



INVENTÁRIO DE GASES DE EFEITO ESTUFA

Resumo Executivo

2023



Execução:

Gerência de Planejamento e Desenvolvimento Ambiental – GPDA

Diretoria de Meio Ambiente e Ação Social – DMA

Compilação, processamento de dados e redação:

Thaís Carolina Ferreira Waiss – Engenheira Ambiental, thaisacfw@sanepar.com.br

Revisão:

Roberta Miguel Kiska Filippini – Engenheira Ambiental, robertamk@sanepar.com.br

Elaboração em:

Maio/2024

Revisado em 17/10/2024

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	3
2	DEFINIÇÃO DE LIMITES DO IGEE	4
3	MONITORAMENTO DAS EMISSÕES AO LONGO DO TEMPO (GRI 305-1, 305-2, 305-3).....	7
3.1	Alterações na metodologia em relação aos anos anteriores	7
3.2	Indicadores (GRI 305-4)	9
4	IDENTIFICAÇÃO E CÁLCULO DAS EMISSÕES	10
4.1	Fontes de Emissão	10
4.2	Abordagem de Cálculo	10
5	RESULTADOS	11
5.1	Emissões Diretas.....	11
5.1.1	Tratamento de esgoto (CH ₄ e N ₂ O).....	13
5.1.2	Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos (CH ₄)	14
5.1.3	Combustão móvel e estacionária (CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O).....	14
5.1.4	Emissões fugitivas (HFCs)	14
5.1.5	Mudança do Uso e Ocupação do Solo (MUS)	15
5.2	Emissões Indiretas: Escopo 2 (Abordagem localização: eletricidade do Sistema Interligado Nacional -SIN).....	15
5.2.1	Autoprodução de energia	17
5.3	Emissões Indiretas – Escopo 3	18
5.3.1	Escopo 3: Categoria 3	18
5.3.2	Escopo 3: Categoria 4	19
5.3.3	Escopo 3: Categoria 5	19
5.3.4	Escopo 3: Categoria 6	19
5.3.5	Escopo 3: Categoria 7	19
5.4	Emissões biogênicas	19
5.5	Comparativo das Emissões	20
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
7	REFERÊNCIAS	27
	Apêndice I – Resumo	28
	Apêndice II – Organograma da organização.....	31
	Apêndice III – Plantas que emitem mais de 10.000 tCO ₂ e na categoria tratamento de efluentes ou resíduos sólidos.....	34
	Apêndice IV – Histórico de evolução do IGEE e certificações.....	35
	Apêndice V – Histórico de recálculos.....	36

1 INTRODUÇÃO

A sustentabilidade, mais do que um conceito, está no dia a dia das atividades da Sanepar afetando os aspectos econômico-financeiro, social e ambiental, pois a conjugação dessas variáveis assegura a perenidade da empresa. Nesse sentido, ela é uma das perspectivas do Mapa Estratégico da Companhia e direciona seus esforços para a geração de valor a todas as suas partes interessadas, tornando-se inerente ao negócio.

A Sanepar reconhece que a preservação e a conservação do meio ambiente e a interação com as pessoas são imprescindíveis para o seu crescimento sustentável e que estas ações contribuem para a melhoria da qualidade de vida da população.

Em consonância com as práticas de gestão sustentável previstas no Mapa Estratégico da Companhia e na Política de Sustentabilidade, anualmente as emissões de gases de efeito estufa - GEE provenientes das atividades da empresa são quantificadas para elaboração do Inventário de Gases de Efeito Estufa (IGEE).

O IGEE permite identificar os principais processos de geração de GEE e gerenciá-los buscando redução ou neutralização. O primeiro inventário da Sanepar foi elaborado em 2008 com dados referentes ao ano de 2007 e desde 2009 a Companhia reporta seu IGEE ao Registro Público do Programa Brasileiro *GHG Protocol*.

O presente documento apresenta os resultados obtidos para o IGEE relativo ao ano de 2023, o qual aborda todos os sistemas da Sanepar e utiliza como base a experiência acumulada na elaboração das edições anteriores e novas ferramentas disponíveis. Como em anos anteriores, a estimativa das emissões de gases de efeito estufa provenientes das atividades da Sanepar é realizada com base nos métodos disponibilizados pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) e pelo Programa Brasileiro *GHG Protocol*. Destacando a adoção das novas diretrizes do Guia do IPCC e do *GHG Protocol* na categoria de efluentes e resíduos sólidos publicados em 2019.

Todos os GEE regulados pelo Protocolo de Quioto, dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hexafluoreto de enxofre (SF₆), hidrofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbonos (PFCs), são incluídos no IGEE.

Por fim, é válido ressaltar que as metodologias adotadas fornecem elementos para a estimativa das emissões de GEE, cujos resultados podem variar consideravelmente em relação aos valores medidos como no caso dos GEE gerados no processo de tratamento de esgoto.

Neste sentido, os resultados apresentados neste documento são específicos para o mapeamento em questão, adequados para identificar as principais fontes e planejar metas de redução de GEE. Os valores aqui apresentados não devem ser generalizados ou extrapolados para outras condições não mapeadas. Para confirmação do potencial das emissões em cada fonte deve ser objeto de desenvolvimento específico e estudos complementares.

2 DEFINIÇÃO DE LIMITES DO IGEE

A Sanepar é responsável pela prestação de serviços de saneamento a 344 municípios paranaenses e 1 município catarinense, Porto União. Atende a 345 municípios com o serviço de distribuição de água, 203 municípios com o serviço de coleta e tratamento de esgoto e 7 municípios com o serviço de aterros sanitários para resíduos sólidos. A empresa mantém uma das maiores estruturas do Brasil em saneamento básico. São 168 Estações de Tratamento de Água e 265 Estações de Tratamento de Esgoto e cerca de 400 escritórios de atendimento. A Sanepar também atua na gestão de resíduos sólidos urbanos, operando os aterros sanitários de Cianorte, Apucarana e Cornélio Procopio.

Para contabilização das emissões de GEE da Sanepar é necessária a definição de limites geográficos, organizacionais e operacionais. Nos limites geográficos são incluídas todas as fontes de emissões localizadas em território brasileiro. Quanto aos limites organizacionais optou-se por elaborar o inventário contendo as informações de emissões de GEE com base somente no **controle operacional**. Neste caso, a empresa declara que possui autoridade para introduzir e implementar políticas de funcionamento.

A contabilização dos GEE seguiu a abordagem de controle operacional com os seguintes critérios: i) se possuir controle operacional, 100%, ii) se não possuir controle operacional, 0%. A definição dos limites operacionais tem como objetivo identificar as emissões que estão associadas com as suas operações.

As emissões podem ser classificadas como de natureza direta ou indireta. Emissões diretas de GEE são emissões provenientes de fontes que pertencem ou são controladas pela organização, já as indiretas são aquelas resultantes das atividades da organização que está inventariando suas emissões, mas que ocorrem em fontes que pertencem ou são controladas por outra organização.

A Tabela 1 apresenta a matriz das emissões de GEE com a classificação dos tipos de emissão, escopo, categoria, subcategoria, atividades e os GEE.

TABELA 1 – MATRIZ DE EMISSÕES DE GEE

Tipo de Emissão	Escopo	Categoria	Fontes de emissão (GEE)
Direta	1 (GRI 305-1)	Efluentes	Estações de Tratamento de efluentes (CH ₄ e N ₂ O)
		Resíduos Sólidos	Aterros sanitários: Cianorte, Apucarana e Cornélio Procopio (CH ₄)
		Combustão Estacionária	Equipamentos estacionários controlados pela Sanepar (CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O)
		Combustão Móvel	Veículos da frota própria ou locada controlados pela Sanepar (CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O)
		Fugitivas	Equipamentos de refrigeração, bebedouros, extintores e ar condicionado (HFCs e CO ₂)
		Mudança do Uso e Ocupação do Solo	Supressão vegetal em obras e ampliações de estruturas operacionais (CO ₂)

Tipo de Emissão	Escopo	Categoria	Fontes de emissão (GEE)
Indireta	2 (GRI 305-2)	Compra de eletricidade do Sistema Interligado Nacional (SIN) – Abordagem de localização	Abastecimento de água Esgotamento sanitário Atividades administrativas Aterros Sanitários (CO ₂)
	3 (GRI 305-3)	Atividades relacionadas com combustível e energia não incluídas nos Escopos 1 e 2	Emissões do ciclo de vida dos combustíveis utilizados nos veículos da frota própria ou locada e equipamentos estacionários controlados pela Sanepar (CO ₂)
		Transp.& Distribuição (<i>Upstream</i>)	Veículos de empresas contratadas operantes em aterros sanitários (CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O)
		Resíduos gerados na operação	Resíduos enviados para aterros terceirizados (CO ₂ , CH ₄)
			Lodo proveniente das ETE enviado para agricultura (N ₂ O)
			Lodo destinado para outros usos como aproveitamento energético (CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O)
		Transp.& Distribuição (<i>Upstream</i>)	Veículos de empresas contratadas à serviço da operação dos aterros sanitários, Serviços de Manutenção de Esgoto (SME) e Serviços de Gestão e Manutenção (SGM) (CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O)
		Viagens a negócio	Transporte aéreo e rodoviário (CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O)
		Emissões casa-trabalho	Transporte individual ou coletivo (CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O)
Biogênica	(GRI 305-1)	Efluentes	Queimadores em estações de tratamento de efluentes e dos aterros sanitários (CO ₂)
		Resíduos Sólidos	Queimadores dos Aterros sanitários: Cianorte, Apucarana e Cornélio Procópio (CO ₂)
		Mudança do Uso e Ocupação do Solo	Supressão vegetal em obras e ampliações de estruturas operacionais (CO ₂)
		Combustão Estacionária	Equipamentos estacionários controlados pela Sanepar (CO ₂)
		Combustão Móvel	Veículos da frota própria ou locada controlados pela Sanepar (CO ₂)

A identificação dos GEE de cada uma das fontes e/ou atividades da Sanepar foi realizada com base nos métodos disponibilizados pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) e pelo Programa Brasileiro *GHG Protocol*.

As atividades desenvolvidas pela Sanepar e contempladas no IGEE são: esgotamento sanitário, abastecimento de água, coleta e disposição final de resíduos sólidos urbanos e atividades de apoio, classificadas como administrativas. Equipamentos e infraestrutura como consumo de combustível em veículos e equipamentos como ar condicionado, refrigeradores, bebedouros e extintores são fonte de emissões consideradas no Escopo 1.

No processo de tratamento de água não foi identificada nenhuma emissão direta de GEE. Não foram consideradas as emissões de reservatórios de abastecimento urbano da companhia por não haver, até o momento, consenso científico internacional sobre metodologia.

Em virtude da importância e do impacto ambiental, a energia é uma emissão indireta calculada em separada das demais e constitui o Escopo 2, as demais emissões indiretas são classificadas como Escopo 3. Para fins deste inventário foram contabilizadas as emissões dos resíduos de processo enviados para aterro sanitário, do lodo enviado para agricultura e outros destinos como o aproveitamento energético, viagens a negócios e deslocamento de funcionário casa-trabalho, emissões provenientes da frota operacional dos aterros e nas operações de Sistema de Manutenção de Esgoto (SME) e Sistema de Gestão e Manutenção (SGM), além das emissões do ciclo de vida dos combustíveis utilizados nos veículos da frota própria ou locada e equipamentos estacionários controlados pela Sanepar, sendo a inclusão deste escopo ainda de caráter opcional.

3 MONITORAMENTO DAS EMISSÕES AO LONGO DO TEMPO (GRI 305-1, 305-2, 305-3)

Para o monitoramento das emissões, deve-se selecionar o ano-base. Até 2021, o ano-base da Sanepar era o ano de 2013, considerando que nesse ano o procedimento de elaboração do IGEE foi consolidado internamente e incluído no sistema normativo. Porém, com o aprimoramento da metodologia, internalização dos apontamentos das verificações realizadas nos IGEE 2016, 2017, 2018, 2020 e 2021, e por fim da recomendação do SBTi¹ de que a escolha do ano base não seja anterior a 2015, definiu-se 2016 como ano-base.

Segundo o EPB, o método prevê a possibilidade do recálculo das emissões do ano-base quando uma mudança acumulada de 5% ou mais nas emissões totais do ano-base de uma empresa participante (Escopo 1 e Escopo 2, bem como qualquer atividade do Escopo 3, em termos de CO₂ equivalente).

O aumento no número de ETE ou a desativação corresponde ao crescimento ou declínio orgânico e não há a necessidade de alteração do ano base.

3.1 Alterações na metodologia em relação aos anos anteriores

No IGEE relativo ao ano de 2023 foram mantidas as melhorias metodológicas realizadas anteriormente. Até o inventário referente ao ano de 2015 era considerada a eficiência do processo unitário principal da ETE, em 2016 passou-se a considerar a eficiência composta por todas as etapas de tratamento da ETE. Além disso, o CO₂ oriundo da queima de metano nos queimadores das ETEs começou a ser contabilizado nas emissões biogênicas.

No IGEE referente às atividades de 2017, foram considerados dados de monitoramento das ETE ao invés de valores da literatura.

Em 2020, referente ao IGEE de 2019, foram adquiridos dados mais acurados dos resíduos gerados nas ETE, então iniciou-se as estimativas das emissões do escopo 3 oriundas da destinação desses resíduos para aterros e lodo para agricultura. Além disso, analisando melhor a planilha da ferramenta do *GHG Protocol* para a categoria Resíduos da operação e a planilha da ferramenta IPCC *Waste Model* que é usada para os aterros próprios verificou-se que por falta de dados primários a queima do biogás pelos queimadores existentes nos aterros não vinha sendo considerada. Sendo assim, buscou-se estimativas de eficiência que se adequassem à realidade dos aterros operados pela Sanepar na literatura e no *benchmarking*, por fim, foi adotada uma eficiência de 75% de captura de biogás e 50% para a queima em *flare* aberto.

Em 2021, referente ao IGEE 2020, foram adicionadas ao Escopo 3 as emissões provenientes de viagens a negócio e a combustão do maquinário utilizado na operação dos aterros. Além disso, passou-se a calcular as emissões fugitivas pelo método de triagem de fontes e a considerar o valor do fator de oxidação (OX) dos aterros como 0,1, valor utilizado para aterros bem manejados. Nas emissões indiretas de N₂O provenientes do tratamento de efluentes modificou-se o uso de padrões e

¹ O SBTi é uma parceria entre o CDP, o Pacto Global das Nações Unidas, o *World Resources Institute* (WRI) e o *World Wide Fund for Nature* (WWF). A sigla vem do inglês *Science Based Targets* e significa metas baseadas na natureza.

fatores da literatura por dados de monitoramento de nitrogênio do efluente. Com essas alterações foi necessário o recálculo das emissões reportadas em anos anteriores.

Em 2022, referente ao IGEE 2021, foram revistas algumas premissas de cálculo na escolha de MCF em etapas aeróbicas da estimativa de metano proveniente do tratamento de efluentes, e, portanto, foi necessário recálculo. Além disso, considerando dados incompletos das manutenções de equipamento com emissões fugitivas, voltou-se a adotar o método de triagem (TIER 3), com utilização de valores default de perdas do IPCC, que são mais conservadores.

Em 2023, referente ao IGEE 2022, seguindo as atualizações da Ferramenta do *GHG Protocol*, foram adotadas as orientações do Guia IPCC 2019, no qual alterou alguns valores de MCF para cálculo de emissões de metano do tratamento de efluentes, as etapas aeróbicas passaram a ter um fator de emissão fixo, independentemente de ser bem ou mal operado, e o efluente remanescente que será depurado no rio, passou a ser classificado conforme o ambiente, lântico ou lótico. Tiveram também algumas considerações para o cálculo de emissões de óxido nitroso oriundo de etapas aeróbicas que deixou de ter uma fórmula simplificada para estimar as emissões de N_2O do tratamento aeróbio considerando a população. Além disso, foi verificada a necessidade de correção em relação ao cálculo de eficiência de cada etapa de tratamento, pois no cálculo anterior era considerado uma eficiência maior na primeira etapa de tratamento, geralmente anaeróbia, e agora para estimar a DBO degradada em cada etapa, é preciso encontrar a eficiência teórica corrigida a partir da eficiência real, considerando a remoção teórica da primeira e segunda etapa corrigidas por um coeficiente de correção.

Foi verificado ainda que no cálculo das emissões biogênicas, não estava considerando a conversão do CH_4 em CO_2 , o que alterou consideravelmente as emissões reportadas em anos anteriores.

Já na categoria de resíduos sólidos, a diferença também foi por não ter mais o valor fixo para decomposição do carbono orgânico e ser classificado por resíduos com decomposição lenta ou rápida.

E por fim, na categoria Mudança no Uso e Ocupação do Solo, passou-se a adotar a Nota técnica “Uso do *GHG Protocol Agricultural Guidance* e contabilização de emissões resultantes das práticas agrícolas e de mudanças no uso do solo – versão 3.0” (2017), que alterou significativamente as emissões que antes eram consideradas emissões de CO_2 que passaram a ser consideradas emissões biogênicas, por não se tratarem de vegetação primária.

Em 2024, referente ao IGEE 2023, novas alterações foram realizadas na categoria Mudança no Uso e Ocupação do Solo, que passou a adotar também as emissões resultantes da mudança de estoque de carbono no solo disponibilizado na ‘ferramenta_ghg_protocol_v2024.0.2_v1.xlsx’.

Na categoria efluentes foi adicionado um novo sistema de tratamento de lodo, uma *wetland* do tipo *STW* (*zona húmida de tratamento de lodo*) para desidratação e decomposição do lodo excedente de reator aeróbio do tipo SBR.

Por fim, no escopo 3 foram adicionadas novas categorias: Atividades relacionadas com combustível e energia não inclusas nos Escopos 1 e 2; Viagens a negócio e Emissões casa-trabalho. Enquanto na categoria ‘Resíduos gerados na operação’ foi adicionado um novo destino: o secador de lodo da ETE Atuba Sul e na categoria ‘Transporte & Distribuição (*Upstream*)’ foi possível calcular três

outras operações da empresa, o transporte envolvido no Sistema de Manutenção de Esgoto (SME), no Sistema de Gestão e Manutenção SGM e o Expressinho.

A adição de categorias e novos tratamentos são considerados como aprimoramento do IGEE, porém para a alteração na estimativa das emissões provenientes das supressões vegetais, foi realizada uma análise de sensibilidade com os dados de 2022, resultando em 190% de diferença, e, portanto, neste caso foi necessário o recálculo desta categoria para os anos de 2018 a 2022. Não foi possível recalcular os anos 2016 e 2017 devido à insuficiência de dados.

Todos os resultados dos recálculos são apresentados no anexo V.

3.2 Indicadores (GRI 305-4)

Conforme previstos nas Especificações do Programa Brasileiro *GHG Protocol*, além do inventário de emissões absolutas, a Sanepar possui indicadores que fornecem informações sobre desempenho relativamente a um tipo de atividade com o objetivo de avaliar ao longo do tempo o desempenho dos seus processos por meio de indicadores de produtividade/eficiência e de intensidade.

Em 2022, os indicadores foram reformulados, e em 2024 foram mantidos conforme segue:

- Produtividade/eficiência:
 - E1 somente processo esgoto/volume de esgoto coletado [t/litro ou kg/m³]
 - Emissões E1 + E2 / volume de esgoto coletado + volume de água tratada [t/litro ou kg/m³].
- Intensidade:
 - Indicador de Intensidade Carbônica por economias atendidas pelo processo esgoto: $E1+E2/\text{economia de esgoto ativa de esgoto}$ [kg/economia]
 - Indicador de Intensidade de Emissões – Financeiro (ICO2) = $\text{Emissões E1} + \text{E2} + \text{E3} / \text{Receita Líquida}$ [ton/R\$]
 - ICO2 (B3) = $\text{Emissões E1} + \text{E2} + \text{E3} / \text{Receita Bruta}$ [ton/R\$]

4 IDENTIFICAÇÃO E CÁLCULO DAS EMISSÕES

Este capítulo segue os seguintes passos, conforme descrito no EPB: i) identificar fontes de emissão; ii) escolher a abordagem de cálculo; iii) coletar dados e escolher fatores de emissão; iv) aplicar ferramentas de cálculo e v) compilar dados no nível corporativo.

O EPB, no item 7.4.1 descreve que é suficiente indicar uma referência ou um link para as ferramentas utilizadas para calcular ou medir as emissões. Na tabela 2 contém as referências utilizadas e no item 4.2 são destacados os principais fatores escolhidos e quaisquer exclusões específicas de fontes, unidades ou operações.

4.1 Fontes de Emissão

A identificação das fontes de emissão foi apresentada na Tabela 1.

4.2 Abordagem de Cálculo

A estimativa das emissões de toneladas de gás carbônico equivalente (tCO₂e), de cada uma das fontes e/ou subcategoria da Sanepar, foi realizada com base nos métodos disponibilizados pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* e pelo Programa Brasileiro *GHG Protocol*, conforme a Tabela 2 a seguir:

TABELA 2 – MÉTODOS E FERRAMENTAS PARA ESTIMATIVA DAS EMISSÕES DE tCO₂e (GRI 305-1; 305-2, 305-3)

Escopo	Subcategoria/Fonte	Emissão	Método / Ferramenta
1	Efluentes	(CH ₄ e N ₂ O)	Planilha própria baseada em IPCC (2019)
1	Resíduos Sólidos	(CH ₄)	ferramenta_ghg_protocol_v2024.0.2.xlsx e Planilha própria baseada em IPCC (2019)
1	Combustão móvel e estacionária	(CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O)	ferramenta_ghg_protocol_v2024.0.2.xlsx
1	Fugitivas	(HFCs e CO ₂)	ferramenta_ghg_protocol_v2024.0.2.xlsx
1	Mudança do Uso e Ocupação do Solo	(CO ₂)	ferramenta_ghg_protocol_v2024.0.2.xlsx
2	Compra de eletricidade do Sistema Interligado Nacional (SIN)	(CO ₂)	ferramenta_ghg_protocol_v2024.0.2.xlsx Abordagem Localização
3	Atividades relacionadas com combustível e energia não incluídas nos Escopos 1 e 2	(CO ₂)	Defra (2023)
3	Transporte e distribuição <i>upstream</i>	(CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O)	ferramenta_ghg_protocol_v2024.0.2.xlsx
3	Resíduos da operação	(CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O)	ferramenta_ghg_protocol_v2024.0.2.xlsx
3	Viagens a negócios	(CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O)	ferramenta_ghg_protocol_v2024.0.2.xlsx
3	Emissões casa-trabalho	(CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O)	ferramenta_ghg_protocol_v2024.0.2.xlsx

5 RESULTADOS

A Tabela 3 apresenta o resumo das emissões provenientes das atividades da Sanepar em 2023. No Apêndice 1 contém uma tabela detalhada de todas as emissões por categoria e por fonte.

TABELA 3 – RESUMO DOS RESULTADOS DO IGEE 2023

Escopo	Emissões consolidadas (tCO ₂ e)	Biogênicas
Escopo 1 (GRI 305-1)	915.761,57	66.792,68
Escopo 2 (GRI 305-2)	30.339,63	
Escopo 3 (GRI 305-3)	78.615,48	21.704,09
Indicadores de Produtividade e Intensidade Carbônica (GRI 305-4)		
E1 somente processo esgoto/volume de esgoto coletado [ton/litro ou kg/m ³]		2,028
Emissões E1 + E2 / volume de esgoto coletado + volume de água tratada [ton/litro ou kg/m ³]		0,768
Indicador de Intensidade de Emissões – Financeiro (ICO ₂) = Emissões E1 + E2 + E3 / Receita Líquida [ton/R\$]		0,163
ICO ₂ (B3) = Emissões E1 + E2 + E3 ² / Receita Bruta [ton/R\$]		0,140
E1+E2/economia de esgoto ativa [kg/economia]		278,72

5.1 Emissões Diretas

Como já era esperada, a atividade da Sanepar que mais emite GEE, é o tratamento de efluentes responsável por 92,96% das emissões diretas. A disposição final de resíduos sólidos urbanos é responsável por 6,17% das emissões diretas, enquanto o consumo de combustíveis pela frota por 0,71%, as fontes estacionárias por 0,07% e as emissões fugitivas representam 0,09% das emissões diretas da companhia. As emissões de mudança de uso e ocupação do solo geraram apenas emissões biogênicas. O gráfico 1 representa as emissões diretas por categoria.

² Na fórmula para o indicador ICO₂ (B3) são incluídas apenas as categorias obrigatórias do E3 para este índice (4 - Transporte e distribuição *upstream* e 6 - Viagens a negócio).

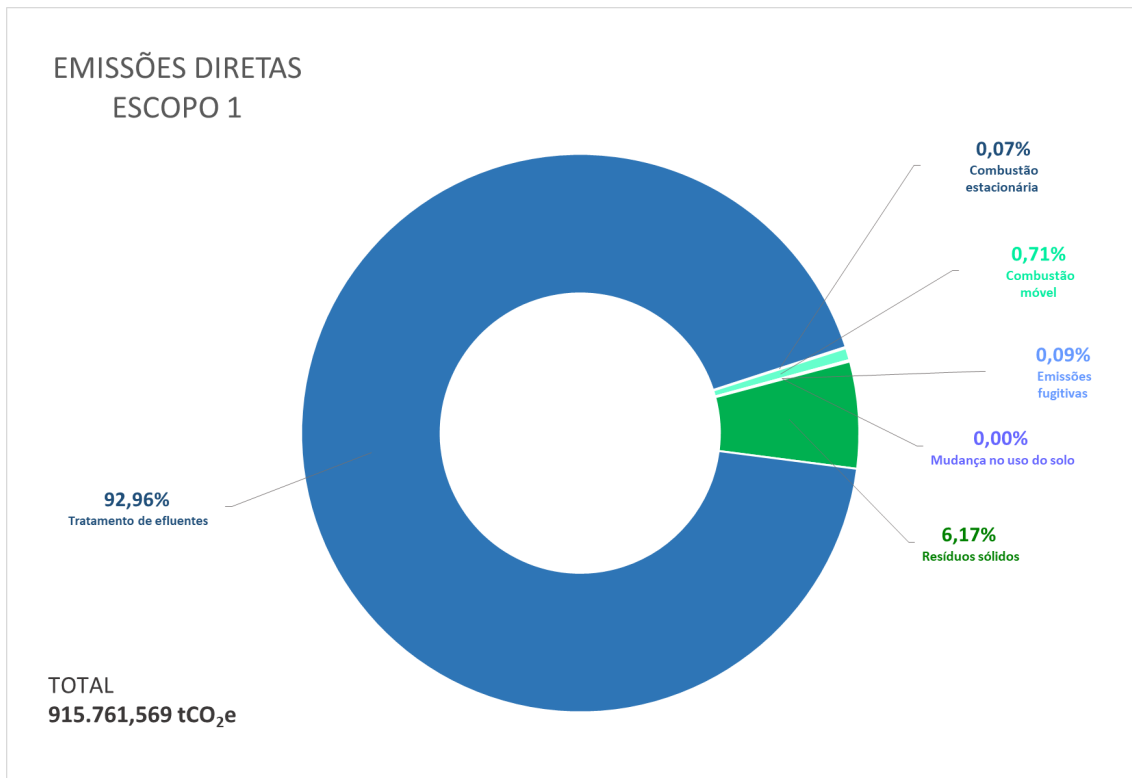


Gráfico 1 – Emissões diretas por categoria – Escopo 1

A figura 1 mostra a comparação entre as regionais da Sanepar em relação às emissões diretas (Escopo 1).

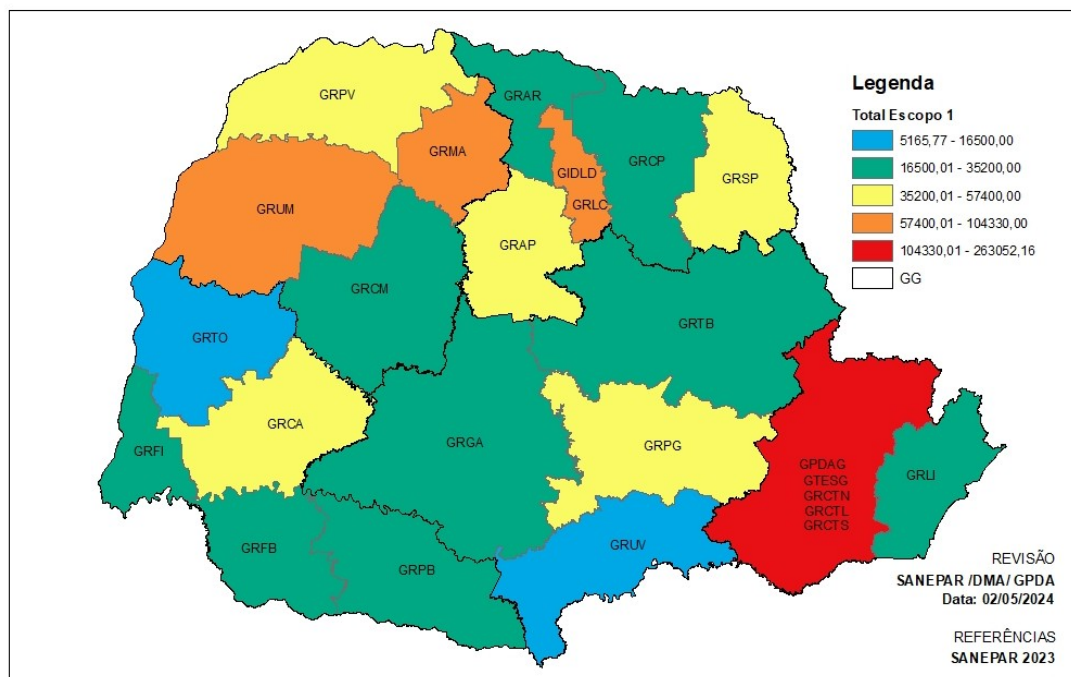


Figura 1 – Emissões diretas de GEE por GR [tCO₂e]

5.1.1 Tratamento de esgoto (CH₄ e N₂O)

Em 2023 a Sanepar tratou em suas ETEs 419.869.134 m³ de esgoto. Os processos anaeróbios das ETEs produziram diretamente 647.387,45 tCO₂e de metano. Os processos aeróbios das ETEs produziram diretamente 169.005,78 tCO₂e de óxido nitroso. A carga residual foi responsável por emitir indiretamente 34.891,77 tCO₂e de óxido nitroso devido ao lançamento do efluente tratado nos corpos hídricos. A soma das emissões de metano e de óxido nitroso oriundas do tratamento de efluentes totalizou 851.285,01 tCO₂e, 92,96% das emissões diretas.

A figura 2 apresenta a grandeza das emissões de metano e óxido de nitrogênio nas ETE da companhia.

Emissões Líquidas em tCO₂ por ETE em 2023

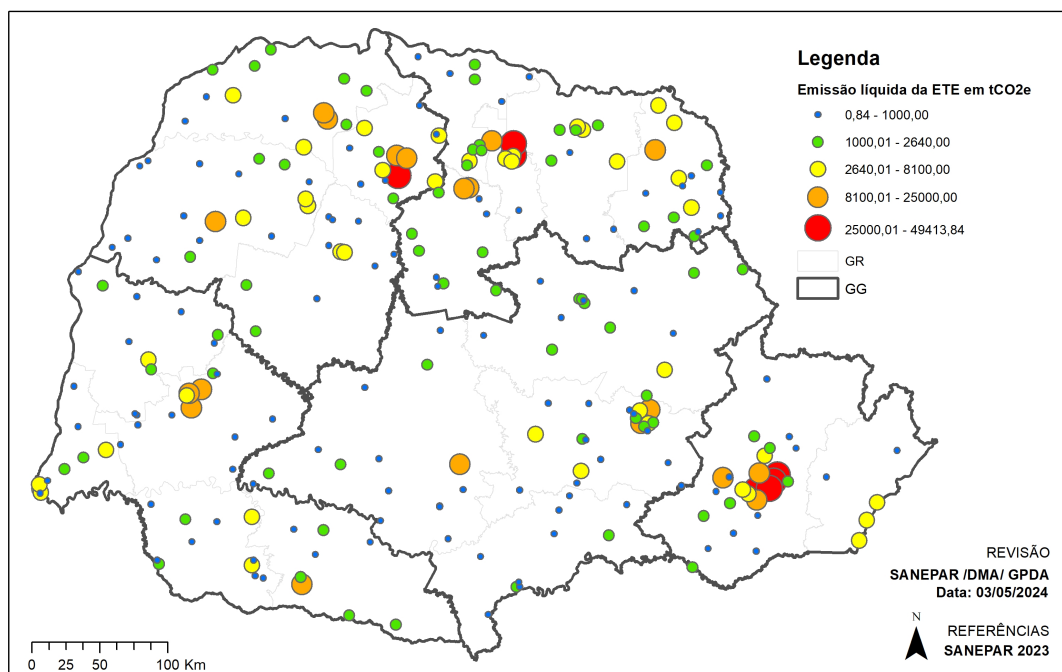


Figura 2 – Emissões líquidas de GEE por ETE [tCO₂e]

A redução das emissões de GEE é obtida pela queima do biogás através de queimadores nos reatores anaeróbios e nos biodigestores de lodo foi estimada em 25,32%, o que representou um abatimento de aproximadamente 219.367,23 tCO₂e através do uso destes dispositivos. Em 2023, 205 ETEs estavam equipadas com queimadores de ignição automática ou enclausurado ou aproveitamento energético, o que representa 90% das ETEs com reatores anaeróbios. A maioria das ETE da região metropolitana de Curitiba possuem queimadores enclausurados que operaram com alta eficiência.

O percentual de redução obtido está diretamente relacionado: (a) a quantidade de ETEs equipadas com queimadores com ignição automática, (b) o percentual de perdas de metano no meio líquido, (c) a eficiência de queima dos queimadores que é aplicada sobre o percentual de metano

recuperado e (d) o tempo de funcionamento do equipamento, quando não estava parado em manutenção.

5.1.2 Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos (CH₄)

As emissões de metano provenientes das áreas de disposição final de RSU operadas pela Sanepar representam a segunda maior fonte de emissões do escopo 1 da companhia, com tendência a aumentar sua representatividade.

Em 2023 as emissões dessa atividade foram estimadas em 56.546,74 tCO₂e, referente à destinação de 65.810,32 toneladas de resíduos sólidos dispostos nos 3 aterros, ao tratamento do chorume nas lagoas anaeróbias e aos resíduos ainda em decomposição de anos anteriores. Os queimadores biogás reduziram 36,07% das emissões, e geraram 3.133,53 tCO₂ de emissões biogênicas.

5.1.3 Combustão móvel e estacionária (CO₂, CH₄ e N₂O)

As Tabelas 4 e 5 demonstram o consumo de combustível e as emissões oriundas da combustão dos mesmos.

TABELA 4 - EMISSÕES COMBUSTÃO MÓVEL

Tipo de combustível	Consumo	Emissões tCO ₂ e	Emissões biogênicas
Etanol	389.098,66 l	18,04	566,92
Gasolina	2.149.367,48 l	3.637,01	885,58
Diesel	1.181.329,95 l	2.778,61	331,83
GLP	10.320 kg	31,12	0

TABELA 5 - EMISSÕES COMBUSTÃO ESTACIONÁRIA

Tipo de combustível	Consumo	Emissões tCO ₂ e	Emissões biogênicas
Acetileno	14 kg	0,05	0
Gasolina	1.214,35 l	2,00	0,52
Diesel	182.961,62 l	428,83	51,68
GLP	79.156 kg	232,61	0

De 2022 para 2023 foi possível perceber que o consumo de gasolina na frota flex aumentou 7% em relação ao ano anterior, diferente do que preconiza o IT/TRA/0015, a qual recomenda que o abastecimento deve obedecer ao disposto no Plano Diretor de Infraestrutura, priorizando a utilização de combustíveis renováveis, em consonância com os compromissos e diretrizes da política de sustentabilidade da Sanepar.

5.1.4 Emissões fugitivas (HFCs)

Em 2023 foram contabilizados os equipamentos de ar condicionado, bebedouros e refrigerados que foram adquiridos, que estavam em operação e que foram descartados pela Sanepar

conforme Tabela 6. Também foram levantados a recarga de aproximadamente 900 cilindros de extintores de incêndio com CO₂ em 2023. Utilizando o método de triagem do GHG, sendo bem conservador, todos esses equipamentos representaram em 2023 a emissão de 800,57 tCO₂e.

TABELA 6 – EQUIPAMENTOS CONTABILIZADOS

Equipamentos	Adquiridos	Em operação	Dispensados
Ar condicionado	150	3030	44
Bebedouros	41	1196	29
Refrigeradores	46	1365	19

5.1.5 Mudança do Uso e Ocupação do Solo (MUS)

Em 2023, a supressão vegetal proveniente de obras e manutenções, realizada predominantemente em vegetação secundária, foi responsável, devido a consideração de carbono presente no solo, pela emissão de 59.489,39 tCO₂e biogênicas.

5.2 Emissões Indiretas: Escopo 2 (Abordagem localização: eletricidade do Sistema Interligado Nacional -SIN)

A Sanepar adota a abordagem baseada na localização (*location-based*), na qual a quantificação das emissões de GEE de Escopo 2 utiliza como fator de emissão a média das emissões para geração de eletricidade que compõem o Sistema Interligado Nacional (SIN). Até o presente inventário a Sanepar não realiza estimativas baseada na escolha de compra (*market-based*).

Nos sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário e processos administrativos foram consumidos 788.428,56 MWh. Considerando o fator médio de emissão do Sistema Interligado Nacional, as emissões decorrentes do consumo de energia elétrica nas atividades da Sanepar em 2023, foram de 30.339,63 tCO₂e.

Analisando as emissões do Escopo 2 pelo gráfico 2, observa-se que a produção de água é responsável por 54,90% do consumo de energia elétrica, a distribuição da água por 31,32%, a coleta e tratamento de efluentes por 12,67% e as atividades administrativas por 1,11 e a operação dos aterros por 0,001%.

Por meio da Figura 3 é possível verificar uma comparação entre as regionais da companhia em relação às emissões indiretas, Escopo 2.

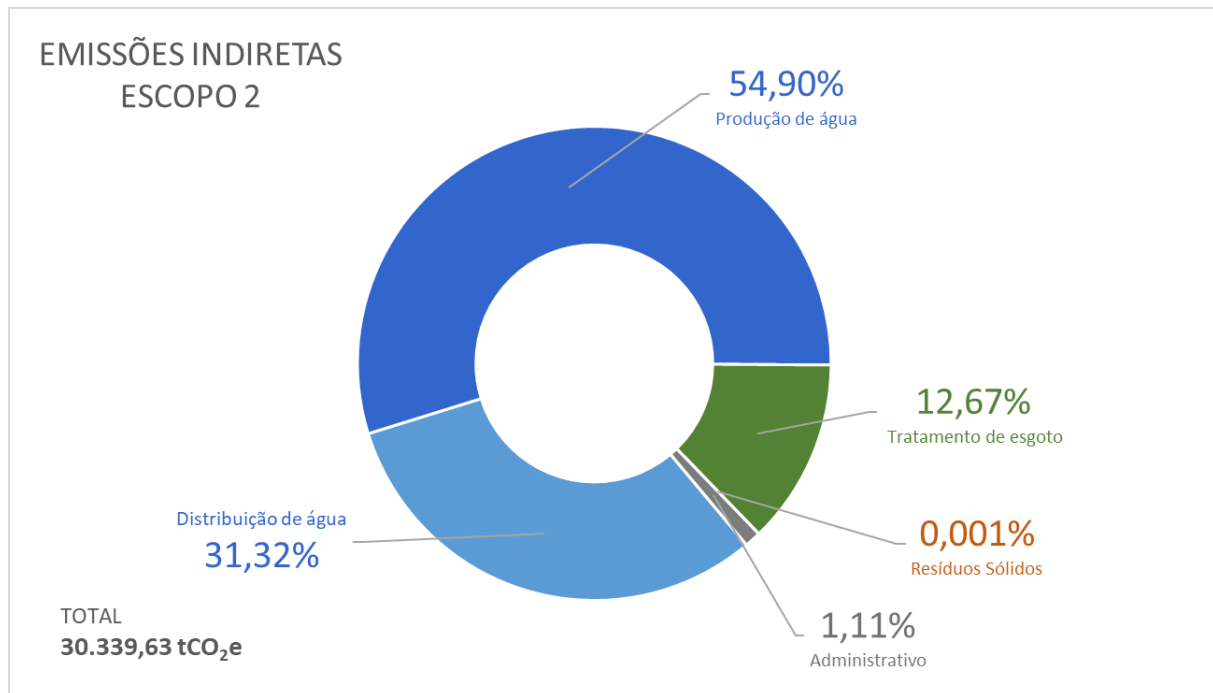


Gráfico 2 – Emissões Indiretas – Escopo 2

**Emissões Indiretas de GEE (Escopo2)
por Gerência Regional em 2023 (tCO₂e)**

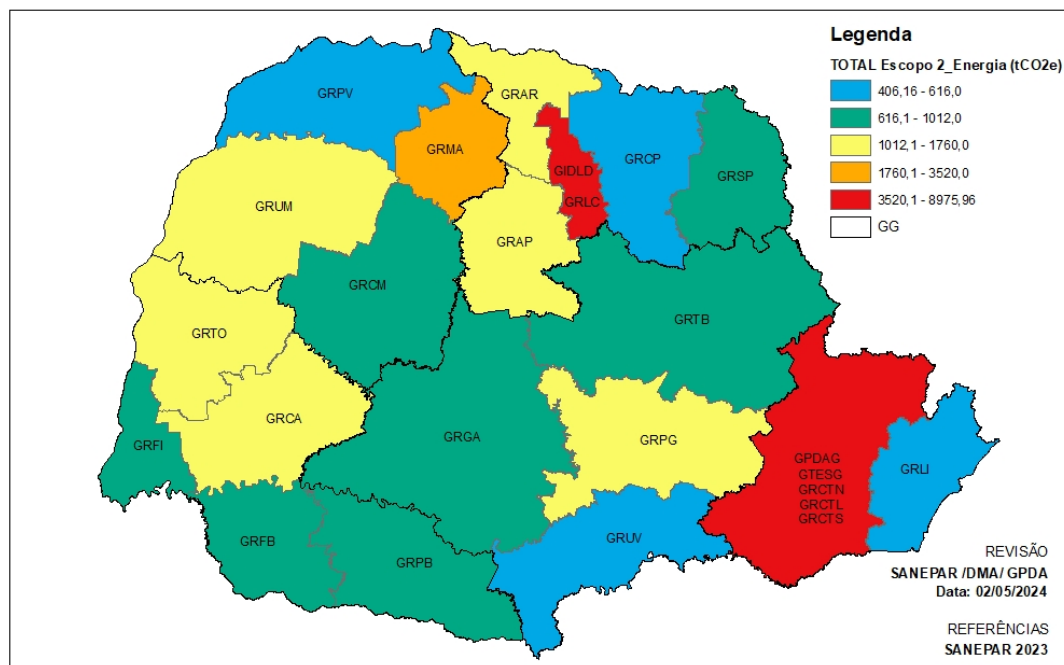


Figura 3 – Emissões indiretas (Escopo 2) - por GR (tCO₂e)

5.2.1 Autoprodução de energia

Alinhada às diretrizes institucionais, a inovação está inserida no planejamento estratégico da Sanepar. Assim, a Sanepar possui projetos de inovação com foco em energias renováveis.

Uma usina solar fotovoltaica flutuante no reservatório Passaúna - Curitiba (130 kWp) foi inaugurada em dezembro de 2019 e operou ao longo de 2023. Trata-se de um projeto inédito no setor de saneamento brasileiro e que visa avaliar, dentre outros pontos, a diminuição da floração alga e da evapotranspiração induzida na água represada a partir da instalação do sistema flutuante. Com o sucesso do projeto, estão em andamento estudos para a ampliação da planta e instalação em outros reservatórios.

Placas solares fotovoltaicas que totalizam uma potência de 75 kWp estão fixadas sobre a cobertura do novo prédio administrativo da Sede da Sanepar. Desde 2018, está em operação no CETS um estacionamento experimental com placas solares fotovoltaicas, cuja potência total é de 5 kWp, com duas diferentes tecnologias: silício policristalino e telureto de cádmio. O estacionamento conta, também, com um eletroposto.

Em 2022, foi validado o primeiro sistema de geração distribuída de energia elétrica híbrido do Brasil em uma planta de tratamento de esgoto, na ETE Ouro Verde – Foz do Iguaçu. Além da geração de energia elétrica a partir do biogás (25 kW), foi implementado, em nível de pesquisa, placas solares (cerca de 5 kWp) e geradores hidroenergéticos (2 kW) na saída do efluente da planta.

Um sistema piloto de geração de energia elétrica com potência média de 18 kW está instalado e operou continuamente ao longo de 2022 no Centro de Reserva Aeroporto, no município de São José dos Pinhais. A geração é feita por meio de uma bomba instalada na adutora que leva a água até o reservatório, que funciona como uma turbina e aproveita a energia hidráulica, anteriormente dissipada apenas por uma válvula.

Comprometida com a eficiência energética e a redução de impactos socioambientais, além da atenção permanente voltada para a inovação dos processos e a adoção de novas tecnologias e modelos de negócio, a usina de biodigestão de alta tecnologia instalada na ETE Belém (Usina Bioenergia) produz energia renovável a partir do tratamento simultâneo de lodo de esgoto e de matéria orgânica proveniente de grandes geradores. A Usina Bioenergia recebe lodo de esgoto e matéria orgânica de grandes geradores, como o CEASA por exemplo. Desde 2022 a planta opera gerando energia, gerando energia limpa de forma permanente a partir da transformação do biogás. A capacidade instalada para geração de energia elétrica é de 2,8 MW.

Em 2023 ainda entrou em operação um secador de lodo na ETE Atuba Sul. A ETE utiliza o biogás e o lodo gerados no processo de tratamento, além de cavaco de madeira, para fazer a secagem do próprio lodo. O secador tem capacidade para 5 toneladas de lodo por hora.

Com o objetivo de expandir a eficiência energética, ainda em 2023 foi finalizada a licitação de dois lotes, no mercado livre de energia elétrica, para o atendimento de 887 de nossas unidades consumidoras.

A energia gerada e deixada de consumir está detalhada na Tabela 7.

TABELA 7 – ENERGIA DE AUTOPRODUÇÃO

Fonte de geração	Informações adicionais	Quantidade [MWh]
Fotovoltaica	Cobertura NEA sede	84,43
Biogás	ETE Ouro Verde - Foz do Iguaçu	4,42
Solar fotovoltaica	Estacionamento Tarumã - Curitiba	4,3
Solar fotovoltaica flutuante	Barragem Passaúna	151,53
Hidráulica - BFT (Bomba Funcionando como Turbina)	Adutora do Reservatório Aeroporto - São José dos Pinhais	14,83

5.3 Emissões Indiretas – Escopo 3

As cinco categorias de emissões de escopo 3 totalizaram 78.615,48 tCO₂e de emissões indiretas. Analisando as emissões do Escopo 3 pelo gráfico 3, observa-se que a geração de resíduos na operação é responsável por 85,42% das emissões estimadas até o momento para esse escopo, as atividades relacionadas com combustível e energia foram responsáveis por 7,53%, o deslocamento de funcionários de casa para ao trabalho foi responsável por 3,52%, seguido pela categoria de transporte e distribuição que representou 3,24% e por fim viagens à negócio responsável por 0,29% das emissões.

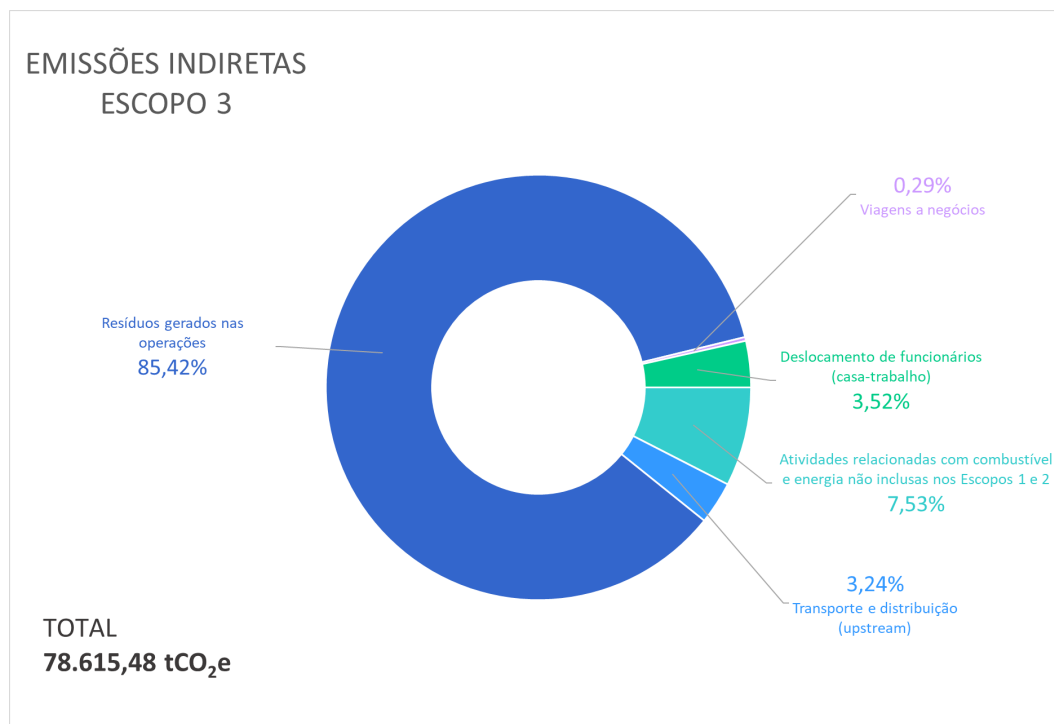


Gráfico 3 – Emissões Indiretas – Escopo 3

5.3.1 Escopo 3: Categoria 3

Em 2023, pela primeira vez, foi realizada uma estimativa das emissões relacionadas ao ciclo de vida dos combustíveis utilizados na empresa, esta categoria foi responsável pela emissão de 5.921,43 tCO₂e e representou 7,53% do total das emissões indiretas de escopo 3 estimadas.

5.3.2 Escopo 3: Categoria 4

Em relação a categoria Transporte e Distribuição *upstream*, até 2023, o consumo de combustível pelos equipamentos utilizados nos Serviços de Manutenção do Esgoto (SME) foram responsáveis pelas emissões de 1.136,95 tCO₂e, já os Serviços de Gestão e Manutenção (SGM) foram responsáveis pelas emissões de 741,74 tCO₂e, a na operação dos aterros sanitários foi responsável por 668,51 tCO₂e e o contrato Expressinho foi responsável pela emissão de 0,80 tCO₂e de emissões indiretas, totalizando 2.548,05 tCO₂e indiretos nesta categoria.

5.3.3 Escopo 3: Categoria 5

Em relação aos Resíduos gerados nas operações, em 2023, as diversas destinações de resíduos gerados em todos os processos, tanto para agricultura quanto para aterros, compostagem, incineração e produção energética foram responsáveis por 67.152,01 tCO₂e de emissões indiretas.

5.3.4 Escopo 3: Categoria 6

Em 2023 foram estimadas as emissões em viagens realizadas a trabalho pelos funcionários da empresa tanto aéreas quanto rodoviárias. Essas viagens à negócios foram responsáveis por emitir 226,69 tCO₂e de emissões indiretas.

5.3.5 Escopo 3: Categoria 7

Em 2023 foram estimadas as emissões referentes ao deslocamento de funcionários (casa-trabalho) foram responsáveis pela emissão de 2.767,30 tCO₂e de emissões indiretas.

5.4 Emissões biogênicas

As emissões biogênicas da Sanepar correspondem especialmente às mudanças de uso e ocupação do solo (supressão de vegetação para obras), conforme informado no item 5.1.5, ao metano evitado pelos queimadores e lançado em forma de CO₂, à queima de biocombustíveis na frota da companhia e nos equipamentos estacionários, como pode ser visualizado no Gráfico 4. Em 2023 foram emitidas 66.792,68 tCO₂e diretas (Escopo 1) e 21.704,09 tCO₂e indiretas (Escopo 3).

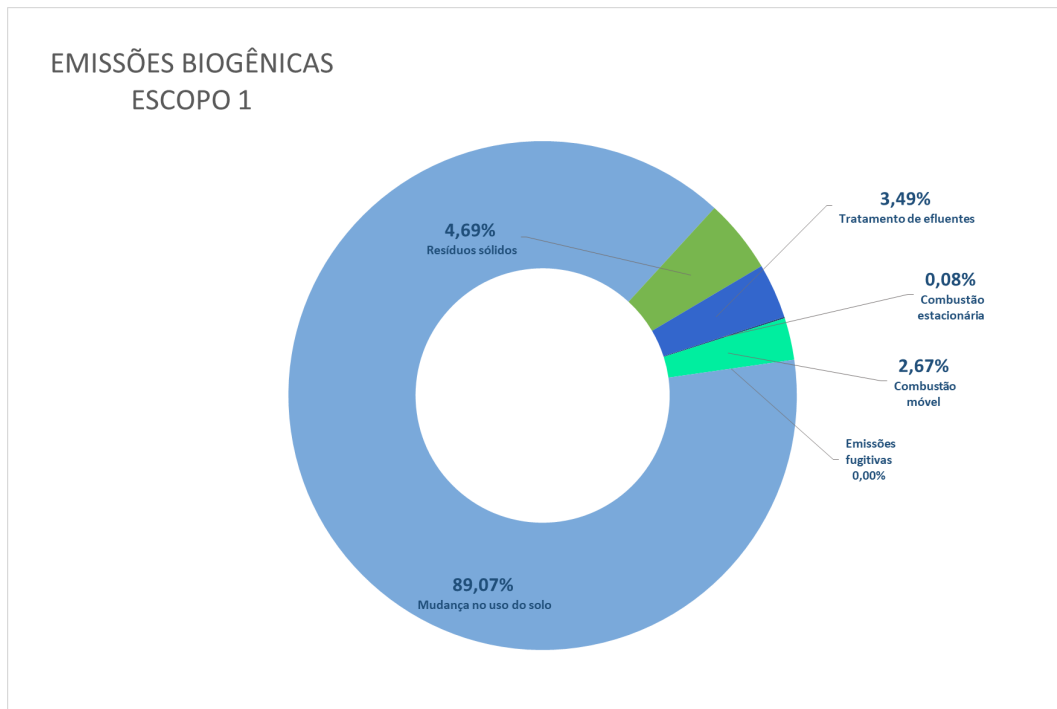


Gráfico 4 – Emissões Biológicas – Escopo 1

5.5 Comparativo das Emissões

Conforme reporte do último IGEE e explicado no item 3.1, o recálculo dos ajustes metodológicos e correções no cálculo da eficiência foram realizados apenas para o ano 2021, com exceção do recálculo de emissões biológicas, que foi realizado até 2016. Sendo assim, foi mantido o gráfico 5 a seguir que contempla 2016 a 2021 e as análises seguintes são comparações entre as emissões de 2023 a 2021 recalculado no método atual. No Gráfico 6 são apresentadas as emissões do Escopo 1, 2 e biológicas calculadas em 2023.

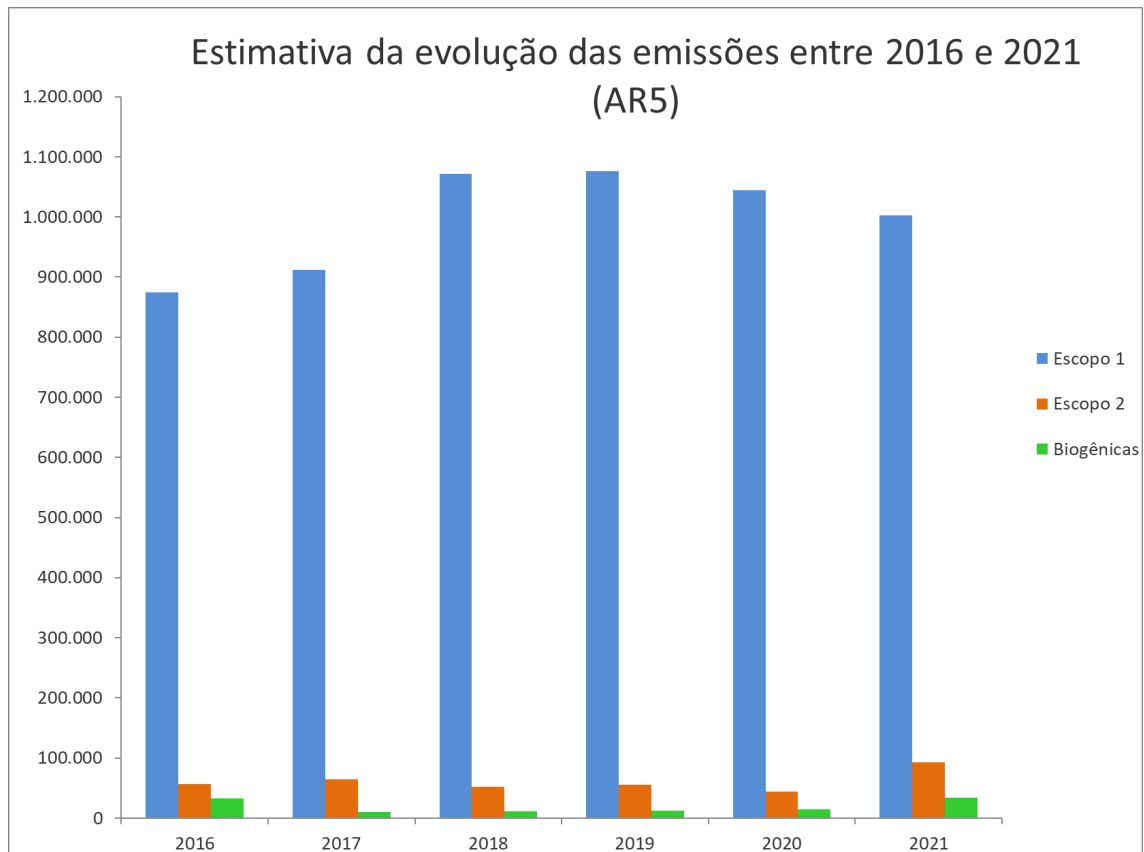


Gráfico 5 – Comparativo entre as emissões em anos anteriores por escopo [tCO₂e]

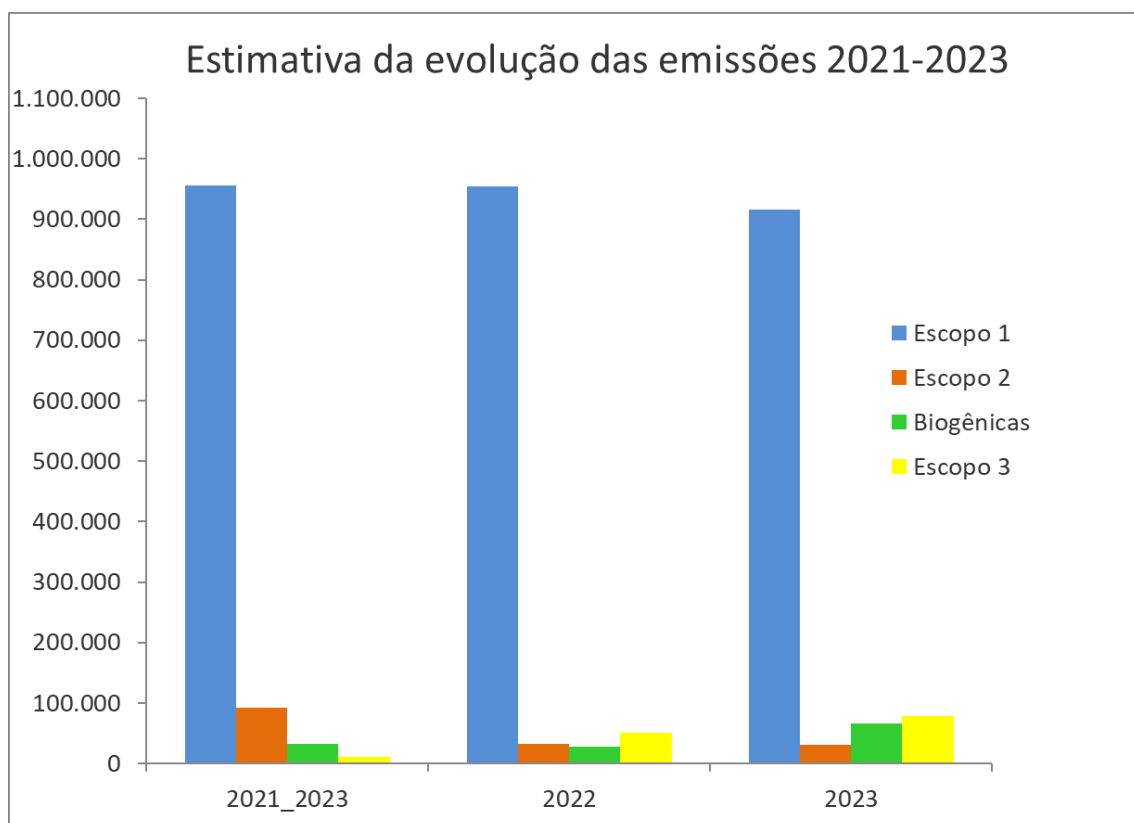


Gráfico 6 – Comparativo entre as emissões de 2021 (recalculado) a 2023 [tCO₂e]

Em comparação com o IGEE (2021) recalculado, em 2023 as emissões do Escopo 1 reduziram 4,26%, já em relação ao último IGEE, ano 2022, a redução foi de 4,03%. As emissões oriundas do tratamento de efluentes correspondem à quase 93% das emissões diretas, essa categoria é a que mais contribui para a diferença entre os anos analisados, conforme pode ser visto no Gráfico 6, onde as emissões diretas ao longo do tempo, estão representadas por categoria.

No processo anaeróbio há emissão de metano como subproduto da degradação bacteriológica da matéria orgânica, sendo assim quanto maior for a eficiência da planta e a carga tratada mais biogás é gerado, conforme mostra a fórmula do item 4.2.1.1.

As variáveis que contribuíram para a variação nas emissões diretas foram, a redução de 6% na carga média recebida nas estações e principalmente uma maior utilização de etapas de tratamento aeróbias e físico-químicas que, mesmo com o aumento de 1% na eficiência de tratamento e o aumento de 7% número de economias ativas atendidas com rede de coleta de esgoto entre 2021 e 2023 resultaram em uma redução de 6,01% em relação à 2021 e 4,59% em relação ao ano anterior nesta categoria.

O Gráfico 7 mostra a evolução das emissões por categoria entre 2021 e 2023, nele é possível perceber uma pequena redução das emissões do tratamento de efluentes que por ser a categoria mais significativa auxilia na redução das emissões totais.

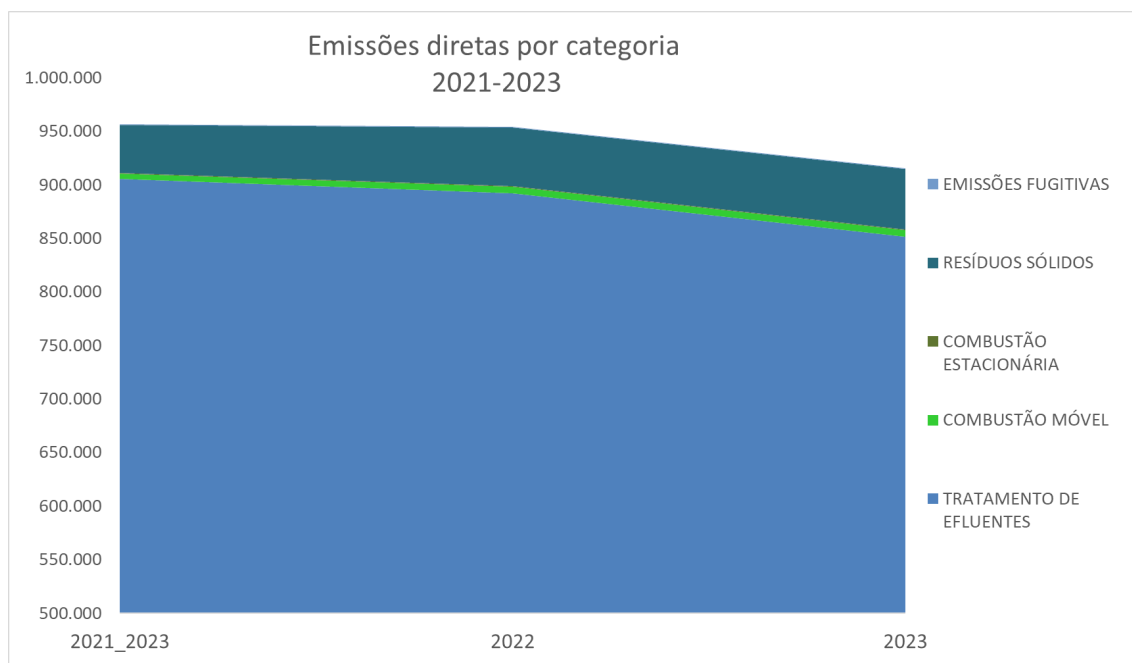


Gráfico 7 –Emissões diretas 2021 a 2023 por categoria do Escopo 1 [tCO₂e]

O Gráfico 8 mostra a evolução do indicador de intensidade em relação a receita bruta, indicador incorporado por tratar dos 3 escopos e ser comum em outros reportes.

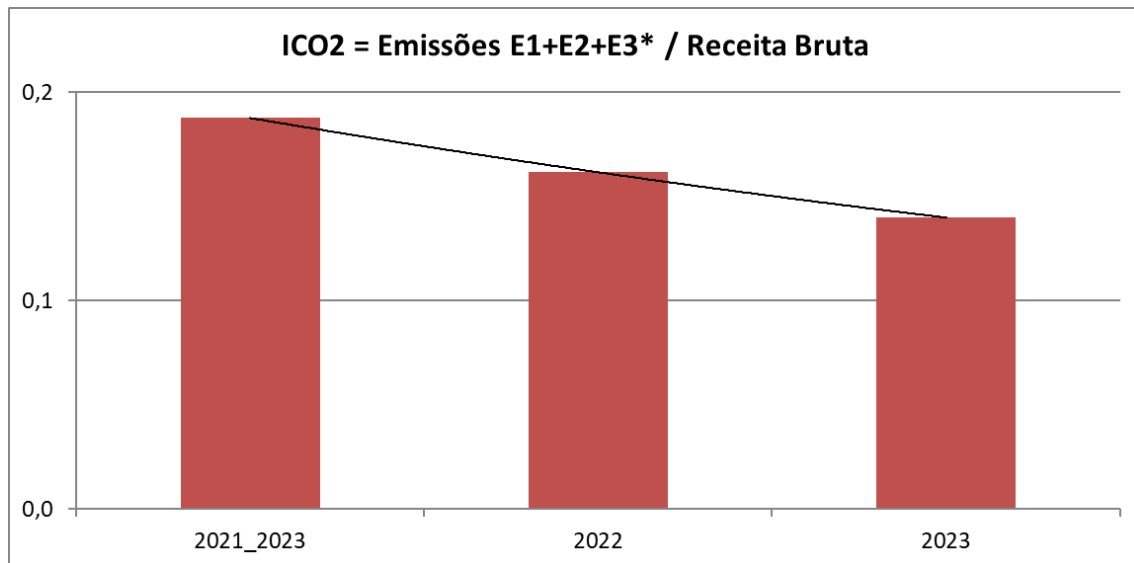


Gráfico 8 – Comparativo entre 2021 a 2023 do indicador ICO2 [kgCO₂e/R\$]

Em relação ao indicador de produtividade relacionado com a quantidade de água tratada, as emissões indiretas tiveram redução devido principalmente às variações no fator de emissão do SIN. Enquanto o consumo de energia teve um aumento de 3,8% em relação à 2022, o volume de água produzida teve um aumento de 3,5%, o fator de emissão por sua vez reduziu 9,6% em relação ao ano 2022.

Devido à grande variação do fator de emissão do SIN, o Gráfico 9 foi elaborado com o consumo de energia ao longo dos anos.

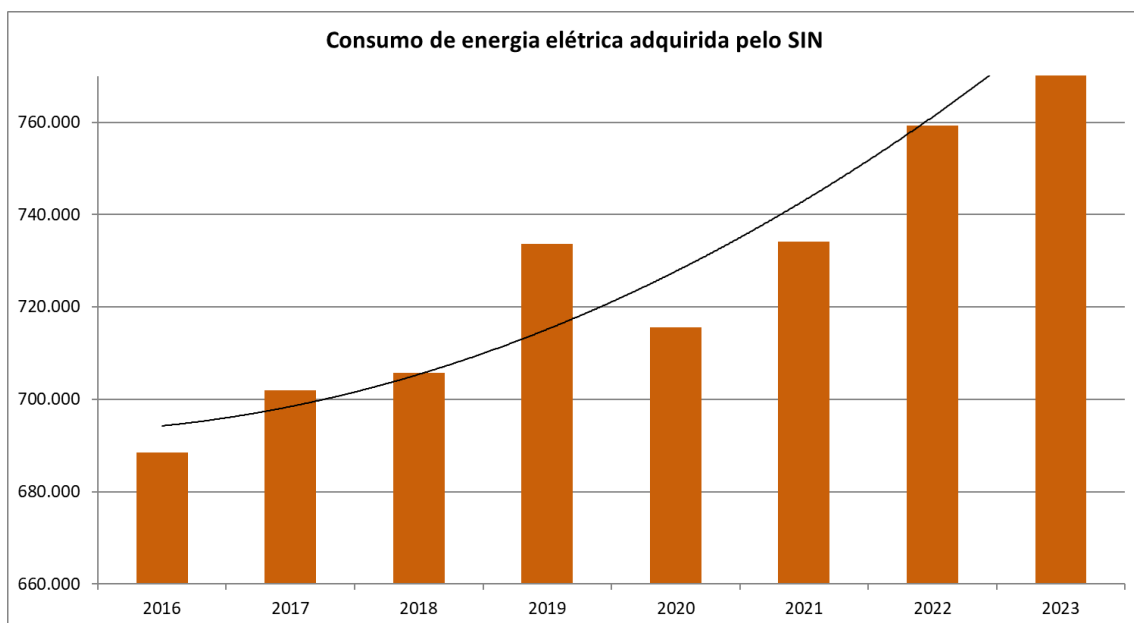


Gráfico 9 – Comparativo entre anos anteriores do consumo de energia elétrica (MWh)

No Gráfico 10 é apresentado o indicador de produtividade específico do processo esgoto relacionado ao volume tratado. A alteração nesse indicador se deve, a princípio, a muitas variáveis

como cobertura dos serviços de coleta e tratamento de efluentes que, no período, expandiu para 72,3 mil novas ligações de esgoto, carga orgânica de entrada e eficiência da ETE.

Estes resultados demonstram também um processo de transição de tecnologia, muitas ETEs têm recebido etapas de tratamento aeróbio, reduzindo as emissões de metano, e em uma proporção menor, aumentando as emissões de N_2O .

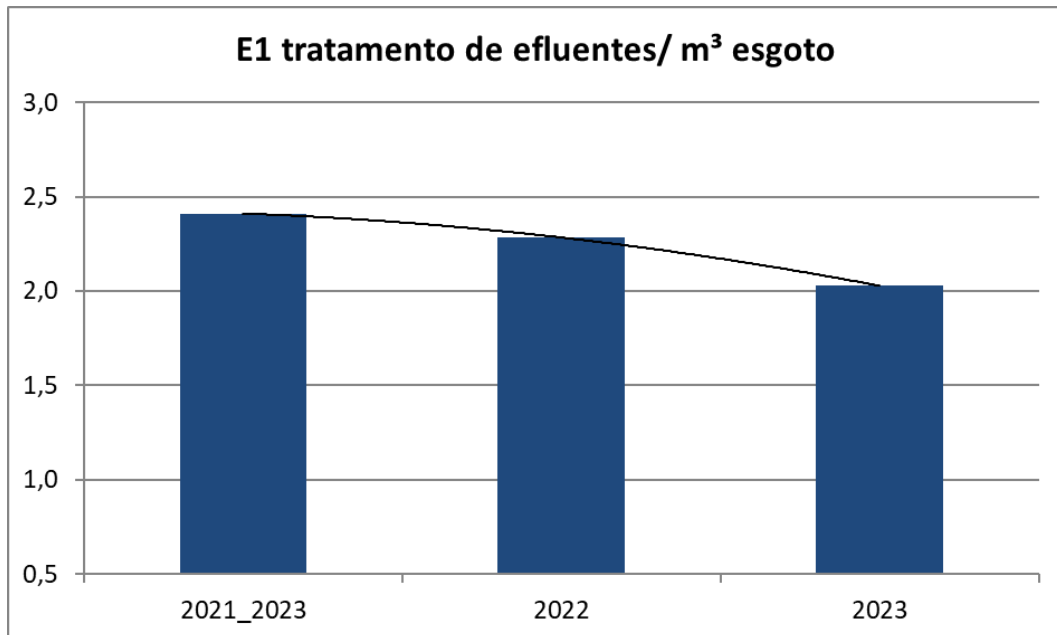


Gráfico 10 – Comparativo entre 2021 a 2023 do indicador de emissões diretas da categoria tratamento de efluentes pelo volume de esgoto tratado [kgCO₂e/m³ esgoto tratado]

O gráfico 11 apresenta a evolução do indicador de produtividade de emissões totais (E1+E2) pelo volume de esgoto tratado somado ao de água produzida.

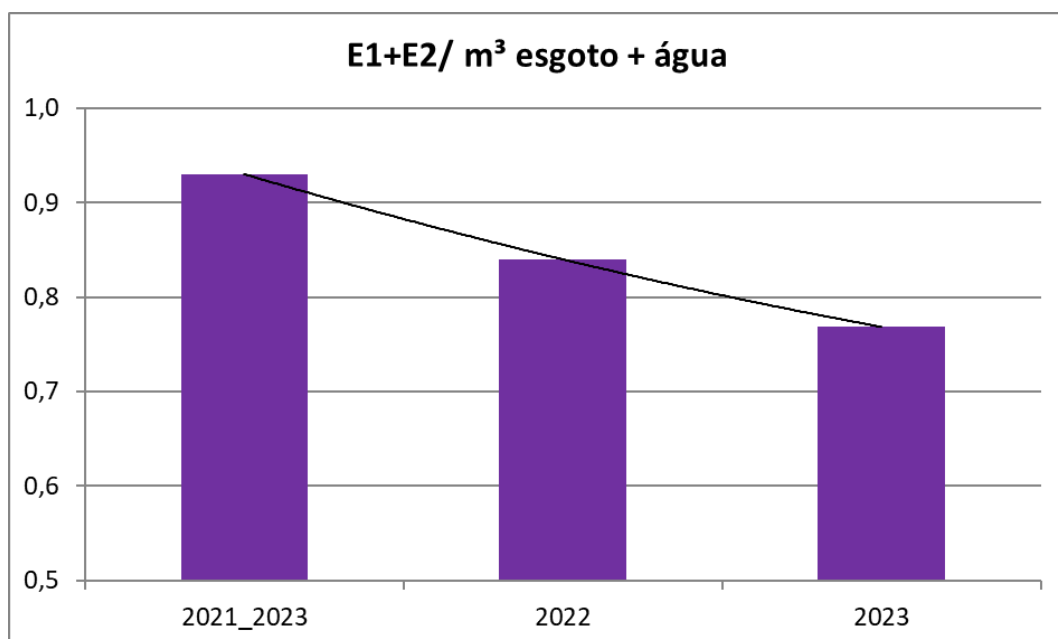


Gráfico 11 – Comparativo entre 2021 a 2023 do indicador de emissões E1+E2 pelo volume de esgoto tratado + água produzida [kgCO₂e/m³]

O gráfico 12 apresenta a evolução do indicador de intensidade de emissões totais (E1+E2) pelo número de economias atendidas com tratamento de esgoto.

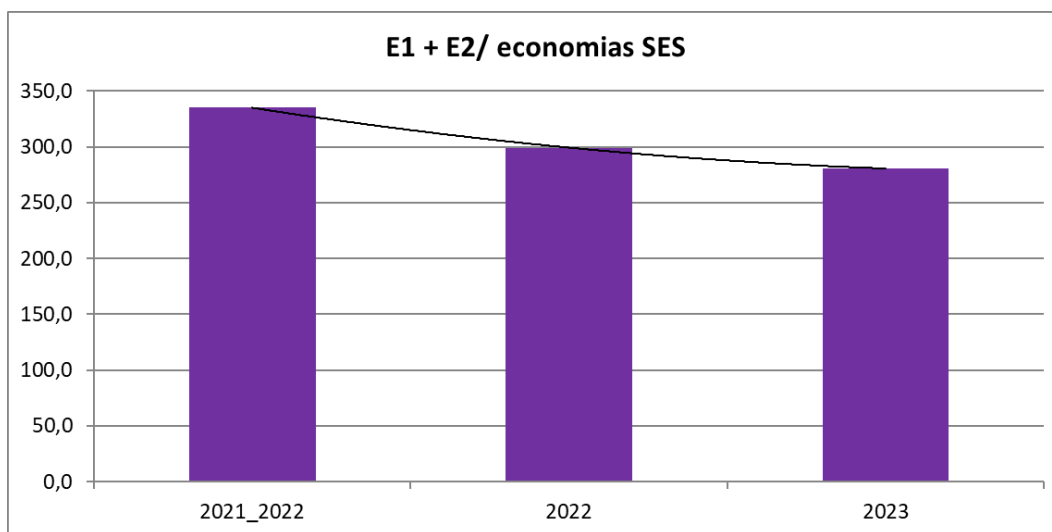


Gráfico 12 – Comparativo entre 2021 a 2023 do indicador de emissões E1+E2 pelo número de economias de coleta de esgoto [kgCO₂e/economia]

O histórico das emissões evitadas pelo uso de queimadores nos reatores anaeróbios está representado no Gráfico 13, o qual indica uma manutenção na recuperação de metano nos queimadores.

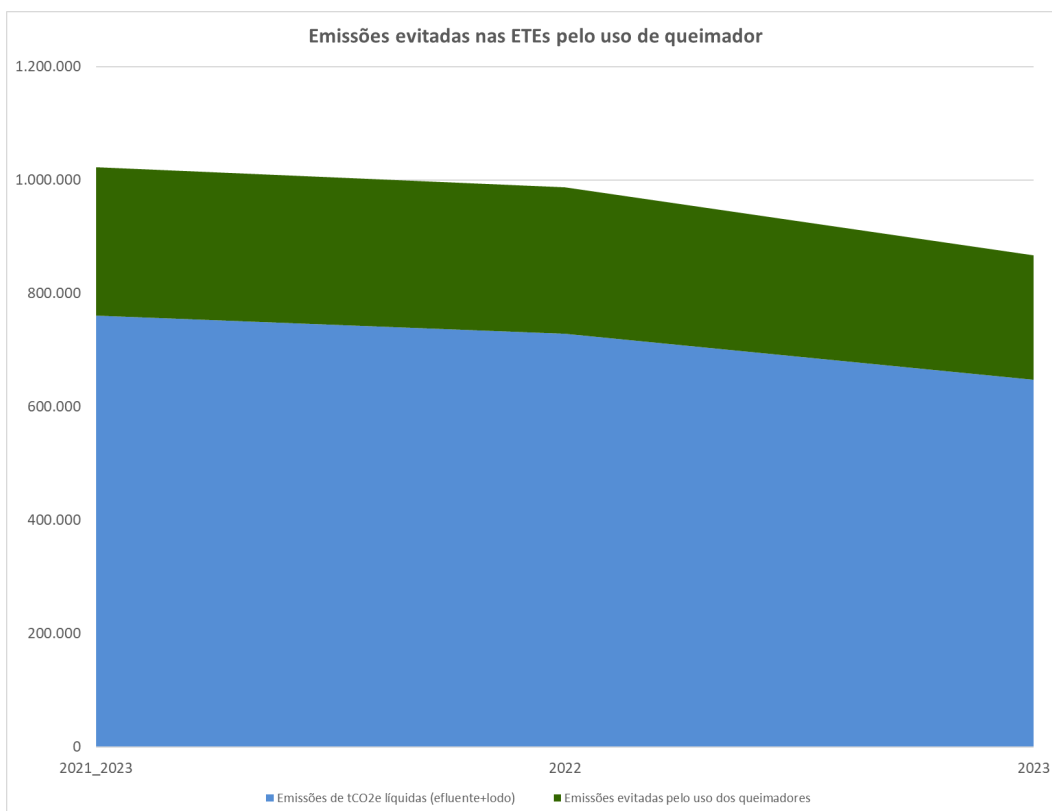


Gráfico 13 – Comparativo entre as emissões evitadas entre 2021 a 2023 pelo uso de queimadores [tCO₂e]

Legenda: Área em azul: emissões líquidas; área em verde: emissões evitadas pelos queimadores.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O setor de saneamento no Brasil é marcado pelo déficit histórico, impactando diretamente na qualidade de vida de seus habitantes. A busca pela universalização do acesso aos serviços de saneamento deve ser acompanhada por boas práticas de gerenciamento que priorizem a redução de emissões. Para quantificação das emissões de gases de efeito estufa (GEE), a escolha do método de cálculo e a elaboração de inventários, permitem diagnosticar as fontes e o perfil das emissões de GEE.

Qualquer iniciativa no sentido de inventariar ou comunicar emissões de GEE atribuídas à responsabilidade de uma corporação deve partir de uma metodologia consagrada e bem definida e apresentar, da forma mais clara possível, todas as considerações e premissas adotadas para definir os limites de responsabilidade e o conteúdo das emissões apresentadas.

Em atendimento à Política de Sustentabilidade da Sanepar, este inventário consolida e torna público o montante estimado de emissões de gases de efeito estufa provenientes de suas atividades operacionais, no ano de 2023.

Neste período, as emissões diretas de GEE foram calculadas em 915.761,60 tCO₂e, as emissões indiretas de GEE do Escopo 2 foram calculadas em 30.339,63 tCO₂ee as emissões indiretas do Escopo 3 foram calculadas em 78.615,48 tCO₂e.

O inventário de emissões de GEE de 2023 indicou que a principal fonte de emissão nos sistemas da Sanepar continua sendo o processo de tratamento de esgoto, que contribuiu com 851.285,00 tCO₂e, 92,96% do total de emissões devido às gerações de metano e óxido nitroso, além das atividades de apoio. Em relação às emissões de metano do processo de tratamento de esgoto, verificou-se que o percentual de mitigação obtido com o uso de queimadores abertos com ignição automática em 2023 foi de aproximadamente 25,32% das emissões brutas. O uso desta tecnologia, apesar de ser prática adotada pela Sanepar e de baixo custo, possui ainda limitações em relação à eficiência de mitigação. Além disso, já é possível perceber um processo de transição de tecnologia, muitas ETEs têm recebido etapas de tratamento aeróbio, reduzindo as emissões de metano, e em uma proporção menor, também aumentando as emissões de N₂O.

Este panorama demonstra o desafio imposto para a empresa e para o setor de saneamento, para a transição do cenário atual para uma economia de baixo carbono. Atualmente a Sanepar desenvolve estudo e pesquisas para implantação de sistemas mais eficientes de captura e combustão controlada do biogás ou aproveitamento energético deste subproduto.

Apesar da maior complexidade operacional e custos dos projetos de baixo carbono, tais iniciativas podem oportunizar diversos benefícios entre os quais se destacam: melhoria de processos operacionais, maior eficácia na redução do passivo ambiental, antecipação e minimização de riscos regulatórios, inovação tecnológica e melhoria da imagem dos produtos e serviços perante stakeholders.

7 REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima. **Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima – Sumário Executivo**. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2016b. 45 p.

DEFRA – DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT FOOD & RURAL AFFAIRS. UK Government GHG Conversion Factors for Company Reporting: full jun. 2024. Disponível em: <<https://www.gov.uk/government/collections/government-conversion-factors-for-company-reporting>>. Acesso em: 30 mar. 2024.

GVCES. Centro de Estudos em Sustentabilidade FGV; WRI. *World Resources Institute. Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol*. Contabilização, Quantificação e Publicação de Inventários Corporativos de Emissões de Gases de Efeito Estufa. 2ª ed. São Paulo, SP, 2010. Disponível em: <<http://ghgprotocolbrasil.com.br/especificacoes-e-notas-tecnicas-do-programa-brasileiro-ghg-protocol/?locale=pt-br>>. Acesso em: 24 out. 2017.

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 (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).

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.

GHG Protocol (2024). **Ferramenta de Cálculo Programa Brasileiro GHG Protocol**. Disponível em: <<http://www.ghgprotocolbrasil.com.br/ferramenta-de-calculo>>. Acesso em: 10/04/2024.

METCALF & EDDY. (2013) **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse**, 5th Edition. The McGraw-Hill Companies, Inc., New York, New York 10020. Tradução para o português por Ivanildo Hespanhol e José Carlos Mierzwa. (2016) Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos. AMGH Editora Ltda., a Grupo A Educação S.A. Company.

SILVA. B. G. et. al. Revisão de Metodologia de Estimativa de GEE Oriundos do Tratamento de Esgoto Sob Ótica de Empresas de Saneamento. 32º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte, 2023.

SOUZA, C. L. 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.

Tayyeba, O.; Olsson, M.; Brandt, N. (2011), "The best MSW treatment option by considering greenhouse gas emissions reduction: a case study in Georgia", Waste Management & Research, Vol. 29, pp. 823–833.

United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC (2006), Methodological "Tool to determine project emissions from flaring gases containing methane", Executive Board 28, Meeting Report, Annex 13, available at: <https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAMethodologies/tools/am-tool06-v1.pdf>

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3ª ed. Belo Horizonte. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2005.

Apêndice I – Resumo

Resumo das emissões totais de GEE: Companhia de Saneamento do Paranc

Ano do inventário: 2023

Emissões consolidadas, por tipo de GEE e escopos

GEE (t)	Emissões em toneladas métricas, por tipo de GEE				Emissões em toneladas métricas de CO ₂ equivalente (tCO ₂ e)			
	Escopo 1	Escopo 2 (abordagem por "localização")	Escopo 2 (abordagem por "escolha de compra")	Escopo 3	Escopo 1	Escopo 2 (abordagem por "localização")	Escopo 2 (abordagem por "escolha de compra")	Escopo 3
CO ₂	7.159,296000	30.339,633000	-	11.307,453000	7.159,296	30.339,633	-	11.307,453
CH ₄	25.131,374000	-	-	2.301,322000	703.678,472	-	-	64.437,016
N ₂ O	770,309000	-	-	10,834000	204.131,885	-	-	2.871,010
HFCs	0,497476			-	791,916			-
PFCs	-			-	-			-
SF ₆	-			-	-			-
NF ₃	-			-	-			-
Total					915.761,569	30.339,633	-	78.615,479

Emissões de CO₂ biogênico

	Escopo 1	Escopo 2 (abordagem por "localização")	Escopo 2 (abordagem por "escolha de compra")	Escopo 3
CO ₂ (t)	66.792,68	-	-	21.704,09
CH ₄ (t)				
N ₂ O (t)				
HFC (t)				
PFC (t)				
SF ₆ (t)				
NF ₃ (t)				
Emissões de CO₂ biogênico (t)	66.792,678120	-	-	21.704,091371

Resumo das emissões de GEE da organização, por escopo e categoria

Emissões de Escopo 1

	Combustão estacionária	Combustão móvel	Emissões fugitivas	Processos industriais	Atividades de agricultura	Mudança no uso do solo	Resíduos (resíduos sólidos + efluentes)	Total de emissões Escopo 1
CO ₂ (t)	661,04	6.220,67	8,66	-	-	-	268,925	7.159,30
CH ₄ (t)	0,08	0,39	-	-	-	-	25.130,902	25.131,374
N ₂ O (t)	0,00	0,88	-	-	-	-	769,43	770,31
HFC (t)			0,50	-				0,50
PFC (t)			-	-				-
SF ₆ (t)			-	-				-
NF ₃ (t)			-	-				-
CO ₂ e (t)	664,427	6.464,764	800,572	-	-	-	907.831,806	915.761,569
Emissões de CO ₂ biogênico (t)	52,317	1.784,327		-	-	59.489,388	5.466,645	66.792,678
Remoções de CO ₂ biogênico (t)				-	-	-	-	-

Emissões de Escopo 2

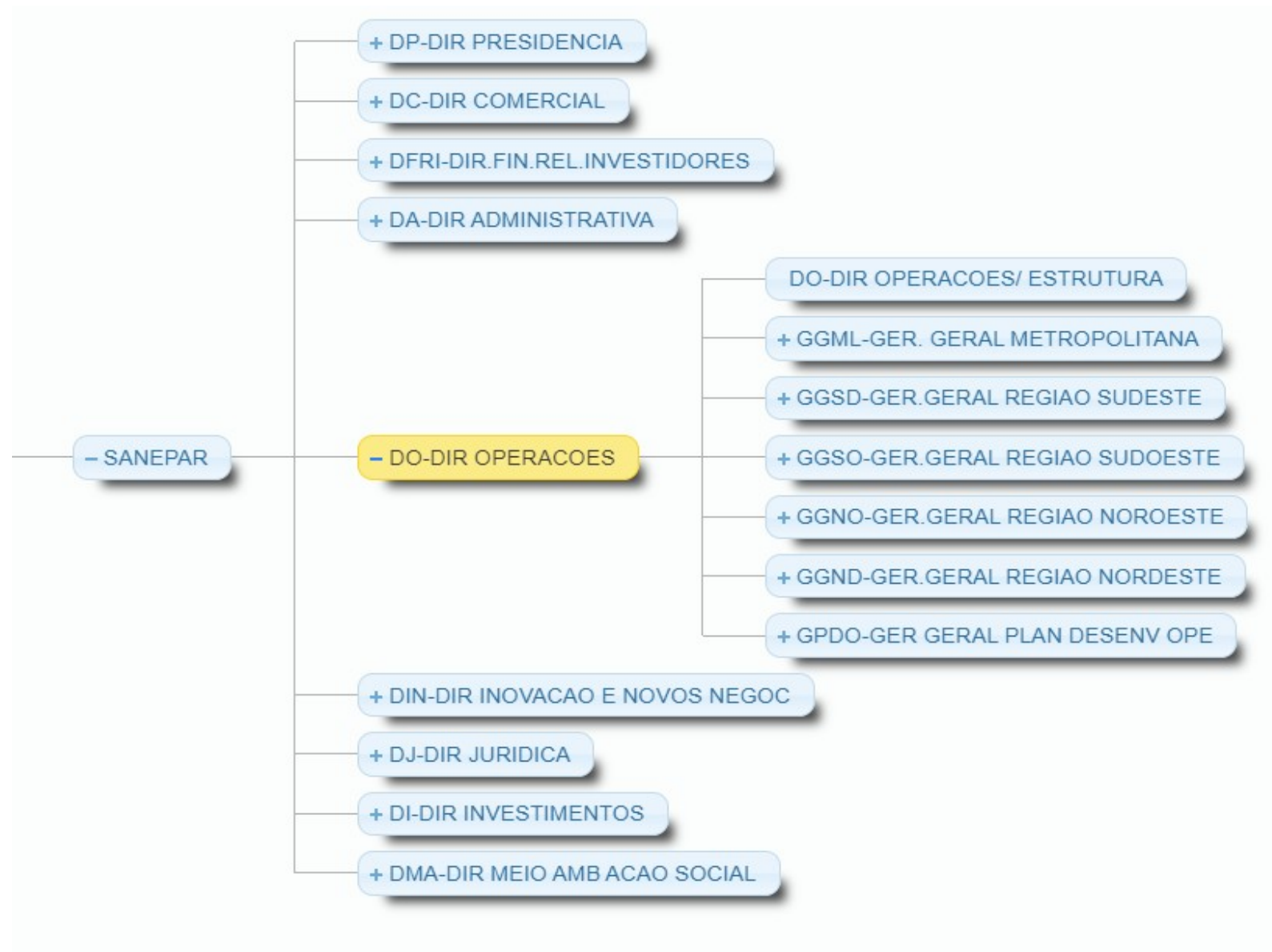
	Abordagem baseada em localização				Abordagem baseada em escolha de compra			
	Eletricidade (abordagem de localização)	Perdas por transmissão e distribuição (abordagem de localização)	Compra de energia térmica	Total de emissões Escopo 2 (abordagem de localização)	Energia elétrica (abordagem de escolha de compra)	Perdas por transmissão e distribuição (abordagem de localização)	Compra de energia térmica	Total de emissões Escopo 2 (escolha de compra)
CO ₂ (t)	30.339,63	-	-	30.339,63	-	-	-	-
CH ₄ (t)	-	-	-	-	-	-	-	-
N ₂ O (t)	-	-	-	-	-	-	-	-
HFC (t)								
PFC (t)								
SF ₆ (t)								
NF ₃ (t)								
CO ₂ e (t)	30.339,633	-	-	30.339,633	-	-	-	-
Emissões de CO ₂ biogênico (t)	-	-	-	-	-	-	-	-
Remoções CO ₂ biogênico (t)								

Emissões de Escopo 3

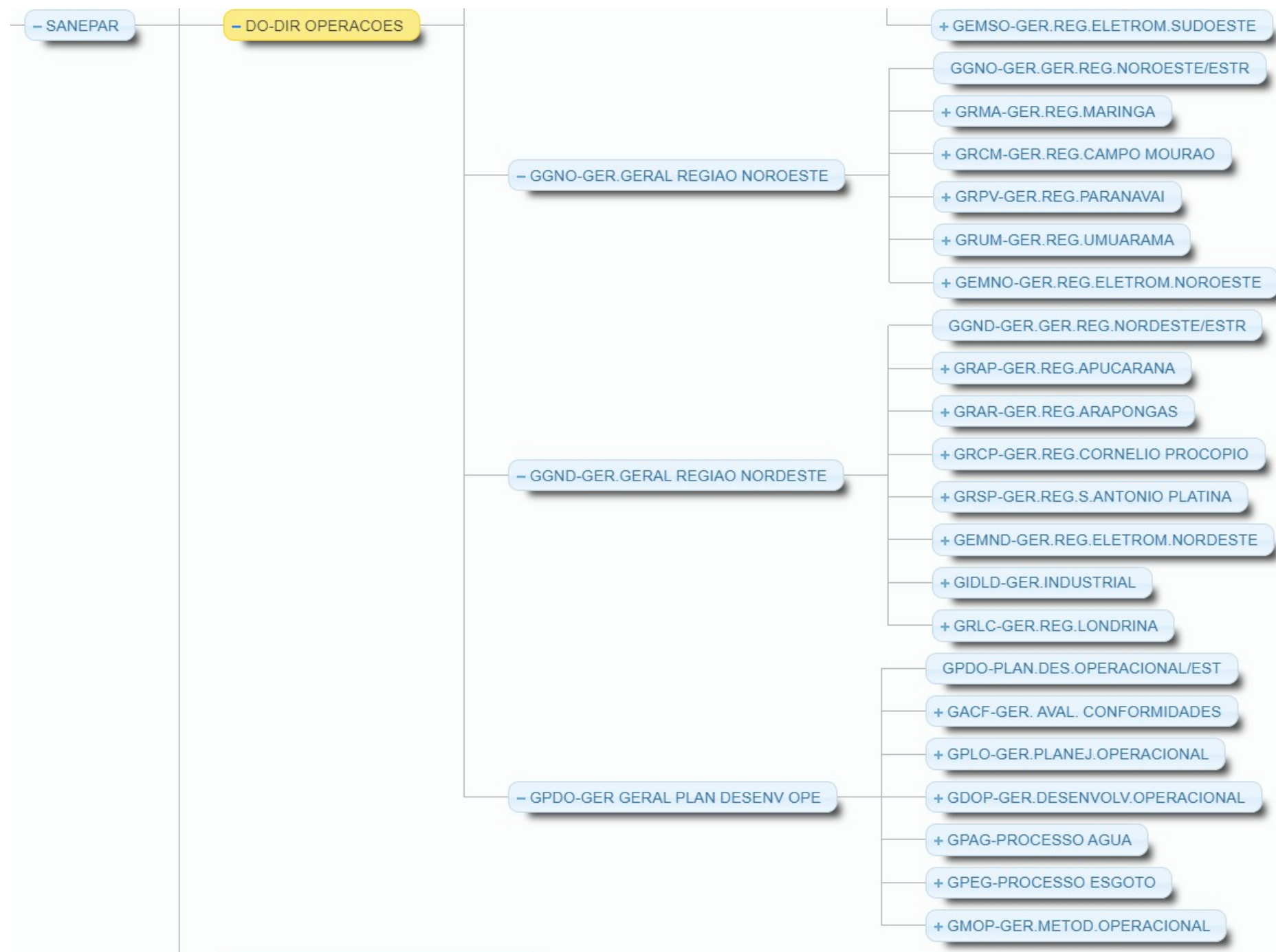
	Categoria 1 Bens e serviços comprados	Categoria 2 Bens de capital	Categoria 3 Atividades relacionadas com combustível e energia não incluídas nos Escopos 1 e 2	Categoria 4 Transporte e distribuição (upstream)	Categoria 5 Resíduos gerados nas operações	Categoria 6 Viagens a negócios	Categoria 7 Emissões casa-trabalho	Categoria 8 Bens arrendados (a organização como arrendatária)
CO ₂ (t)	-	-	5.921,426	2.489,340	1,262	224,727	2.670,698	-
CH ₄ (t)	-	-	-	0,147	2.300,986	0,004	0,185	-
N ₂ O (t)	-	-	-	0,206	10,276	0,007	0,345	-
HFC (t)	-	-	-				-	-
PFC (t)	-	-	-				-	-
SF ₆ (t)	-	-	-				-	-
NF ₃ (t)	-	-	-				-	-
CO ₂ e (t)	-	-	5.921,426	2.548,046	67.152,010	226,694	2.767,303	-
Emissões de CO ₂ biogênico (t)	-	-	-	379,479	20.703,380	0,139	621,093	-
Remoções de CO ₂ biogênico (t)	-	-	-	-	-	-	-	-

	Categoria 9 Transporte e distribuição (downstream)	Categoria 10 Processamento de produtos vendidos	Categoria 11 Uso de bens e serviços vendidos	Categoria 12 Tratamento de fim de vida dos produtos vendidos	Categoria 13 Bens arrendados (a organização como arrendadora)	Categoria 14 Franquias	Categoria 15 Investimentos	Emissões de Escopo 3 não classificáveis nas categorias 1 a 15	Total de emissões Escopo 3
CO ₂ (t)	-	-	-	-	-	-	-	-	11.307,453
CH ₄ (t)	-	-	-	-	-	-	-	-	2.301,322
N ₂ O (t)	-	-	-	-	-	-	-	-	10,834
HFC (t)		-	-	-	-	-	-	-	-
PFC (t)		-	-	-	-	-	-	-	-
SF ₆ (t)		-	-	-	-	-	-	-	-
NF ₃ (t)		-	-	-	-	-	-	-	-
CO ₂ e (t)	-	-	-	-	-	-	-	-	78.615,479
Emissões de CO ₂ biogênico (t)	-	-	-	-	-	-	-	-	21.704,091
Remoções de CO ₂ biogênico (t)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Apêndice II – Organograma da organização







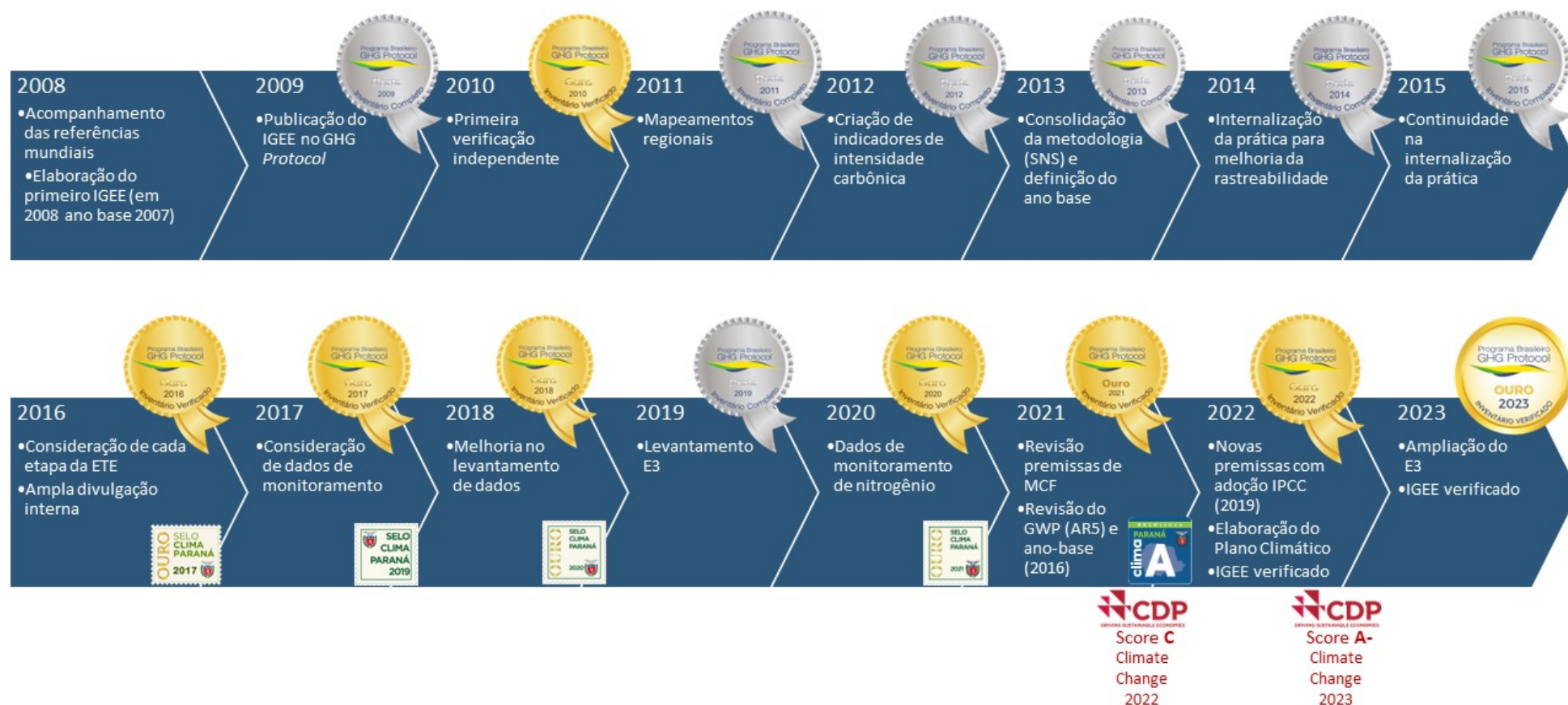
Apêndice III – Plantas que emitem mais de 10.000 tCO₂e na categoria tratamento de efluentes ou resíduos sólidos

GR	SIA	Município	ETE	Emissões totais Efluentes	Emissões biogênicas
GTEG	63	Curitiba	Atuba Sul	49.413,84	0,00
GTEG	66	Curitiba	Belém	45.699,36	0,00
GTEG	60	Curitiba	CIC Xisto	35.260,45	281,84
GRMA	144	Maringá	II Sul	32.786,52	0,00
GIDLD	135	LONDRINA	Sul (Matadouro)	30.963,00	0,00
GIDLD	133	LONDRINA	Norte (Olho d'Água)	30.202,70	51,89
GRAP		Apucarana	Aterro sanitário de Apucarana	27.545,83	1.531,36
GTEG	85	Curitiba	Padilha Sul	25.396,47	186,38
GRMA	143	Maringá	I Mandacaru	24.781,92	43,26
GTEG	89	Curitiba	Santa Quitéria	19.524,19	220,04
GRUM	233	Umuarama	Pinhalzinho	19.215,20	80,73
GRUM		Cianorte	Aterro sanitário de Cianorte	19.167,18	1.065,56
GRMA	145	Maringá	III Alvorada	14.783,84	61,01
GRCA	40	Cascavel	Quati (Sul)	14.623,12	42,87
GRPG	179	Ponta Grossa	Verde	13.709,87	46,65
GRPB	165	Pato Branco	Ligeiro	13.208,31	68,60
GIDLD	24	CAMBÉ	Caçadores	12.967,63	45,93
GTEG	279	Fazenda Rio Grande	Fazenda Rio Grande	11.958,90	67,41
GRSP	207	SANTO ANTÔNIO DA PLATINA	Boi Pintado	10.829,37	0,00
GRPV	164	Paranavaí	Vila Operária	10.748,24	26,30
GRCA	350	Cascavel	Melissa	10.594,99	36,41

Nota: As demais categorias não são rastreáveis por planta e sim por código contábil de localidade e gerência regional.

Apêndice IV – Histórico de evolução do IGEE e certificações

Linha do tempo - IGEE



Apêndice V – Histórico de recálculos

Histórico de alterações	Total Escopo 1	Total Escopo 2	Total biogênicas	Total Escopo 3
Registro Público de Emissões 2016	1.159.775,50	56.285,09	216.863,21	-
Recalculo IGEE 2017	865.096,77	56.285,09	216.863,21	-
Recalculo IGEE 2019	836.152,88	56.285,09	149.905,53	-
Recalculo IGEE 2021 (AR4)	815.514,31	56.285,09	149.905,53	-
Recalculo IGEE 2021 (AR5)	900.815,72	56.285,09	158.579,70	-
Recalculo IGEE 2022	874.263,99	56.285,09	32.908,77	-
Recalculo IGEE 2023	874.263,99	56.285,09	32.908,77	
Registro Público de Emissões 2017	979.363,03	65.012,13	166.867,23	-
Recalculo IGEE 2019	894.953,62	65.012,13	168.624,21	-
Recalculo IGEE 2021 (AR4)	846.767,49	65.012,13	168.624,21	-
Recalculo IGEE 2021 (AR5)	915.419,12	65.012,13	178.737,37	-
Recalculo IGEE 2022	912.371,10	65.012,13	10.331,83	-
Recalculo IGEE 2023	912.371,10	65.012,13	10.331,83	-
Registro Público de Emissões 2018	1.093.944,18	52.020,41	190.654,76	-
Recalculo IGEE 2019	1.007.234,91	52.020,41	193.000,84	-
Recalculo IGEE 2021 (AR4)	970.055,46	52.020,41	193.000,84	-
Recalculo IGEE 2021 (AR5)	1.072.834,92	52.020,41	217.203,56	-
Recalculo IGEE 2022	1.071.195,67	52.020,41	11.336,68	-
Recalculo IGEE 2023	1.071.195,67	52.020,41	10.138,73	
Registro Público de Emissões 2019	1.111.368,04	55.109,50	252.011,75	3.811,13
Recalculo IGEE 2019	1.045.281,68	55.109,50	235.551,09	3.811,13
Recalculo IGEE 2021 (AR4)	973.239,60	55.109,50	235.551,09	3.811,13
Recalculo IGEE 2021 (AR5)	1.077.778,69	55.109,50	266.043,59	3.811,13
Recalculo IGEE 2022	1.076.340,60	55.109,50	10.924,84	3.811,13
Recalculo IGEE 2023	1.076.340,60	55.109,50	11.975,77	3.811,13
Registro Público de Emissões 2020	1.022.960,51	43.869,55	289.054,12	14.031,60
Recalculo IGEE 2021 (AR4)	946.879,65	43.869,55	289.054,12	14.031,60
Recalculo IGEE 2021 (AR5)	1.047.518,87	43.869,55	289.054,12	14.031,60
Recalculo IGEE 2022	1.044.816,87	43.869,55	12.386,89	14.031,60
Recalculo IGEE 2023	1.044.816,87	43.869,55	14.361,49	14.031,87
Registro Público de Emissões 2021	1.016.529,40	92.666,00	335.670,85	10.496,63
Recalculo IGEE 2021 (AR5)	956.489,91	92.666,00	335.670,85	10.496,70
Recalculo IGEE 2022	956.489,91	92.666,00	19.715,59	10.496,70
Recalculo IGEE 2023	956.489,91	92.666,00	32.584,07	10.496,70
Registro Público de Emissões 2022	954.234,69	32.385,41	19.439,05	51.018,19
Recalculo IGEE 2023	954.234,69	32.385,41	27.882,02	51.018,19

