eccaplan
Soluções em Sustentabilidade

INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA

UHE Amador Aguiar I

Ano de 2025

Informações da Empresa

UHE Amador Aguiar I

Nome fantasia: UHE Amador Aguiar I

CNPJ: 04.569.007/0002-60

Setor econômico: Eletricidade e gás

Endereço:
Fazenda Quilombo 1 - Zona Rural - Araguari - Minas Gerais - Brasil - 38440970

Ano de inventário: 2025

Responsável pela publicação do inventário:
olavosilveira@ccbe.com.br

Informações institucionais:
A Usina Hidrelétrica Amador Aguiar I, anteriormente denominada Capim Branco I, está localizada no rio Araguari, entre os municípios de Uberlândia e Araguari, em Minas Gerais. Entrou em 2006 e integra o Complexo Energético Amador Aguiar, juntamente com a UHE Amador Aguiar II.

RESUMO

A empresa UHE Amador Aguiar I realizou o inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa referente ao ano de 2025. O inventário de emissões de gases de efeito estufa (GEE) é o instrumento gerencial que permite avaliar o impacto de uma organização sobre o sistema climático global.

Foi realizada a identificação das fontes emissoras, levantamento de dados e preenchimento no sistema de inventário de emissões de GEE da Eccaplan, desenvolvido com base em metodologias reconhecidas e adequadas ao contexto do inventário.

Foram contemplados neste inventário os escopos 1, 2 e 3.

As emissões do Escopo 1 (emissões diretas) somaram 29,248 tCO_2e. As emissões de Escopo 2 (emissões indiretas na aquisição de energia) foram de 1,024 tCO_2e. E as emissões do Escopo 3 (outras emissões indiretas) 44,800 tCO_2e.

Escopo	Categoria	tCO_2e	%
Escopo 1	Emissões Fugitivas	13,768	18.34%
	Combustão Móvel	12,569	16.74%
	Combustão Estacionária	1,921	2.56%
	Efluentes	0,991	1.32%
Escopo 2	Energia Elétrica (Localização)	1,024	1.36%
Escopo 3	Emissões casa-trabalho	30,191	40.22%
	Resíduos Sólidos	10,781	14.36%
	Viagens a Negócios	2,614	3.48%
	Emissões indiretas de energia e combustível	1,214	1.62%
Total		**75,073**	**100%**

Tabela 1 - Emissões em tCO_2e por escopo ou categoria (Informações respondem GRI 305-1; 305-2; 305-3)

SUMÁRIO

1. Introdução 05
1.1. Mudanças Climáticas e relatórios do IPCC 05
1.2. O Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) 06
1.2.1. Escopo 1: emissões diretas 06
1.2.2. Escopo 2: emissões indiretas na aquisição de eletricidade 07
1.2.3. Escopo 3: outras emissões indiretas 07
2. Metodologia 09
2.1. Princípios de contabilização e elaboração do Inventário 09
2.2. Etapas do Inventário de GEE 10
2.2.1. Etapa 1: Definição de abrangência 10
2.2.2. Etapa 2: Definição do período de referência e ano-base 11
2.2.3. Etapa 3: Identificação ou reavaliação de fontes e sumidouros de GEE 11
2.2.4. Etapa 4: Coleta de dados 13
2.2.5. Etapa 5: Cálculo de Emissões de GEE 14
3. Resultados 16
3.1. Limites organizacionais 16
3.2. Limites operacionais 16
Exclusões do inventário 16
3.3. Período de referência e ano-base 16
3.4. Resultados de escopo 1 17
3.5. Resultados de escopo 2 20
3.6. Resultados de escopo 3 21
3.7. Resultados totais 24
3.8. Resultados totais por categoria 24
3.9. Resultados totais por escopo (localização) 25
3.10. Emissões biogênicas 26
4. Série histórica de emissões 27
5. Análise de Incertezas 29
6. Recomendações 30
7. Referências 31

1. Introdução

1.1 Mudanças Climáticas e relatórios do IPCC

As mudanças climáticas referem-se a alterações de longo prazo nos padrões de temperatura e precipitação do planeta. Embora o clima terrestre já tenha passado por variações naturais ao longo de sua história, o que se observa desde a Revolução Industrial é um processo acelerado e sem precedentes, impulsionado principalmente pela ação humana (IPCC, 2023).

A queima de combustíveis fósseis, o desmatamento e práticas industriais e agropecuárias intensivas liberam grandes quantidades de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera, que retêm o calor solar e elevam a temperatura média do planeta, fenômeno conhecido como aquecimento global (IPCC, 2023). Esses gases formam uma camada que funciona como um isolante ao redor da Terra: quanto mais densa essa camada, maior o calor retido. O resultado é um desequilíbrio climático que afeta regimes de chuva, intensifica secas, acelera o derretimento de geleiras, eleva o nível dos mares e aumenta a frequência de eventos climáticos extremos em todo o mundo (IPCC, 2023).

Estima-se que as atividades humanas tenham causado cerca de 1,1°C de aquecimento global acima dos níveis pré-industriais. É provável que o aquecimento global atinja 1,5°C entre 2030 e 2052, caso continue a aumentar no ritmo atual (IPCC, 2023).

O Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC) foi criado em 1988 pela Organização das Nações Unidas (ONU) para coletar dados climáticos e produzir relatórios científicos regulares capazes de demonstrar a ocorrência e a intensidade das mudanças climáticas, bem como seus efeitos atuais e riscos futuros. Foi o IPCC que, a partir do seu Quinto Relatório de Avaliação (AR5, 2013–2014), forneceu as bases científicas que subsidiaram as negociações do Acordo de Paris, em 2015.

O Acordo de Paris é um tratado global, adotado em dezembro de 2015 pelos países signatários da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC, acrônimo em inglês), durante a 21ª Conferência das Partes (COP21). Esse acordo rege medidas de redução de emissão de dióxido de carbono a partir de 2020, e tem por objetivos fortalecer a resposta à ameaça da mudança do clima e reforçar a capacidade dos países para lidar com os impactos gerados por essa mudança. Em linhas gerais, os países signatários firmaram o compromisso de manter o aumento da temperatura média mundial bem abaixo dos 2°C em relação a níveis pré-industriais e de assumir esforços para limitar esta elevação a 1,5°C até o fim do século 21. Para isso, todos os países signatários apresentaram um plano nacional de ações para redução de emissões, denominado Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDC).

O Brasil, na época, estipulou o compromisso de reduzir as emissões de GEE em 37% até 2025 e em 43% até 2030. Na última revisão da meta climática do país, lançada em 2024, foram estabelecidos como objetivos reduzir entre 59% e 67% as emissões até 2035 e atingir a neutralidade climática até 2050.

Este aumento da temperatura eleva tanto a frequência quanto a intensidade dos eventos climáticos extremos, causando impactos maiores e mais perigosos às pessoas e natureza, especialmente em situações de maior vulnerabilidade existente. Além disso, agrava a escassez hídrica e a insegurança alimentar em todo o mundo. Para que as temperaturas médias sejam mantidas em 1,5°C, serão necessárias reduções profundas e rápidas das emissões de gases de efeito estufa em todos os setores ainda nesta década.

1.2 O Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE)

O Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) é um instrumento gerencial que permite quantificar as emissões associadas às atividades de uma organização. A partir da definição de sua abrangência, da identificação das fontes emissoras e dos sumidouros de GEE, e da contabilização de suas respectivas emissões ou remoções, o inventário possibilita compreender o perfil de emissões decorrente das operações organizacionais, subsidiando a tomada de decisão.

O inventário segue as recomendações e diretrizes estabelecidas por metodologias reconhecidas internacionalmente, incluindo:

- GHG Protocol – Corporate Accounting and Reporting Standard e Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard, desenvolvidos pelo World Resources Institute (WRI) e pelo World Business Council for Sustainable Development (WBCSD);
- ABNT NBR ISO 14.064-1, que estabelece princípios e requisitos para a quantificação e o relato de emissões e remoções de GEE em nível organizacional;
- Programa Brasileiro GHG Protocol, coordenado pela Fundação Getúlio Vargas (FGV), por meio do GVces, em parceria com o WRI.

A adoção desses referenciais garante consistência metodológica e credibilidade ao inventário, permitindo a comparabilidade dos resultados em nível nacional e internacional.

As informações geradas possibilitam o monitoramento das emissões ao longo do tempo, a comparação entre unidades ou operações, a identificação de riscos regulatórios e oportunidades de redução, o estabelecimento de metas e a comunicação do desempenho climático em iniciativas de transparência. Quando ampliado para a cadeia de valor, o inventário também apoia a avaliação de impactos associados a fornecedores, logística, uso e destinação de produtos.

Por fim, para fins de organização e reporte, as emissões de GEE são classificadas em diferentes escopos, de acordo com o nível de controle ou influência da organização sobre as fontes emissoras, permitindo uma análise estruturada e padronizada das emissões ao longo de suas operações e cadeia de valor.

1.2.1 Escopo 1: emissões diretas

As emissões diretas de Escopo 1 correspondem aos gases de efeito estufa (GEE) provenientes de fontes que pertencem ou são controladas pela própria organização, ou seja, que ocorrem dentro de seus limites operacionais. Essas emissões estão diretamente associadas às atividades da empresa e, portanto, representam aquelas sobre as quais há maior nível de controle e capacidade de gestão.

Para fins de contabilização e reporte, o Programa Brasileiro GHG Protocol recomenda que as emissões de Escopo 1 sejam classificadas em seis categorias principais, de forma a garantir maior clareza, rastreabilidade e consistência do inventário.

A primeira delas é a combustão estacionária, que inclui a queima de combustíveis em equipamentos fixos, como caldeiras, fornos e geradores. Em seguida, a combustão móvel abrange o consumo de combustíveis em veículos próprios ou controlados pela organização, como automóveis, caminhões e equipamentos fora de estrada.

Também compõem o Escopo 1 as emissões de processos industriais, que resultam de transformações físicas ou químicas de materiais, não relacionadas à combustão, como na produção de cimento ou em processos químicos. As emissões fugitivas correspondem a liberações não intencionais de gases, como vazamentos em sistemas de refrigeração, equipamentos elétricos ou tubulações de gás. Além disso, são consideradas as emissões provenientes do tratamento de resíduos e efluentes sob controle da organização, como decomposição de matéria orgânica ou incineração de resíduos.

Por fim, incluem-se as emissões agrícolas e aquelas associadas a mudanças no uso do solo, quando aplicáveis, relacionadas a atividades como fermentação entérica, manejo de solos ou conversão de áreas, desde que sob controle da organização.

No âmbito do GHG Protocol e do Programa Brasileiro GHG Protocol, a contabilização das emissões de Escopo 1 é obrigatória para a elaboração de inventários corporativos, uma vez que constitui a base mínima para a quantificação das emissões organizacionais.

1.2.2 Escopo 2: emissões indiretas na aquisição de eletricidade

As emissões indiretas de Escopo 2 correspondem às emissões de gases de efeito estufa (GEE) associadas à aquisição de energia consumida pela organização, mas gerada por fontes que não pertencem nem são controladas por ela. Em geral, referem-se principalmente ao consumo de energia elétrica, mas também podem incluir energia térmica, como vapor, calor ou refrigeração, quando fornecidos por terceiros.

Assim como para o escopo 1, a contabilização das emissões de Escopo 2 é obrigatória. Essas emissões refletem o impacto indireto do consumo energético da organização e são fundamentais para a avaliação de estratégias de eficiência energética e uso de fontes renováveis.

1.2.3 Escopo 3: outras emissões indiretas

As emissões indiretas de Escopo 3 correspondem às demais emissões de gases de efeito estufa (GEE) que ocorrem ao longo da cadeia de valor da organização, tanto a montante quanto a jusante de suas operações, mas que não estão incluídas nos Escopos 1 e 2. Essas emissões estão associadas às atividades de fornecedores, prestadores de serviço, clientes e demais parceiros, refletindo impactos indiretos decorrentes das operações da organização.

No âmbito do GHG Protocol e do Programa Brasileiro GHG Protocol, a contabilização do Escopo 3 não é obrigatória, porém é fortemente recomendada, especialmente para organizações que buscam uma compreensão mais abrangente de suas emissões e maior alinhamento com boas práticas de transparência climática. Em muitos casos, o Escopo 3 representa a maior parcela das emissões totais de uma organização.

Para fins de estruturação, as emissões de Escopo 3 são classificadas em categorias que abrangem toda a cadeia de valor, sendo divididas entre emissões upstream (relacionadas a bens e serviços adquiridos) e downstream (relacionadas ao uso e destino dos produtos vendidos). Entre as principais categorias upstream, destacam-se as emissões associadas à aquisição de bens e serviços, bens de capital, atividades relacionadas a combustíveis e energia não incluídas nos Escopos 1 e 2, transporte e distribuição realizados por terceiros, resíduos gerados nas operações, viagens a negócios e deslocamento de funcionários.

Já no contexto downstream, incluem-se as emissões associadas ao transporte e distribuição de produtos vendidos, ao processamento de produtos intermediários, ao uso de bens e serviços vendidos ao longo de sua vida útil e ao tratamento de fim de vida desses produtos. Também podem ser consideradas emissões relacionadas a ativos arrendados, franquias e investimentos, quando aplicável.

Devido à sua abrangência e complexidade, a quantificação das emissões de Escopo 3 frequentemente envolve maior nível de incerteza e depende, em muitos casos, de dados secundários ou estimativas. Ainda assim, seu relato é fundamental para a identificação de oportunidades de redução ao longo da cadeia de valor, engajamento de fornecedores e clientes, e definição de estratégias corporativas de descarbonização mais robustas.

2. Metodologia

O Programa de Gerenciamento de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) da Eccaplan consiste em um conjunto estruturado de ações gerenciais voltadas à avaliação do desempenho empresarial frente aos impactos relacionados às mudanças climáticas. Esse programa fornece subsídios para a definição de estratégias específicas, bem como para a identificação de riscos e oportunidades decorrentes do atual cenário ambiental global.

Como etapa inicial, destaca-se a elaboração do inventário de emissões de GEE da organização, que permite quantificar e compreender seu impacto climático. A partir desse diagnóstico, torna-se possível orientar a tomada de decisão, direcionando ações de mitigação e gestão mais assertivas.

2.1 Princípios de contabilização e elaboração do Inventário

Os seguintes princípios devem orientar a elaboração de um inventário de emissões de GEE (FGV/GVces; WRI, 2011):

- **Relevância:** assegurar que o Inventário de GEE reflita apropriadamente as emissões do processo em foco e que atenda às necessidades de tomada de decisão de seus usuários.
- **Completeza:** registrar todas as fontes e atividades emissoras de GEE dentro dos limites selecionados do inventário. Documentar e justificar quaisquer exclusões específicas;
- **Consistência:** utilizar metodologias reconhecidas e consubstanciadas tecnicamente, que permitam comparações das emissões com as de outros processos similares. Documentar claramente quaisquer alterações de dados, limites de inventário, métodos empregados ou quaisquer outros fatores relevantes no dado período.
- **Transparência:** tratar todos os assuntos relevantes de forma coerente e factual, alicerçada em evidências objetivas. Revelar quaisquer suposições relevantes, bem como fazer referência apropriada às metodologias de cálculo e de registro e ainda às fontes de dados utilizadas.
- **Acuidade:** por meio da aplicação de dados apropriados, de fatores de emissão ou estimativas, assegurar que a quantificação de emissões de GEE não esteja subestimada ou superestimada. Reduzir o viés e as incertezas ao mínimo possível e obter um nível de determinação que possibilite segurança nas tomadas de decisões.

2.2 Etapas do Inventário de GEE

As etapas conceituais utilizadas para a elaboração de um inventário de emissões de GEE são apresentadas no fluxograma abaixo e explicadas em seguida:

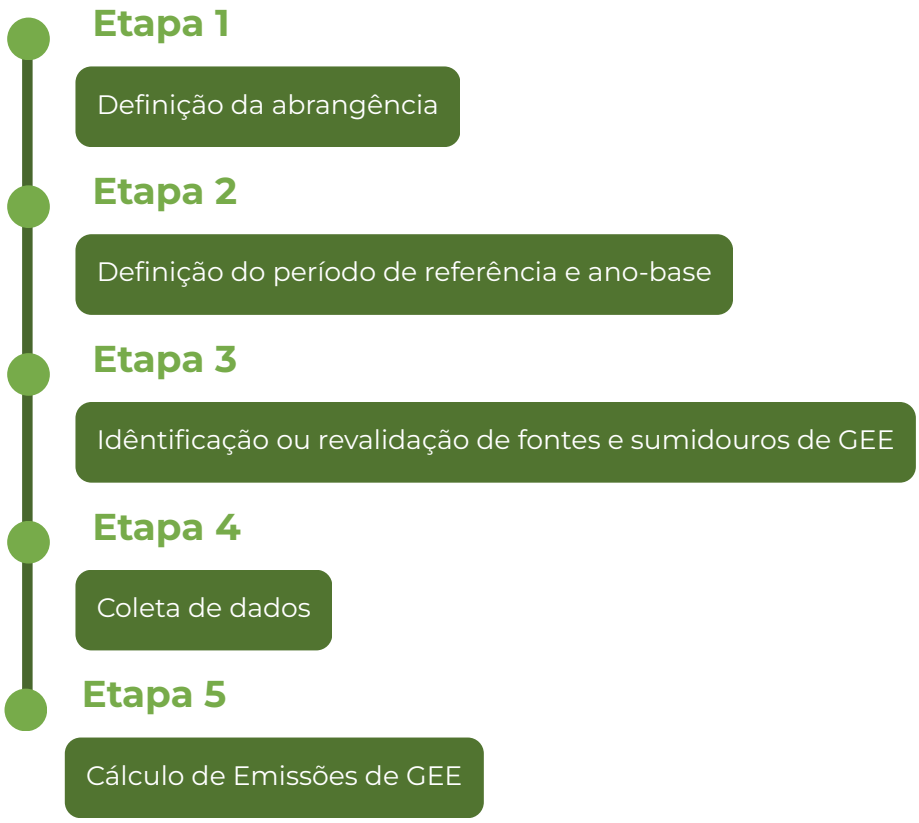


Figura 1 - Etapas no inventário de emissões de GEE

2.2.1 Etapa 1: Definição de abrangência

Os **limites geográficos** definem a área territorial considerada no inventário de emissões de GEE, estabelecendo se a contabilização abrangerá uma unidade específica, todas as operações em um determinado país ou até mesmo as atividades em escala global. No âmbito do Programa Brasileiro do GHG Protocol, são obrigatórias, por padrão, apenas as emissões nacionais dos escopos 1 e 2. As emissões de GEE de fora do território brasileiro podem ser relatadas no escopo 3, para outras emissões indiretas.

Os **limites organizacionais** são definidos a partir da identificação das operações da empresa que serão incluídas no inventário de emissões de GEE. A partir dessa delimitação, as emissões são classificadas em diretas ou indiretas. A classificação e consolidação dessas emissões dependem da abordagem adotada para definição dos limites organizacionais, que pode ser baseada em controle operacional ou participação societária.

- **Controle operacional:** a organização é responsável por 100% das emissões de GEE das operações sobre as quais exerce controle operacional, independentemente de sua participação societária.
- **Participação societária:** a organização inventariada contabiliza as emissões de GEE proporcionalmente à sua participação acionária nas operações.

Já os **limites operacionais** referem-se à identificação das fontes e sumidouros de GEE associados às atividades da organização, a partir da sua classificação em emissões diretas e indiretas. Essa categorização é realizada com base nos escopos 1, 2 e 3, que organizam as emissões conforme sua origem e o nível de controle ou influência da empresa sobre elas.

2.2.2 Etapa 2: Definição do período de referência e ano-base

Com a definição dos limites, é necessário estipular o **período de referência** para o inventário. Ele corresponde a um recorte de tempo da quantificação de emissões. Normalmente, os inventários de GEE possuem um recorte anual.

Em contrapartida, o **ano-base** é o ponto de referência no passado com relação ao qual as emissões atmosféricas atuais podem ser comparadas com consistência. O recálculo retroativo ao ano-base deve ser realizado sempre que houver mudanças que acarretem tanto o aumento como a diminuição das emissões, ou seja, sempre que a alteração comprometer a consistência e a relevância das análises ao longo do tempo.

Os seguintes casos podem resultar na necessidade de recálculo das emissões:

- **Mudanças estruturais significativas:** (i) fusões, aquisições e desinvestimentos; (ii) terceirização e incorporação de atividades emissoras; e (iii) mudança da atividade emissora para dentro ou para fora dos limites geográficos do Programa (GHG Protocol Brasil);

- **Alterações significativas na metodologia de cálculo,** melhoria na exatidão dos fatores de emissão ou dos dados de atividade que resultem em um impacto significativo sobre os dados de emissões ou no ano-base;

- **Descoberta de erros significativos** ou de um determinado número de erros acumulados que resultem em mudanças significativas nos resultados.

2.2.3 Etapa 3: Identificação ou reavaliação de fontes e sumidouros de GEE

A etapa de identificação ou reavaliação de fontes e sumidouros de GEE consiste no mapeamento sistemático das atividades da organização que geram emissões ou promovem a remoção de gases de efeito estufa, bem como na revisão periódica dessas fontes, a fim de garantir que o inventário permaneça completo, atualizado e alinhado às operações reais da empresa.

De acordo com o Programa Brasileiro do GHG Protocol, os Inventários devem contemplar os 7 tipos de GEE que fazem parte do reporte do Protocolo de Kyoto: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido de nitrogênio (N_2O), hidrofluorcarbono (HFCs), perfluorocarbono (PFCs), hexafluoreto de enxofre (SF_6), e trifluoreto de nitrogênio (NF_3).

O inventário considerou as emissões de CO_2, CH_4, N_2O, HFCs, PFCs, SF_6 e NF_3 de acordo com as fontes de emissão mapeadas e a disponibilidade de dados. Os gases mais comuns, CO_2, CH_4 e N_2O, são gerados das seguintes maneiras:

- **CO_2:** gerado na queima de combustíveis fósseis (diesel, gás natural, querosene e GLP) por fontes móveis e estacionárias. Existem também emissões de CO_2 relacionadas com o tratamento de resíduos e o uso de fertilizantes agrícolas;

- **CH_4:** gerado na queima de combustíveis por fontes móveis e estacionárias, emissões fugitivas nas linhas de distribuição de GN e na decomposição de matéria orgânica em processos de tratamento de resíduos sólidos;

- **N_2O:** gerado na queima de combustíveis fósseis por fontes móveis e estacionárias. Existem também emissões de N_2O relacionadas com o tratamento de resíduos e o uso de fertilizantes agrícolas.

O Programa Brasileiro do GHG Protocol recomenda, quando aplicável, o relato separado de "Emissões de CO_2 biogênico" e "Remoções biogênicas de CO_2". As emissões biogênicas de CO_2 resultam da transformação de estoques biológicos de carbono, previamente absorvido da atmosfera via fotossíntese, e por isso devem ser reportadas separadamente das demais emissões, que efetivamente aumentam a concentração de GEE na atmosfera.

Essas emissões devem ser alocadas em subcategoria específica dentro dos escopos 1, 2 ou 3, conforme a fonte. Destaca-se que apenas o CO_2 deve ser incluído nessa subcategoria, enquanto outros gases emitidos pelas mesmas atividades, como CH_4 e N_2O, devem ser contabilizados normalmente nas categorias de emissão, devido às diferenças em seus potenciais de aquecimento global.

Adicionalmente, o Protocolo de Montreal inclui os gases depletores da camada de ozônio como os hidroclorofluorcarbono (HCFCs), que também contribuem para o aquecimento global.

Cada GEE possui um Potencial de Aquecimento Global (PAG) associado, que é a medida do quanto cada gás contribui para o aquecimento global. O PAG é um valor relativo que compara o potencial de aquecimento de uma determinada quantidade de gás com a mesma quantidade de CO_2 que, por padronização, tem o PAG de valor igual a 1. O PAG é sempre expresso em termos de equivalência de CO_2 - CO_2e.

A tabela abaixo apresenta os valores do PAG utilizados no Inventário:

Gás	Potencial de Aquecimento Global (PAG)
Dióxido de Carbono (CO2)	1
Metano (CH4)	28
Óxido Nitroso (N2O)	265
Hexafluoreto de enxofre (SF6)	22.800
Trifluoreto de nitrogênio (NF3)	17.200
PFCs	7.390-17.700
HFCs	12-14.800
HCFCs	5-14.400

Tabela 2 - Potencial de aquecimento global de gases na metodologia. Fonte: PBGHGP, 2023.

2.2.4 Etapa 4: Coleta de dados

Após a definição da abrangência e dos limites do inventário, realiza-se a etapa de coleta de dados pela organização inventariada, com o objetivo de levantar as informações operacionais necessárias para o correto preenchimento do sistema de inventário de emissões de GEE. Essa etapa envolve o mapeamento das fontes emissoras, a definição dos responsáveis pela disponibilização das informações e a consolidação de dados de atividade, como consumo de combustíveis, energia, geração de resíduos, efluentes, transporte, entre outros.

Durante o processo, é fundamental adotar procedimentos de verificação e controle de qualidade dos dados, priorizando informações primárias, rastreáveis e documentadas. Sempre que possível, devem ser utilizados registros oficiais, como notas fiscais, faturas e relatórios operacionais, evitando estimativas não justificadas. Também é recomendável realizar checagens de consistência, comparando os dados com períodos anteriores ou indicadores operacionais, a fim de identificar possíveis desvios ou inconsistências.

Caso haja a intenção de submeter o inventário a um processo de verificação por terceira parte, é essencial que todas as evidências utilizadas sejam devidamente coletadas, organizadas e mantidas pela organização inventariada, seja por meio de arquivamento interno ou registro em sistema, de forma a garantir rastreabilidade, transparência e auditabilidade das informações.

2.2.5 Etapa 5: Cálculo de Emissões de GEE

Todos os cálculos apresentados neste inventário foram realizados com base nas diretrizes metodológicas estabelecidas pelo GHG Protocol, reconhecido internacionalmente como o principal padrão para quantificação e reporte de emissões de gases de efeito estufa.

Sempre que possível, foram utilizadas as referências e fatores de emissão disponibilizados pelo Programa Brasileiro GHG Protocol, garantindo a adequação dos dados à realidade nacional e o alinhamento às melhores práticas recomendadas para o contexto nacional.

As emissões e remoções de GEE são calculadas por cada fonte e sumidouro individualmente segundo fórmula a seguir:

$$E_{i,g,y} = DA_{i,y} * FE_{i,g,y} * PAG_g$$

onde:

- **E** - Emissões ou remoções de GEE g, atribuíveis à fonte ou sumidouro i, durante o ano y, em tCO_2e;
- **i** - Índice que denota uma atividade da fonte ou sumidouro individual;
- **g** - Índice que denota um GEE;
- **y** - Ano de referência do relatório.
- **DA** - Dado consolidado de atividade referente à fonte ou sumidouro i, para o ano y, na unidade u.
- **FE** - Fator de emissão do GEE g, aplicável à fonte ou sumidouro i, no ano y, em t GEE g/u;
- **PAG** - Potencial de aquecimento global do GEE g, em tCO_2e/t GEE g.

A escolha do método de cálculo apropriado decorreu da disponibilidade de dados e de fatores de emissão específicos, das tecnologias de combustão utilizadas no processo, entre outros. Os cálculos foram implementados por meio de operação de relacionamento entre o banco de dados de fontes de emissão, ora compilado, e banco de dados de fatores de emissão curado pela Eccaplan.

A equipe técnica da Eccaplan fica responsável por atualizar periodicamente o seu sistema com os fatores de emissão de acordo com metodologias consagradas internacionalmente para confecção de inventários de GEE. As principais fontes para fatores de emissão são baseadas nas seguintes referências:

Referência	Descrição
ANP 2012	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - https://www.anp.-gov.br/
ASHRAE 2019	Designation and Safety Classification of Refrigerants - ANSI / ASHRAE Standard 34 - 2019
BEN 2024	Ministério de Minas e Energia. Balanço Energético Nacional 2024 (ano-base 2023). - https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco--energetico-nacional-2024
DEFRA 2024	DEFRA - UK Government conversion factors for Company Reporting. Ano: 2024. - https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas--reporting-conversion-factors-2024
DEFRA 2025	DEFRA - UK Government conversion factors for Company Reporting. Ano: 2025. - https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas--reporting-conversion-factors-2025
IPCC 2006	2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - https://www.-ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html
IPCC 2013	IPCC Fifth Assessment Report: Climate Change 2013 (AR5) - https://www.ipcc.ch/-report/ar5/wg1/
IPCC 2019	2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html
MCTIC 2016	Ministério da Ciência, Tecnologia, Comunicação e Inovação. Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Brasília: MCTIC, 2016. - http://sirene.mctic.gov.br
MMA 2014	Ministério do Meio Ambiente. Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários 2013. Ano-base 2012. Relatório Final. - http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80060/Inventario_de_Emissoes_por_-Veiculos_Rodoviarios_2013.pdf
PBGHGP	Programa Brasileiro GHG Protocol, Ferramenta de Cálculo, Ciclo 2026 - https://eaesp.fgv.br/centros/centro-estudos-sustentabilidade/projetos/-programa-brasileiro-ghg-protocol

Tabela 3 - Principais referências para elaboração do inventário.

3. Resultados

3.1 Limites organizacionais

O Inventário de Emissões de GEE do(a) UHE Amador Aguiar I de 2025 foi elaborado com base na abordagem de Controle operacional.

3.2 Limites operacionais

Neste inventário foram considerados os Escopos 1, 2 e 3 que abrange as emissões ocorridas no ano de 2025.

Escopo	Categoria
Escopo 1	Emissões Fugitivas
	Combustão Móvel
	Combustão Estacionária
	Efluentes
Escopo 2	Energia Elétrica (Localização)
Escopo 3	Emissões casa-trabalho
	Resíduos Sólidos
	Viagens a Negócios
	Emissões indiretas de energia e combustível

Tabela 4 - Limites operacionais relatados no inventário.

Exclusões do inventário

Registro de exclusão do inventário		
Item	**Categoria**	**Escopo**
Emissões de GEE em área inundada	Emissões Fugitivas	Escopo 1
Descrição: As emissões dos reservatórios da UHE Amador Aguiar I e II não foram incluídas neste inventário devido às incertezas metodológicas das estimativas atualmente disponíveis. Métodos como o cálculo por energia gerada ou o uso da ferramenta G-res ainda apresentam limitações quanto à representatividade dos parâmetros e à generalização dos resultados. Fatores locais, como profundidade, tempo de residência da água, uso e ocupação do solo e regime hidrológico, influenciam fortemente o balanço de emissões, dificultando a aplicação de fatores padrão. A organização reconhece a importância dessa fonte e está avaliando melhorias técnicas e metodológicas práticas para possibilitar sua inclusão em ciclos futuros, conforme o avanço das metodologias e a obtenção de dados mais específicos do empreendimento.		

3.3 Período de referência e ano-base

O presente inventário abrange as emissões provenientes de atividades realizadas pelo(a) UHE Amador Aguiar I no ano de 2025 (1º de janeiro de 2025 a 31 de dezembro de 2025). Já o ano base foi definido como o ano de 2024, permitindo a comparação na série histórica.

3.4 Resultados de escopo 1

Informações respondem GRI 305-1

O Escopo 1 contempla as emissões diretas de GEE provenientes de fontes que pertencem ou que são controladas pela organização, como geradores de energia, veículos à combustão, processos industriais diversos e emissões fugitivas.

Categorias de emissões do escopo 1 para o inventário de 2025 da empresa UHE Amador Aguiar I:

Emissões Fugitivas				
Fonte	**Consumo**	**Unidade**	**tCO_2e**	**tCO_2 Bio**
Recarga de R-410A	6,96	KG	13,388	0,000
Extintores de Incêndio de CO2	380,00	KG	0,380	0,000
Emissões de GEE em área inundada	—	KG	0,000	0,000
Total			**13,768**	**0,000**

Tabela 5 — Informações e resultados de Emissões Fugitivas.

Combustão Móvel				
Fonte	**Consumo**	**Unidade**	**tCO_2e**	**tCO_2 Bio**
Automóvel flex a gasolina	7.399,80	L	12,423	3,311
Embarcação a gasolina	87,02	L	0,145	0,039
Total			**12,569**	**3,350**

Tabela 6 — Informações e resultados de Combustão Móvel.

Combustão Estacionária				
Fonte	**Consumo**	**Unidade**	**tCO_2e**	**tCO_2 Bio**
Consumo de óleo diesel em geradores	850,00	L	1,921	0,301
Total			**1,921**	**0,301**

Tabela 7 — Informações e resultados de Combustão Estacionária.

Efluentes				
Fonte	**Consumo**	**Unidade**	**tCO_2e**	**tCO_2 Bio**
Efluentes Líquidos	602,50	M^3	0,991	0,000
Total			**0,991**	**0,000**

Tabela 8 — Informações e resultados de Efluentes.

Consolidado do escopo 1		
Categoria	**tCO_2e**	**tCO_2 Bio**
Emissões Fugitivas	13,768	0,000
Combustão Móvel	12,569	3,350
Combustão Estacionária	1,921	0,301
Efluentes	0,991	0,000
Total	**29,248**	**3,651**

Tabela 9 – Informações das emissões do escopo 1 por categoria.

Emissões por categorias - Escopo 1

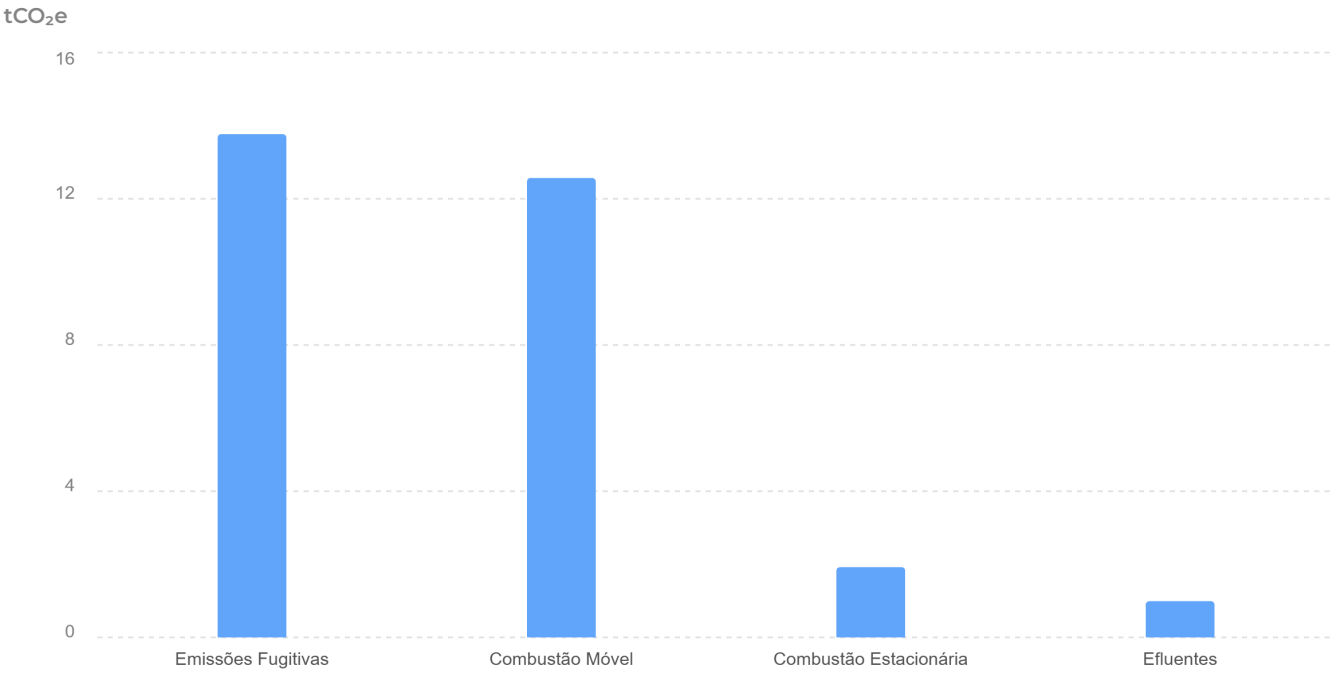


Gráfico 1 – Resultados Escopo 1.

3.5 Resultados de escopo 2

Informações respondem GRI 305-2

Foram consumidos 20,595 MWh de eletricidade pelo(a) UHE Amador Aguiar I, resultando na liberação de 1,024 toneladas de carbono na atmosfera, valor que representa 1.36% das emissões totais do inventário de 2025.

Emissões de Escopo 2 - Abordagem baseada na localização			
Fonte	**Consumo (MWh)**	**tCO_2e**	**tCO_2 Bio**
Consumo de eletricidade da rede	20,60	1,024	0,000
Total		**1,024**	**0,000**

Tabela 10 – Informações das emissões do escopo 2

Gráfico relacional entre consumo de eletricidade e emissões

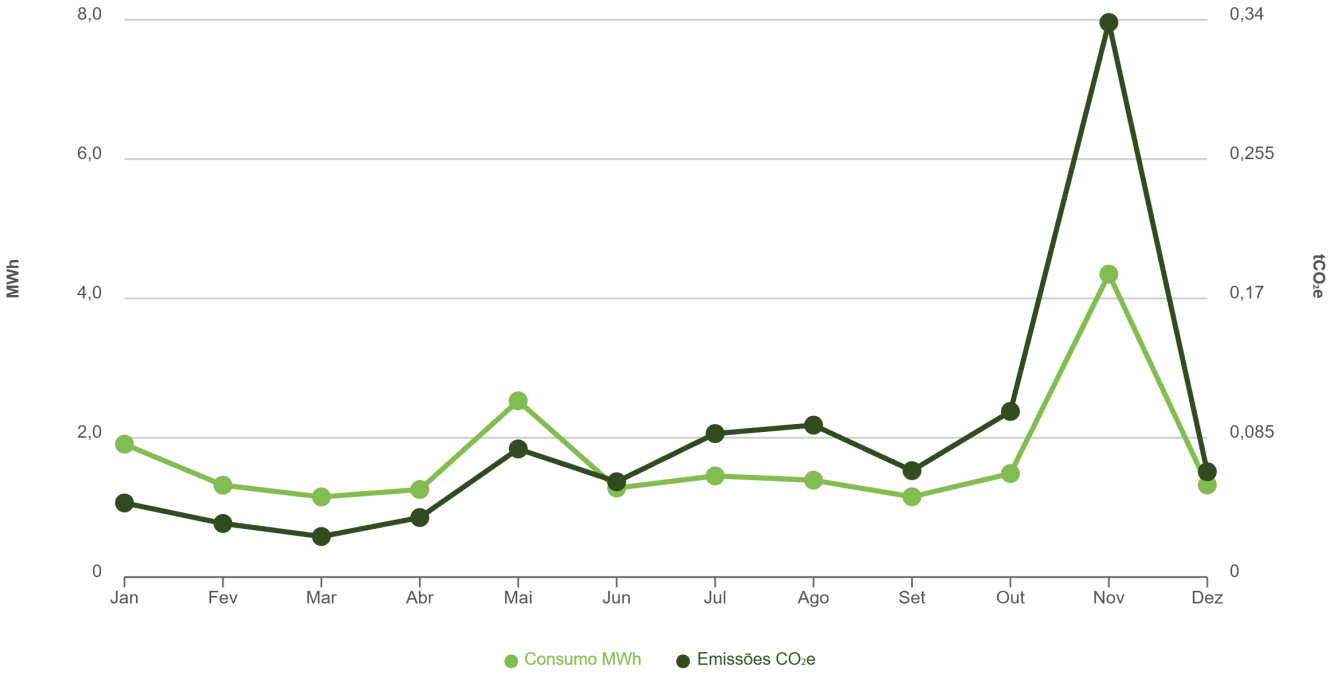


Gráfico 2 – Resultado Escopo 2

3.6 Resultados de escopo 3

Informações respondem GRI 305-3

O Escopo 3 corresponde às emissões indiretas de GEE que ocorrem na cadeia de valor da organização, mas que não estão sob seu controle ou propriedade direta. Incluem atividades upstream, como extração e produção de matérias-primas, transporte de insumos e viagens a negócios, e a downstream, como uso e descarte de produtos ou serviços. Sua contabilização é essencial para uma visão completa do impacto climático, pois geralmente representa a maior parcela das emissões totais de uma empresa.

Categorias de emissões do escopo 3 para o inventário de 2025 do(a) UHE Amador Aguiar I:

Emissões casa-trabalho				
Fonte	**Consumo**	**Unidade**	**tCO_2e**	**tCO_2 Bio**
Automóvel flex a gasolina	11.760,99	L	19,735	5,256
Veículo comercial leve a Diesel - Van	4.268,69	L	9,892	1,444
Automóvel flex a etanol	7.897,06	L	0,475	11,926
Home Office Área administrativa	1,93	MWh	0,089	0,000
Total			**30,191**	**18,626**

Tabela 11 — Informações e resultados de Emissões casa-trabalho.

Resíduos Sólidos				
Fonte	**Consumo**	**Unidade**	**tCO_2e**	**tCO_2 Bio**
Lodo de ETE	12,73	TON	5,988	0,147
Resíduos de banheiro	0,82	TON	1,915	0,047
Madeira	4,67	TON	1,721	0,042
Resíduos Orgânicos	0,82	TON	1,157	0,028
Total			**10,781**	**0,265**

Tabela 12 — Informações e resultados de Resíduos Sólidos.

Viagens a Negócios				
Fonte	**Consumo**	**Unidade**	**tCO_2e**	**tCO_2 Bio**
Viagens aéreas de curta distância	12.712,56	KM	1,723	0,000
Viagens aéreas de média distância	11.795,46	KM	0,892	0,000
Total			**2,614**	**0,000**

Tabela 13 — Informações e resultados de Viagens a Negócios.

Emissões indiretas de energia e combustível				
Fonte	**Consumo**	**Unidade**	**tCO_2e**	**tCO_2 Bio**
Consumo de gasolina em roçadeiras	590,00	L	0,952	0,264
Consumo em rondas internas por veículo flex a etanol	4.356,29	L	0,262	6,579
Total			**1,214**	**6,842**

Tabela 14 — Informações e resultados de Emissões indiretas de energia e combustível.

Consolidado do escopo 3		
Categoria	**tCO_2e**	**tCO_2 Bio**
Emissões casa-trabalho	30,191	18,626
Resíduos Sólidos	10,781	0,265
Viagens a Negócios	2,614	0,000
Emissões indiretas de energia e combustível	1,214	6,842
Total	**44,800**	**25,733**

Tabela 15 – Informações das emissões do escopo 3 por categoria.

Emissões por categorias - Escopo 3

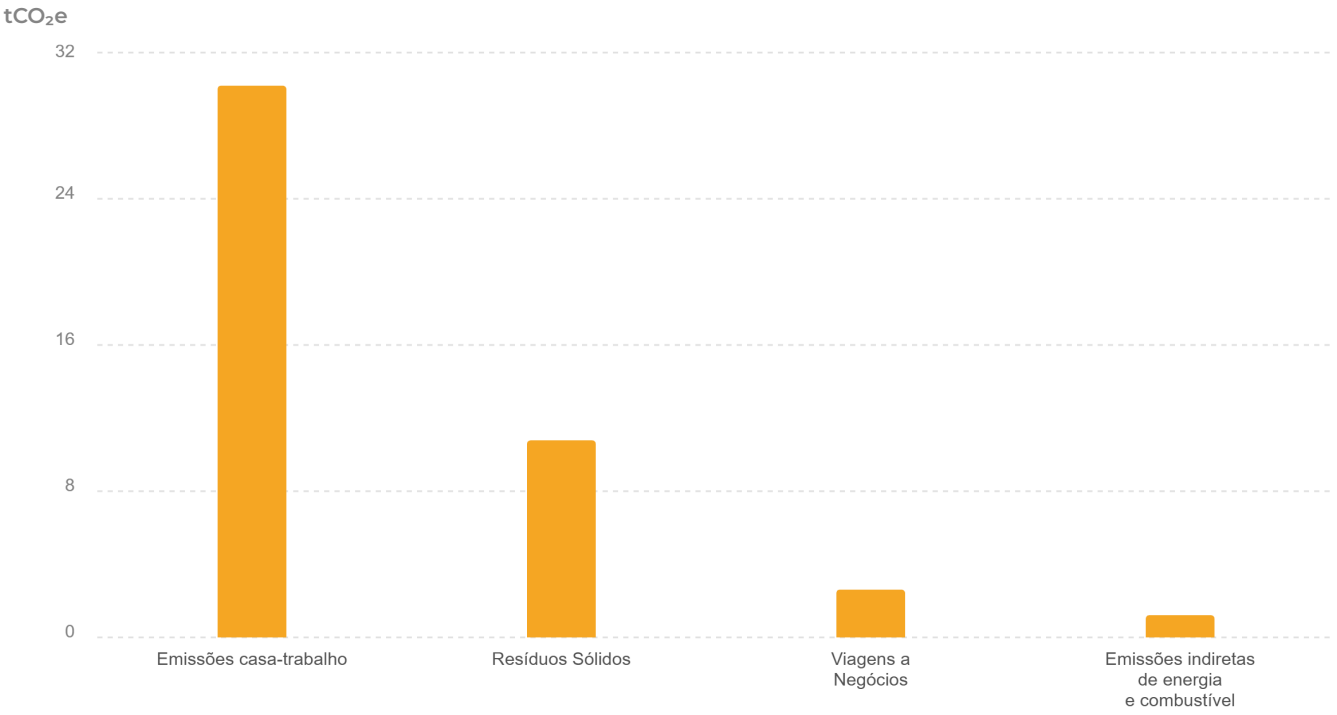


Gráfico 3 – Resultados Escopo 3.

3.7 Resultados totais

Resumo das emissões totais								
	Em toneladas de gás				Em toneladas de CO_2e			
GEE	Escopo 1	Escopo 2 (localização)	Escopo 2 (compra)	Escopo 3	Escopo 1	Escopo 2 (localização)	Escopo 2 (compra)	Escopo 3
CO_2	14,315934	1,024162		32,126736	14,316	1,024	-	32,127
CH_4	0,035923			0,388653	1,006	-	-	10,882
N_2O	0,002033			0,006760	0,539	-	-	1,791
HFC	0,006960				13,388	-	-	-
PFC					-	-	-	-
SF_6					-	-	-	-
NF_3					-	-	-	-
Total	**-**	**-**	**-**	**-**	**29,248**	**1,024**	**-**	**44,800**

Tabela 17 – Resumo das emissões totais - Ano de inventário: 2025

3.8 Resultados totais por categoria

As emissões do(a) UHE Amador Aguiar I, que incluem em sua verificação os escopos 1, 2 e 3, referente ao ano de 2025, estão apresentadas na tabela abaixo em toneladas de CO_2 equivalente (tCO_2e):

Escopos	Categoria	tCO_2e	%
Escopo 1	Emissões Fugitivas	13,768	18.34%
	Combustão Móvel	12,569	16.74%
	Combustão Estacionária	1,921	2.56%
	Efluentes	0,991	1.32%
Escopo 2	Energia Elétrica (Localização)	1,024	1.36%
Escopo 3	Emissões casa-trabalho	30,191	40.22%
	Resíduos Sólidos	10,781	14.36%
	Viagens a Negócios	2,614	3.48%
	Emissões indiretas de energia e combustível	1,214	1.62%
Total		**75,073**	**100%**

Tabela 16 - Emissões em tCO_2e por escopo ou categoria (Informações respondem GRI 305-1; 305-2; 305-3)

Gráfico de Emissões por categoria (tCO_2e)

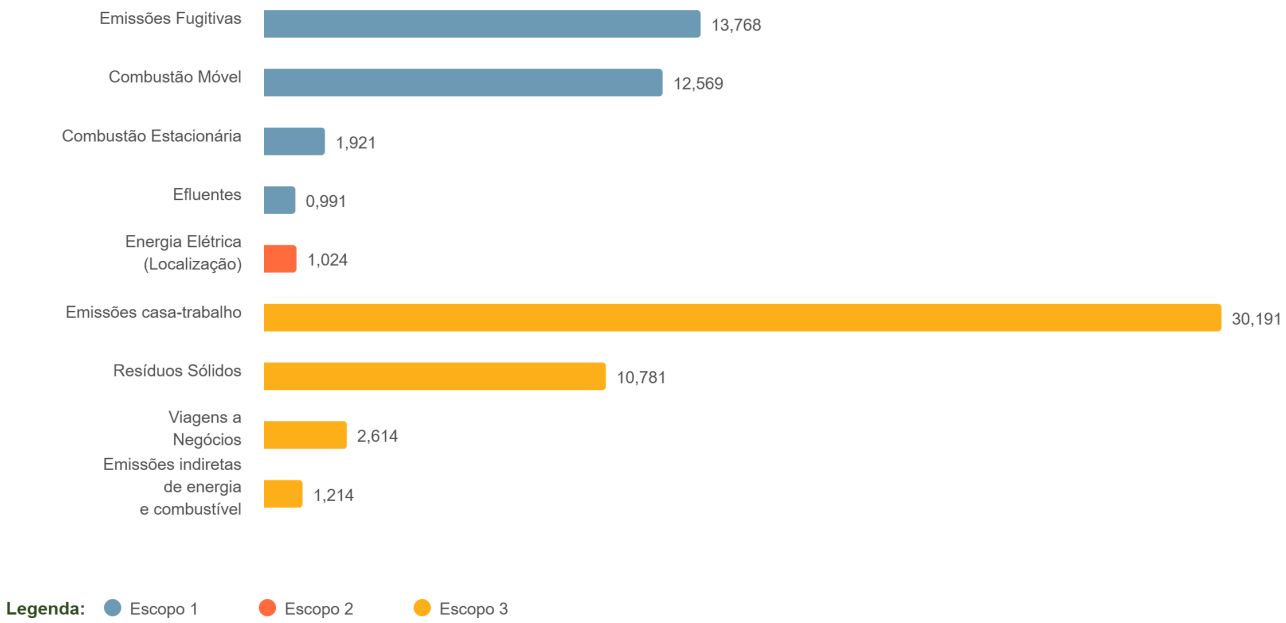


Gráfico 4 – Informações das emissões por categoria

3.9 Resultados totais por escopo (abordagem por localização)

Escopos	tCO_2e	%
Escopo 1	29,248	38.96%
Escopo 2	1,024	1.36%
Escopo 3	44,800	59.68%
Total	**75,073**	**100%**

Tabela 18 - Emissões em tCO_2e por escopo (Informações respondem GRI 305-1; 305-2; 305-3)

Gráfico comparativo dos escopos totais.

Gráfico 5 – Resultado total do inventário (%)

3.10 Emissões biogênicas

Escopos	Categoria	Emissões (tCO_2 biogênico)
Escopo 1	Combustão Móvel	3,350
	Combustão Estacionária	0,301
	Total do Escopo 1	**3,651**
Escopo 3	Emissões casa-trabalho	18,626
	Emissões indiretas de energia e combustível	6,842
	Resíduos Sólidos	0,265
	Total do Escopo 3	**25,733**
Total	**-**	**29,384**

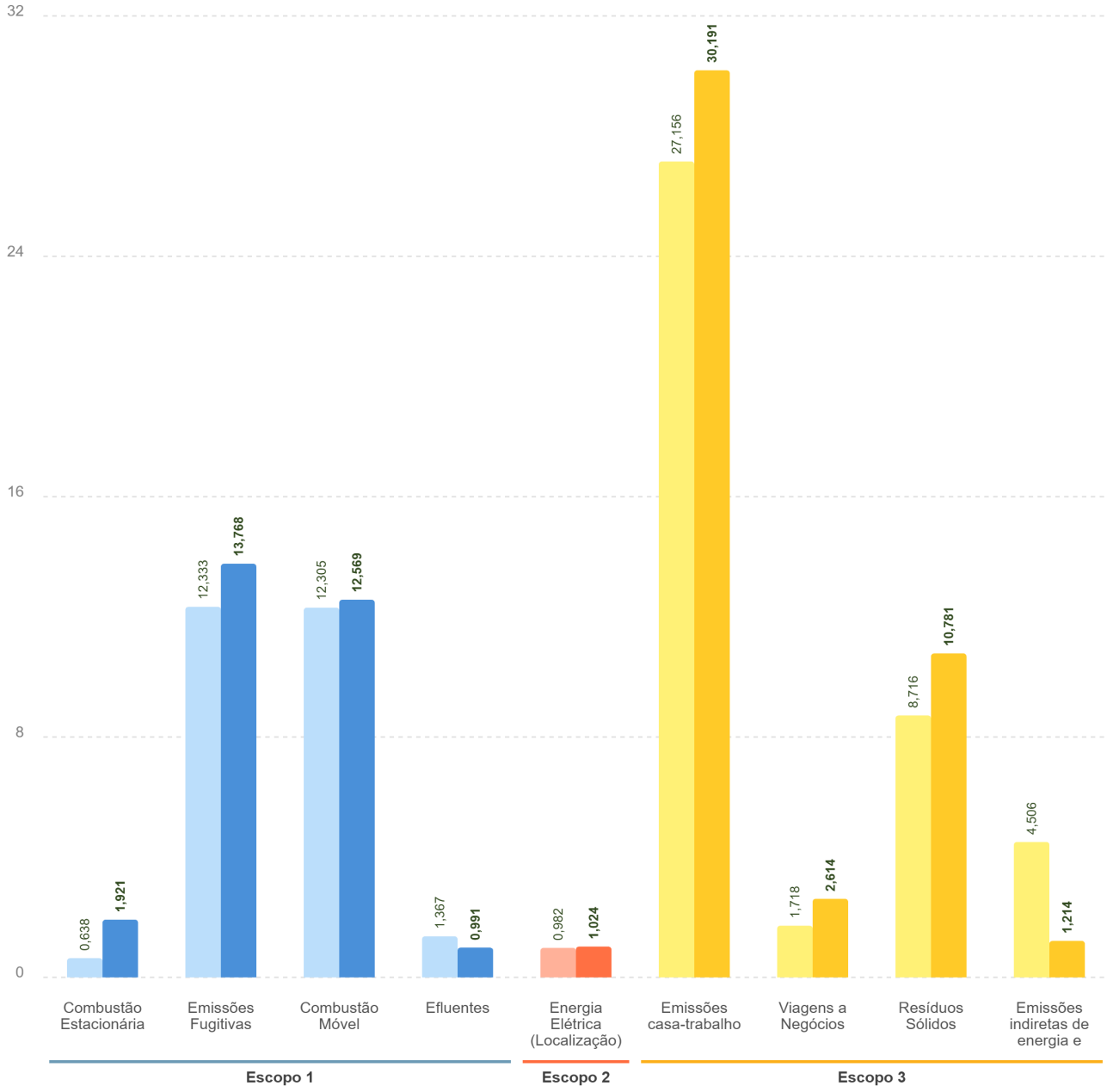
Tabela 19 - Emissões em tCO_2 biogênico por escopo (Informações respondem GRI 305-1; 305-2; 305-3)

4. Série histórica de emissões

Os gráficos abaixo apresentam uma visão comparativa das emissões da empresa em relação a períodos anteriores.

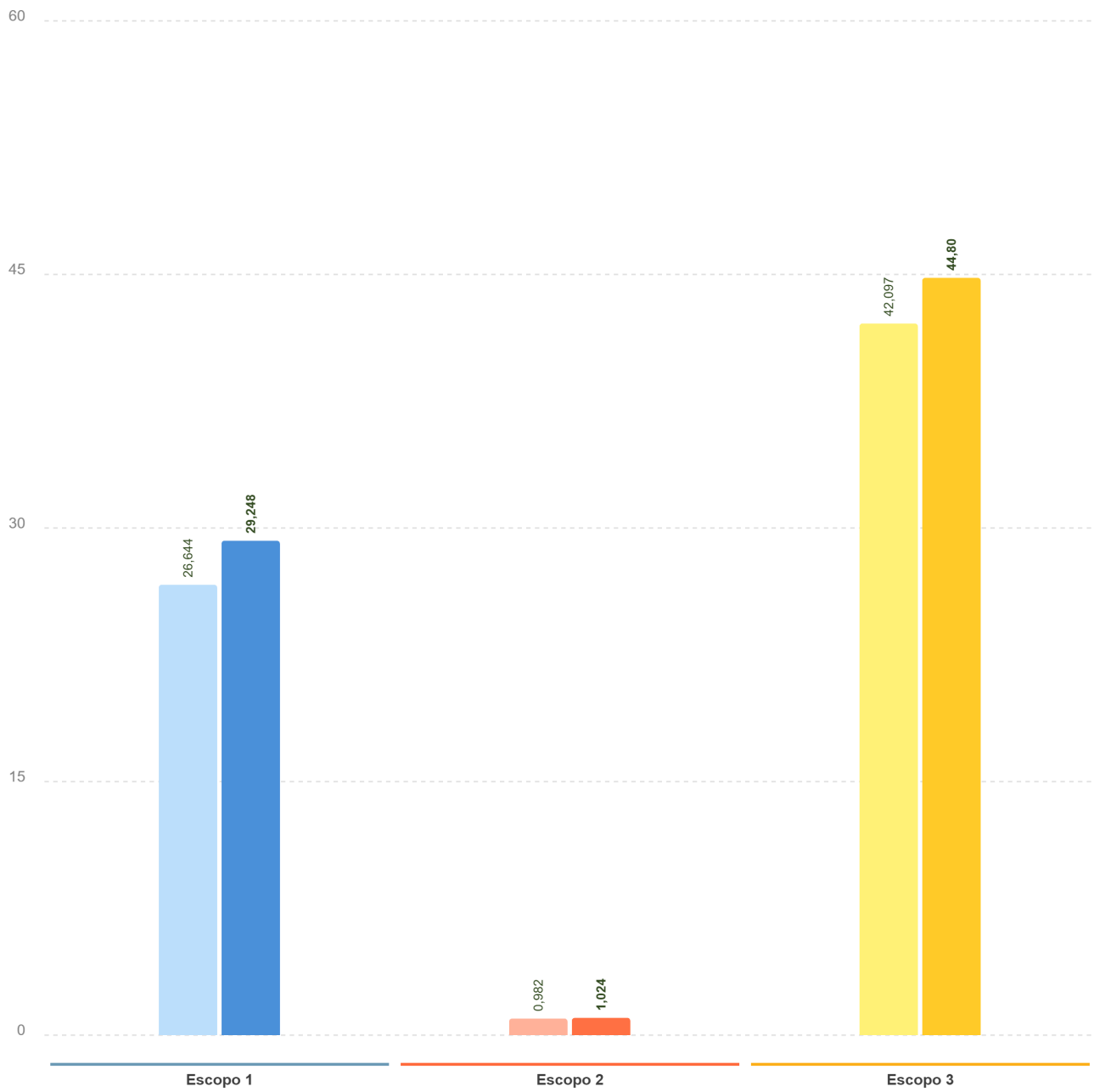
Comparativo por Categoria (tCO2e)

2024-2025 respectivamente



Comparativo por Escopo (tCO2e)

2024-2025 respectivamente



5. Análise de Incertezas

A elaboração de um inventário de emissões envolve o uso de diversas ferramentas de cálculo que utilizam previsões, parâmetros e fatores de emissão padrão. O uso dessas ferramentas acarreta certos níveis de incertezas nos cálculos do inventário.

Para minimizar tais incertezas, foram usados, sempre que possível, valores baseados em fontes oficiais, como as próprias metodologias consultadas ou padrões de mercado, sempre levando em consideração os princípios de conservadorismo, exatidão e transparência.

Além disso, todas as fontes dos parâmetros utilizados foram arquivadas para posterior análise e verificação por parte de uma Entidade Externa. Nessa seção, uma avaliação qualitativa das principais incertezas identificadas é apresentada, além de uma mensuração quantitativa da incerteza presente no cálculo das emissões de cada instalação da empresa.

As incertezas associadas aos inventários podem ser classificadas segundo dois critérios:

- **Incerteza científica:** ciência da emissão real e/ou processo de remoção não foi perfeitamente compreendido. Cita-se, como exemplo, o envolvimento significante da incerteza científica no uso de fatores diretos e indiretos associados ao aquecimento global para a estimativa das emissões de vários GEE. A maioria dos fatores abordados neste trabalho é do IPCC.

- **Incerteza estimativa:** incerteza que surge sempre que as emissões de GEE são quantificadas. Essas ainda são classificadas em incerteza modelo, quando está associada às equações matemáticas utilizadas para caracterizar as relações entre vários parâmetros e processos de emissão; e incertezas dos parâmetros introduzidos em modelos de estimativa usados como dados de entrada nos modelos estimados.

De acordo com as recomendações do IPCC Good Practice Guidance, os inventários não devem revelar emissões com vieses que poderiam ser identificados e eliminados, e as incertezas devem ser minimizadas considerando todo o conhecimento científico existente e os recursos disponíveis.

Essas recomendações foram seguidas em todas as etapas da construção do inventário, uma vez que houve uma grande preocupação em utilizar as metodologias de cálculos e fatores de emissão mais recentes de organizações com grande credibilidade referente ao cálculo de emissões. Em relação aos dados utilizados, houve atenção especial na conformidade destes com a realidade (verificação dos registros na empresa e análise dos dados recebidos), e a busca pelos dados nas unidades de medida que reduzissem as incertezas associadas às emissões.

6. Recomendações

Escopo 1

Combustão Móvel

- Recomendamos que os veículos da frota da organização inventariada utilizem etanol como combustível. Além disso, avaliar a possibilidade de obter veículos elétricos ou híbridos na próxima troca de automóveis com a empresa locadora.

Efluentes

- Aumentar a frequência das análises de nitrogênio e DBO na entrada e saída do tratamento de efluentes em ambas as usinas para trabalharmos com uma média mais próxima da realidade.

Emissões Fugitivas

- Seguir realizando e registrando as inspeções periódicas e manutenção em sistemas de refrigeração e climatização. Realizar o controle de descarte dos bebedouros com o tipo de gás e a capacidade em kg.

Escopo 3

Emissões casa-trabalho

- Incentivar o uso de etanol pelos terceiros fixos das usinas por meio de renovações de contratos para a prestação dos serviços.

Resíduos Sólidos

Resíduos Orgânicos

- Recomendamos que a organização inventariada estude a viabilidade de enviar os resíduos orgânicos para a compostagem, diminuindo a quantidade de resíduos enviados ao aterro e as emissões de gases de efeito estufa atreladas ao resíduo.

7. Referências

ABNT. NBR ISO 14064-1. Gases de efeito estufa - Parte 1: Especificação e orientação a organizações para quantificação e elaboração de relatórios de emissões e remoções de gases de efeito estufa. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2007.

ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2012. Disponível em: < http://www.-anp.gov.br/>. Acesso em: 01 out. 2024.

ANP. ANP. RESOLUÇÃO No 8, DE 30 DE JANEIRO DE 2015 - DOU - Imprensa Nacional, 2 fev. 2015. Disponível em: < https://www.in.gov.br/web/dou/>. Acesso em: 01 out. 2024.

ANTT. Agência Nacional de Transportes Terrestres, 2012. Disponível em: < http://www.antt.gov.br/index.php/content/view/16376/1__Inventario_Nacional_de_Emissoes_-Atmosfericas_do_Transporte_Ferroviario_de_Cargas.html >. Acesso em: 01 out. 2024.

ASHRAE. Designation and Safety Classification of Refrigerants. ANSI / ASHRAE Standard 34 – 2019.

Bureau of International Recycling (BIR). Report on the Environmental Benefits of Recycling, 2008.

CETESB. Emissões veiculares no estado de São Paulo 2017. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/veicular/wp-content/uploads/sites/6/2019/02/Relat%C3%B3rio--Emiss%C3%B5esVeiculares-2017.pdf>. Acesso em: 01 out. 2024.

CETESB. Relatórios de Emissões Veiculares no Estado de São Paulo, 2022. Disponível em:<https://cetesb.-sp.gov.br/veicular/relatorios-e-publicacoes/>. Acesso em: 01 out. 2024.

CONAMA. Resolução CONAMA nº 15, de 13 de dezembro de 1995. Disponível em: <http://www.mma.gov.-br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_1995_015.pdf>. Acesso em: 01 out.2024.

CONTRAN. Resolução nº 445, de 25 de junho de 2013. Disponível em: <http://www.denatran.gov.br/-download/resolucoes/resolucao4452013.pdf>. Acesso em: 01 out. 2024.

EPE. Balanço Energético Nacional, 2023. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoesdados--abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2023>. Acesso em: 01 out. 2024.

FGV/GVCES; WRI. Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol: Contabilização, Quantificação e Publicação de Inventários Corporativos de Emissões de Gases de Efeito Estufa, 2011.

INMET. Normais Climatológicas do Brasil 1981-2010. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/-index.php?r=clima/normaisClimatologicas>. Acesso em: 01 out. 2024.

IPCC. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006. Japan: IGES, 2006. https://www.-ipcc-nggip.iges.or.jp/support/Primer_2006GLs.pdf

IPCC. Fifth Assessment Report: Climate Change, 2013 (AR5). Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/-ar5/wg1/>. Acesso em: 01 out. 2024.

IPCC. Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2019. Disponível em: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>. Acesso em: 01 out. 2024.

IPCC. Mudanças Climáticas 2023: Relatório Síntese. Contribuição dos Grupos de Trabalho I, II e III para o Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas [Equipe Central de Redação, H. Lee e J. Romero (eds.)]. Genebra, Suíça: IPCC, 2023. p. 35-115. doi: 10.59327/IPCC/AR6--9789291691647

MC. Código de Trânsito Brasileiro e Legislação Complementar em Vigor, 2008. Disponível em: <http:-//www.denatran.gov.br/publicacoes/download/ctb_e_legislacao_complementar.pdf>. Acesso em: 01 out. 2024.

MCTIC. Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Brasília: MCTIC, 2016. Disponível em: <http://sirene.mctic.gov.br>. Acesso em: 01 out. 2024.

MMA. 1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários. Brasil: 2011. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>. Acesso em: 01 out. 2024.

MMA. Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários 2013. Ano-base 2012. Relatório Final. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80060/-Inventario_de_Emissoes_por_Veiculos_Rodoviarios_2013.pdf>. Acesso em: 01 out. 2024.

SÃO PAULO. Secretaria de Energia do Estado de São Paulo. Balanço energético do Estado de São Paulo - 2010. São Paulo: 2011. Disponível em: <http://www.energia.sp.gov.br/a2sitebox/arquivos/documentos/147.-pdf>. Acesso em: 01 out. 2024.

US EPA. Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990 - 2005. Estados Unidos: abril, 2007. Disponível em: US EPA. Acesso em: 01 out. 2024.

UK DEFRA. Greenhouse gas conversion factors for company reporting: 2012 guidelines. United Kingdom Department of Environment, Food and Rural Affairs, 2012.