tendência de aumento significativo das emissões dessa categoria quando consideradas as metas de universalização previstas pelo Novo Marco do Saneamento (Lei nº 14.026/2020), que preconiza garantia de atendimento de 99% da população com água potável e 90% da população com coleta e tratamento de esgoto até 2033.

O setor tem um grande desafio em atender as metas do Novo Marco, estar preparado e resiliente para eventos climáticos severos e ainda reduzir as emissões de GEE nos processos de tratamento de efluentes. Por

isso, é importante o alinhamento entre os pares do setor para soluções e fortalecimento.

Tem-se, portanto, um importante “tradeoff” a ser endereçado pelo setor: se de um lado a universalização do saneamento promove melhorias ambientais e de saúde pública imensuráveis, de outro, traz consigo o aumento de emissões diretas e indiretas de GEE, na contramão do esforço global de redução de emissões.

Outro ponto de atenção diante do desafio da universalização e das projeções de emissões é o fator de emissão de metano para a decomposição da carga orgânica em corpos hídricos em situações sem tratamento ser menor que em situações com tratamento centralizado, ou até mesmo quando é coletado e não tratado. Essa questão impacta na determinação da linha de base do setor.

A COPASA tem intensificado a construção de parcerias sustentáveis para a realização das suas metas em relação às melhorias na situação ambiental e das condições de vida da população em sua região de atuação. Dentre essas parcerias destacam-se os empréstimos contraídos junto aos bancos de fomento internacionais Frankfurt am Main - KfW e Banco Europeu de Investimento - BEI, captados entre 2011 e 2019 e que totalizam € 325.000.000, destinados ao financiamento de projetos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário.

Estes recursos estão sendo alocados na implementação de medidas de eficiência energética em estações de bombeamento de sistemas de água potável; na reabilitação, melhoria e ampliação de grandes estações de tratamento de esgoto; na melhoria e ampliação de sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, na implantação de novas estações de tratamento de esgoto, além de ações de proteção de mananciais, ou seja, iniciativas de mitigação e de adaptação climáticas.

Desenvolvimento de metas setoriais / metas de desempenho

Considera-se como relevante a necessidade de ampliar os estudos e discussões sobre emissões factíveis a serem mitigadas e de um nível econômico de emissões residuais do setor de saneamento, ou trabalhar com metas relativas ao invés de metas absolutas. A articulação setorial e com instituições de referência pode contribuir para alavancar este aprofundamento.

O nível residual de emissões não é limitado ao contexto brasileiro sendo verificado como uma tendência em diversos países que já alcançaram universalização do tratamento de esgoto e se deparam com novos desafios como a gestão das emissões de óxido nitroso e das emissões indiretas da cadeia de suprimentos.

5.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATV–DVWK Standard. A 131E (2000). Dimensioning of Single–Stage Activated Sludge Plants. – 2000
- CHERNICHARO, C.A.L (2011). Princípios do tratamento biológico de água residuárias. Vol.5. Reatores anaeróbios. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG. 2.ed. 379 p
- DE HAAS D. AND YE L. (2021). Nitrous oxide emissions from wastewater treatment: a case for variable emission factors. *Water E–Journal (Online Journal of the Australian Water Association)*, 6(2), 2021, <https://doi.org/10.21139/wej.2021.008>
- FAO. (2021). *World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2021*. Rome.
- FILIPPINI, R. M. K. ; Waiss, T. C. F. ; Lopardo, N. (2018) Análise de sensibilidade para alteração do método para estimativa de emissões de gases de efeito estufa no tratamento de efluentes. In: XIV – Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2018, Foz do Iguaçu.
- GHG Protocol (2024). Ferramenta de Cálculo Programa Brasileiro GHG Protocol. Disponível em: <https://eaesp.fgv.br/centros/centro-estudos-sustentabilidade/projetos/programa-brasileiro-ghg-protocol>.
- GUANG–HAO CHEN, MARK C.M. VAN LOOSDRECHT, G.A. EKAMA, DAMIR BRDJANOVIC (2022). *Biological Wastewater Treatment: 2nd Edition*
- IPCC (2006). Intergovernmental Panel on Climate Change. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.
- IPCC (2013): *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp, doi:10.1017/CBO9781107415324
- IPCC (2019); *Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Deborah Bartram (USA), Michael D. Short (Australia), Yoshitaka Ebie (Japan), Juraj Farkaš (Slovakia), Céline Gueguen (France), Gregory M. Peters (Sweden), Nuria Mariana Zanzottera (Argentina), M. Karthik (India)
- JORDÃO E. P., PESSOA C. A. (2014). *Tratamento de esgotos domésticos – 7ª edição*
- K. SPOKAS (2006). Methane mass balance at three landfill sites: what is the efficiency of capture by gas collection systems. *Waste Management*, 26: 516–525.

- NOYOLA, A., PAREDES, M.G., GÜERECA, L.P., MOLINA, L.T., ZAVALA M. (2018). Methane correction factors for estimating emissions from aerobic wastewater treatment facilities based on field data in Mexico and on literature review.
- PINTO, J.D.S (1995). Tratamento de esgotos sanitários em filtro anaeróbio utilizando escória de alto-forno como meio de suporte. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG. Belo Horizonte.
- SOUZA, C. L. (2010) Estudo das Rotas de Formação, Transporte e Consumo dos Gases Metano e Sulfeto de Hidrogênio Resultantes do Tratamento de Esgoto Doméstico em Reatores UASB. Belo Horizonte: Tese de Doutorado, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Escola de Engenharia, 2010.
- TT389/09 (2009) Process Design Manual For Small Wastewater Works. 1st Ed, Pretoria, RSA.
- VON SPERLING & ANDREOLI. Sludge Treatment and disposal (2007)
- VON SPERLING, M. (2002a) Princípios do tratamento biológico de água residuárias. Vol.3. Lagoas de estabilização. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG. 2.ed. 196 p.
- VON SPERLING, M. (2002b) Princípios do tratamento biológico de água residuárias. Vol.4. Lodos ativados. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG. 2.ed. 428 p.
- VON SPERLING, M. (2005) Princípios do tratamento biológico de água residuárias. Vol.1. Introdução à qualidade das águas e tratamento de esgotos. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG. 3.ed. 452 p.
- VON SPERLING, M. (2012). Lodos Ativados. Belo Horizonte: Editora UFMG.
- YE, L.; PORRO, J.; NOPENS, I. Quantification and modelling of fugitive greenhouse gas emissions from urban water systems.

ANEXO A

Declaração de Verificação

do Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa | Ano 2023

A Ecogest Projetos e Inovações Sustentáveis declara que o **Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE)** da **Copasa - Companhia de Saneamento de Minas Gerais** (CNPJ 17.281.106/0001-03) de 2023 (de 01 de janeiro até 31 de dezembro) são verificáveis e cumprem a norma ISO 14064-3 e os requisitos do Programa Brasileiro GHG Protocol (PBGHGP) descritos nas Especificações do PBGHGP de Contabilização, Quantificação e Publicação de Inventários Corporativos de Emissões de Gases de Efeito Estufa (EPB), segundo a abordagem de Controle Operacional, totalizando as seguintes emissões em toneladas de CO₂ equivalente (tCO₂e) consolidado por escopos:

	Escopo 1	Escopo 2 Por localização	Escopo 2 Por escolha de compra	Escopo 3
Toneladas de CO ₂	657.040,487	38.152,250	Não aplicável	47.910,532
Toneladas de CO ₂ Biogênico	107.633,219624	Não aplicável	Não aplicável	480,841665
Remoções de tCO ₂ e	234,323	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável

Guapimirim/RJ, 07 de junho de 2024.

Anderson da Silva Nascimento

Anderson da Silva Nascimento
Diretor de Certificação
Ecogest Projetos e Inovações Sustentáveis

DVCO-0VV – Rev01 de 14/05/24 – Página 01 do total de 03. Esta Declaração deve ser divulgada em sua integralidade de páginas.

CASSIUS NONATO
DE SOUZA
FREIRE:07298038648

Assinado de forma digital por
CASSIUS NONATO DE SOUZA
FREIRE:07298038648
Dados: 2024.06.07 10:40:46
-03'00"

Cassius Nonato de Souza Freire
Analista Meio Ambiente
Copasa



ecogest.com.br



Ecogest Projetos e Inovações Sustentáveis

CNPJ 32.029.690/0001-06
Rua Moreira Cabral, 209, sala 01
Vale das Pedrinhas, Guapimirim | RJ

contato@ecogest.com.br
ecogest.com.br



Nível de Confiança da Verificação

A Ecogest atribui o Nível de Confiança Limitado ao processo de verificação, significando que: "Não há indícios de que o inventário de gases de efeito estufa da organização inventariante para o ano de 2023 não esteja materialmente correto, não seja uma representação justa dos dados e informações de GEE e não tenha sido preparado de acordo com as EPB.". As limitações do processo de verificação foram: Não aplicável.

Instalações visitadas

Nome do local	Relação do local com a holding	Endereço	Data da visita
Sede	Matriz	Rua Mar de Espanha, 525 – Bairro Santo Antônio, Belo Horizonte, MG.	29 e 30/04/2024
Agência Atendimento Santo Antônio	Unidade comercial	Rua Carangola bairro Santo Antônio	08/05/2024
ETA Morro Redondo	Unidade visitada	R. Sebastião Botelho Nepomuceno - Belvedere, Belo Horizonte – MG	08/05/2024
ETE Vale do Sereno	Unidade visitada	Rodovia MG 030, Km 12, Vale dos Cristais – Nova Lima, MG	08/05/2024
ETE Arrudas	Unidade visitada	Avenida dos Andradas, 8805, Caetano Furquim – Belo Horizonte, MG	08/05/2024
ETE Onça	Unidade visitada	Rodovia MG 20, km 14,5, Estrada para Santa Luzia – Belo Horizonte, MG	08/05/2024
ETE Santa Luzia	Unidade visitada	Estrada para Ribeirão da Mata, 681 – 631, Carreira Comprida – Santa Luzia - MG	08/05/2024
ETE Ibititê	Unidade visitada	Rua Um, 11, Jardim Das Rosas – Ibititê, MG	09/05/2024
ETE Betim Central	Unidade visitada	R. da Areia, ao lado da Metalsider, Cachoeira – Betim, MG	09/05/2024
ETE Perdões	Unidade visitada	Rua do Rosário, número/Km 351, Bairro Rosário Perdões, MG – CEP:37260-000	09/05/2024
Aterro de Varginha	Unidade visitada	Aterro de Varginha	10/05/2024
ETE São José	Unidade visitada	Avenida Manuel Vida, s/nº- Bairro Imaculada Conceição – Varginha, MG	10/05/2024
ETE Santana	Unidade visitada	Avenida Zeca Ponciano, Bairro Resende, Varginha, MG	10/05/2024
ETE Walita	Unidade visitada	Rua José Ribeiro Bueno, s/n, Distrito Industrial, Varginha, MG	10/05/2024

Foram excluídas da verificação: Não aplicável.

Comentários adicionais: Não aplicável.

Revisão (caso aplicável) - Nº da Revisão: 00 – Justificativa: Não aplicável.

Equipe de verificação: Andressa de Souza Pereira e Bárbara Cristina Borges Ferreira.

Responsável pela elaboração do inventário: Cassius Nonato de Souza Freire – cassius.freire@copasa.com.br.

DVCO-0VV – Rev01 de 14/05/24 – Página 02 do total de 03. Esta Declaração deve ser divulgada em sua integralidade de páginas.



Ecogest Projetos e Inovações Sustentáveis

CNPJ 32.029.690/0001-06
Rua Moreira Cabral, 209, sala 01
Vale das Pedrinhas, Guapimirim | RJ

contato@ecogest.com.br
ecogest.com.br



Emissões em toneladas métricas de CO2 equivalente (tCO2e) da Organização Inventariante

	CO2	CH4	N2O	HFCs	PFCs	SF6	NF3	Totais	CO2 Biogênico
Escopo 1	14.640,266	596.415,484	45.977,235	7,502	--	--	--	657.040,487	107.633,22
Escopo 2 Por localização	38.152,250	--	--	--	--	--	--	38.152,250	--
Escopo 2 Por escolha de compra	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Escopo 3	161,507	47.747,700	1,325	--	--	--	--	47.910,532	480,84

Conclusões do/a verificador/a líder e do/a revisor/a independente

Nós, **Barbara Cristina Borges Ferreira** (Verificador/a Líder) e **Luciana Peixoto Moraes Nascimento** (Revisor/a Independente) como responsáveis pelas atividades de verificação do inventário de GEE da Organização Inventariante, atestamos que as informações contidas neste documento são verdadeiras. Certificamos que **não** existe conflito de interesse entre a empresa verificada e a Ecogest, ou quaisquer dos indivíduos membros da equipe de verificação envolvidos na verificação do inventário, conforme definido nos procedimentos da Ecogest e no capítulo 3.2.1 das Especificações de Verificação do PBGHGP.

Documento assinado digitalmente
BARBARA CRISTINA BORGES FERREIRA
Data: 07/06/2024 08:10:56-0300
Verifique em <https://validar.br.gov.br>

Assinado digitalmente por **LUCIANA PEIXOTO MORAES NASCIMENTO**
Data: 07/06/2024 08:10:56-0300
Verifique em <https://validar.br.gov.br>
LUCIANA PEIXOTO MORAES NASCIMENTO
NASCIMENTO:08362754702
Data: 07/06/2024 08:11:0200
Para PGP Assinar: Versão: 3.0.1.0

Verificador/a líder – Data: 07/06/2024

Revisor/a independente – Data: 07/06/2024

