



INVENTÁRIO DE GASES DE EFEITO ESTUFA 2020

Inventário corporativo de emissões GEE
da CEMIG em 2020

CEMIG
ABRIL 2021

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1. Resultados de emissões de GEE por escopo e categoria para 2020 (tCO ₂ e).....	4
Tabela 2. Resultados de emissões de GEE por empresa para 2020 (tCO ₂ e).	5
Tabela 3. Controle operacional e participação acionária de cada empresa da CEMIG.	12
Tabela 4. Unidades operacionais da CEMIG consideradas no Inventário de 2020.....	13
Tabela 5. PAG dos Gases de Efeito Estufa.....	15
Tabela 6. Descrição dos atributos registrados para o banco de dados de informações de entrada....	17
Tabela 7. Fontes de emissão do inventário de acordo com escopo, categoria e dado controlado	18
Tabela 8. Referências para os fatores de emissão.	21
Tabela 9. Emissões de GEE dívidas por Escopo e categoria (tCO ₂ e)	23
Tabela 10. Emissões por Escopo e unidade operacional no ano de 2020 (tCO ₂ e).....	24
Tabela 11. Emissões do Escopo 1 dívidas por categoria (tCO ₂ e)	26
Tabela 12. Emissões do Escopo 1 por precursor (tCO ₂ e)	27
Tabela 13. Emissões do Escopo 1 das unidades geradoras (tCO ₂ e).....	28
Tabela 14. Emissões do Escopo 3 divididas por categoria nos últimos 7 anos (tCO ₂ e)	30
Tabela 15. Emissões do Escopo 3 por precursor (tCO ₂ e)	32
Tabela 16. Emissões do Escopo 3 das unidades geradoras (tCO ₂ e).....	32
Tabela 17. Resultados das incertezas do Inventário de 2020.	35

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1. Fluxograma de etapas metodológicas para a realização de inventários.	9
Figura 2. Organograma societário da CEMIG (data base: 31/12/2020).....	11
Figura 3. Emissões de gases de efeito estufa em 2020 por escopo (tCO ₂ e)	22
Figura 4. Emissões de CO ₂ renovável por Escopo (tCO ₂ renovável)	24
Figura 5. Série histórica das emissões da CEMIG (tCO ₂ e)	25
Figura 6. Remoção por Recomposição Vegetal da CEMIG (tCO ₂)	26
Figura 7. Emissões do Escopo 1 por empresa (tCO ₂ e)	27
Figura 8. Emissões do Escopo 2 por fonte de emissão (tCO ₂ e).....	29
Figura 9. Emissões de GEE Escopo 2 por empresa (tCO ₂ e)	30
Figura 10. Emissões de GEE Escopo 3 por empresa (tCO ₂ e)	31

SUMÁRIO	4
1. INTRODUÇÃO.....	6
2. MÉTODO EMPREGADO	8
2.1 PRINCÍPIOS DE CONTABILIZAÇÃO E ELABORAÇÃO DO INVENTÁRIO	8
2.2 ETAPAS DA COMPILAÇÃO DO INVENTÁRIO	9
2.3 DEFINIÇÃO DE ABRANGÊNCIA	9
2.3.1 FRONTEIRAS ORGANIZACIONAIS	9
2.3.2 FRONTEIRAS OPERACIONAIS.....	13
2.3.3 PERÍODO COBERTO	14
2.3.4 ANO BASE.....	14
2.3.5 GASES DE EFEITO ESTUFA	15
2.3.6 EXCLUSÕES DO INVENTÁRIO.....	16
2.4 IDENTIFICAÇÃO OU REVALIDAÇÃO DAS FONTES E SUMIDOUROS	17
2.5 COLETA DE DADOS.....	19
2.6 CÁLCULO DE EMISSÕES.....	20
3. RESULTADOS.....	22
3.1 ESCOPO 1	26
3.2 ESCOPO 2	29
3.3 ESCOPO 3	30
4. ANÁLISE DE INCERTEZAS	34
5. METAS CORPORATIVAS.....	36
6. RECOMENDAÇÕES	37
REFERÊNCIAS.....	38
GLOSSÁRIO.....	39
ANEXO A - TABELAS GHG PROTOCOL	41
ANEXO B – CÁLCULO DAS EMISSÕES E INCERTEZAS.....	44
B.1 CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS EM EQUIPAMENTOS MÓVEIS E ESTACIONÁRIOS.....	44
B.2 CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	45
B.3 CONSUMO DE GASES REFRIGERANTES E ISOLANTES.....	46
B.4 VIAGENS AÉREAS	47
B.5 EMISSÕES AGREGADAS E OUTRAS DE NÃO-CO ₂	48
B.6 EMISSÕES DE RESÍDUOS GERADOS	49
B.7 CÁLCULO DAS INCERTEZAS.....	52
ANEXO C – FATORES DE EMISSÃO DO INVENTÁRIO DE GEE 2020.....	55
ANEXO D – EMISSÕES POR FONTE DE EMISSÃO	58
ANEXO E – CATEGORIAS DO PROGRAMA BRASILEIRO DO GHG PROTOCOL.....	62
ANEXO F – DECLARAÇÃO DE VERIFICAÇÃO.....	64

SUMÁRIO

O tema da economia de baixo carbono é uma questão central para o desenvolvimento sustentável dado os potenciais impactos decorrentes do aquecimento global e das mudanças climáticas. Logo, cada vez mais buscam-se meios de compatibilizar o desenvolvimento econômico e a proteção do sistema climático.

A Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG, empresa fundada em 22 de maio de 1952 do segmento de energia elétrica do Brasil, participando em mais de 170 empresas, além de consórcios e fundos de participação. A empresa é reconhecida por sua atuação sustentável junto a empregados, fornecedores, acionista e sociedade, faz parte do *Dow Jones Sustainability World Index* (DJSI World) há 21 anos consecutivos. A gestão da CEMIG sobre seus impactos no sistema climático global é realizada através do Inventário de Gases de Efeito Estufa (GEE) desde 2014. O presente relatório avaliou as emissões de GEE da CEMIG em 2020.

Nesse ano, as emissões diretas da CEMIG (Escopo 1) foram de 11.419,36 tCO₂e, as provenientes do consumo de energia elétrica e de perdas na transmissão e distribuição de energia (Escopo 2) foram de 448.083,41 tCO₂e e as emissões indiretas (Escopo 3) foram de 5.246.667,72 tCO₂e. O detalhamento dessas emissões está apresentado na Tabela 1:

Tabela 1. Resultados de emissões de GEE por escopo e categoria para 2020 (tCO₂e)

Escopo	Categoria	Emissões (tCO ₂ e)	Representatividade (%)
Escopo 1	Combustão estacionária	198,43	1,74%
	Combustão móvel	7.927,83	69,42%
	Fugitivas	3.262,22	28,57%
	Mudança do uso do solo	30,88	0,27%
	Total Escopo 1	11.419,36	-
Escopo 2	Consumo de Eletricidade	2.385,87	0,53%
	Perdas T&D	445.697,54	99,47%
	Total Escopo 2	448.083,41	-
Escopo 3	Bens e Serviços comprados	43,45	0,00%
	Deslocamento de funcionários (casa-trabalho)	173,95	0,00%
	Resíduos gerados nas operações	1.004,05	0,02%
	Transporte e distribuição (downstream)	20.989,83	0,40%
	Transporte e distribuição (upstream)	808,04	0,02%
	Uso de bens e serviços vendidos	5.223.549,59	99,56%
	Viagens a negócios	98,83	0,00%
	Total Escopo 3	5.246.667,72	-

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do software Climas.

As emissões do Escopo 1 estão principalmente associadas ao consumo de óleo diesel para Combustão Móvel (69,42%). Já as emissões de Escopo 2 são advindas das Perdas de transmissão e distribuição (T&D) com 99,47% de representatividade. As emissões do Escopo 3 estão predominantemente associadas à categoria de Uso de bens e serviços vendidos (99,56%), devido ao grande volume de energia elétrica e gás natural comercializados pela empresa.

A CEMIG D é principal emissora tanto do Escopo 1 (com 79,01% das emissões) quanto do Escopo 2 (com 97,26% das emissões). No Escopo 3 a CEMIG GT e GASMIG têm participações semelhantes (entre 35% e 36%), seguidas pela CEMIG D (29%).

As emissões por escopo empresa são apresentas na Tabela 2:

Tabela 2. Resultados de emissões de GEE por empresa para 2020 (tCO₂e).

Unidade Operacional	Escopo 1 (tCO ₂ e)	Escopo 2 (tCO ₂ e)	Escopo 3 (tCO ₂ e)
CEMIG D	9.022,49	435.805,59	1.532.598,56
CEMIG GT	2.008,20	11.620,99	1.821.184,80
CEMIG SIM	1,19	0,00	1,24
GASMIG	360,77	20,27	1.892.883,13
CENTROESTE	26,71	636,56	0,00
Total Geral	11.419,36	448.083,41	5.246.667,72

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do software Climas.

A recomposição de vegetação (plantio em áreas de Cerrado e Mata Atlântica) contabilizou uma remoção total de 25.756,76 tCO₂ no ano de 2020, sendo que a CEMIG D foi responsável por 16.250,71 tCO₂ (ou 63% das remoções) e a CEMIG GT foi responsável pelos 9.506,06 tCO₂ restantes.

1. INTRODUÇÃO

Os problemas decorrentes do aquecimento global e das mudanças climáticas colocam o tema da economia de baixo carbono como uma questão central para o desenvolvimento sustentável. E, portanto, cada vez mais buscam-se meios de compatibilizar o desenvolvimento econômico e a proteção do sistema climático.

O Acordo de Paris, assinado por diversos países em 2015 no evento anual da Convenção Quadro de Mudanças Climáticas das Nações Unidas, tem como objetivo limitar o aquecimento do planeta a 2°C, idealmente 1,5°C. Para isso, todos os níveis do governo, assim como o setor privado, devem assumir compromissos de criar metas ousadas de curto e longo prazo, alinhadas com um futuro de emissões líquidas zero. Para isso, é preciso reduzir ao mais próximo de zero todas as emissões causadas pela atividade humana – como as de veículos e fábricas movidas a combustíveis fósseis, por exemplo.

Neste contexto, torna-se muito relevante quantificar e gerenciar emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) no âmbito corporativo a partir de Inventário de Emissões de GEE, um instrumento que possibilita análise do perfil das emissões resultantes das atividades da organização.

Os objetivos para elaboração de um Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa são:

- **Monitoramento de emissões de GEE:** acompanhar e registrar a evolução das emissões ao longo do tempo, o que permite identificar oportunidades de ganhos de eficiência operacional e redução de custos;
- **Benchmarking:** comparar as emissões de cada unidade operacional ou de cada setor de uma organização;
- **Avaliação de riscos e oportunidades:** identificar e mitigar os riscos regulatórios e associados às futuras obrigações em relação à precificação de carbono ou restrições de emissão, bem como avaliar potenciais oportunidades custo-efetivas de reduções de emissão;
- **Estabelecimento de metas:** subsidiar o estabelecimento de metas de redução de emissões de GEE e o planejamento de estratégias de mitigação;
- **Acompanhamento de resultados das ações de mitigação:** quantificar progressos e melhorias decorrentes de iniciativas estratégicas relacionadas à temática das Mudanças Climáticas;

- **Participação em programas de divulgação de pegada climática:** permitir a divulgação de informações sobre o desempenho climático da organização (e.g. GHG Protocol, CDP, ISE, ICO2).

Quando aplicado à cadeia de valor de uma organização, o inventário permite também a avaliação da sustentabilidade climática de processos externos; e.g. produção de matérias primas, utilização e disposição de produtos e logística de distribuição.

Entre os protocolos e normas disponíveis para a compilação de inventários corporativos de GEE, neste estudo foram adotadas as seguintes referências:

- Norma NBR ISO 14064; Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2007 (ABNT, 2007);
- Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol; Especificações de Verificação do Programa Brasileiro GHG Protocol; GHG Corporate Protocol - Programa Brasileiro GHG Protocol (PBGHGP) - Fundação Getúlio Vargas; World Resources Institute (FGV/GVces; WRI, 2011);

Os protocolos listados acima possuem credibilidade internacional. A principal finalidade em adotá-los está em obter um relatório passível de comparação em âmbitos nacional e global.

Vale destacar que este inventário é passível de verificação no âmbito dos protocolos listados acima. O objetivo da verificação deste inventário por uma terceira parte é a obtenção de uma declaração independente sobre a qualidade do inventário e a consistência das informações nele contidas, de modo a assegurar aos seus usuários uma avaliação acurada do padrão de emissões da cadeia de valor da organização.

2. MÉTODO EMPREGADO

O Inventário de emissões de GEE 2020 da CEMIG foi desenvolvido via CLIMAS¹, um software de cálculo desenvolvido pela WayCarbon.

2.1 Princípios de contabilização e elaboração do inventário

Os seguintes princípios orientaram a elaboração deste estudo, conforme as diretrizes do Programa Brasileiro do *GHG Protocol* (FGV/GVces; WRI, 2011):

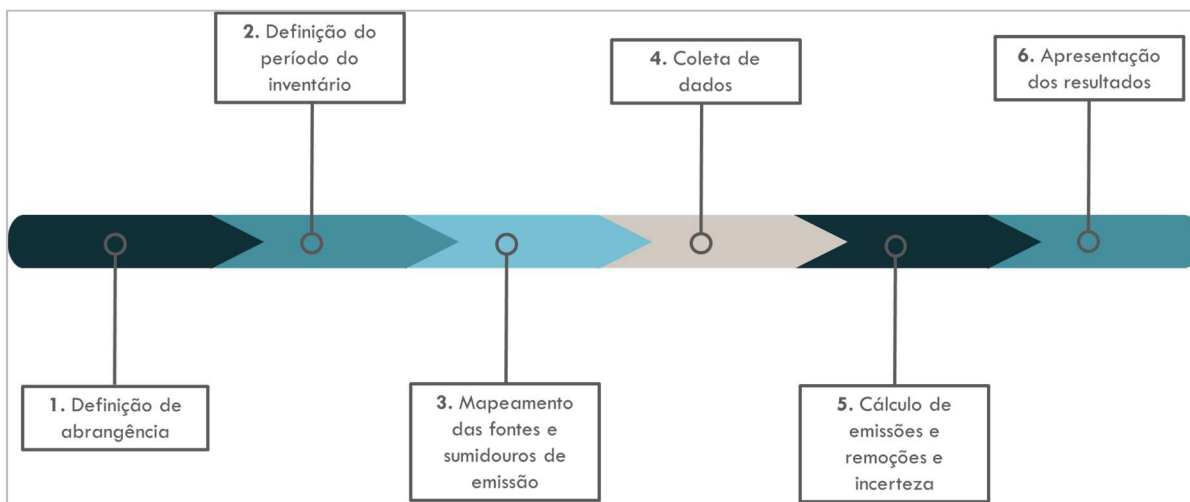
- **Relevância:** Assegurar que o Inventário de GEE reflita apropriadamente as emissões do processo em foco e que atenda às necessidades de tomada de decisão de seus usuários.
- **Integralidade:** Registrar todas as fontes e atividades emissoras de GEE dentro dos limites selecionados do inventário. Documentar 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 de tempo.
- **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.
- **Exatidão:** 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.

¹ CLIMAS é um software de cálculo de inventário de emissões de GEE desenvolvido pela WayCarbon, que possui um banco de dados com os fatores de emissões mais atuais disponíveis para cada tipo de fonte de emissão (por exemplo, Programa Brasileiro GHG Protocol para o Brasil e, quando não disponíveis, referências internacionalmente aceitas como GHG Protocol, IPCC, EPA e DEFRA).

2.2 Etapas da compilação do inventário

As etapas conceituais utilizadas para a elaboração deste inventário são apresentadas no fluxograma abaixo e explicadas em seguida (Figura 1):

Figura 1. Fluxograma de etapas metodológicas para a realização de inventários.



Fonte: Elaboração própria WayCarbon

Primeiramente, define-se a abrangência do inventário (Etapa 1), ou seja, é necessário determinar quais instalações e atividades da organização serão contempladas pelo inventário, estabelecendo seu limite organizacional. Em seguida, define-se o período de referência e ano-base do inventário (Etapa 2).

São identificadas as fontes e sumidouros de GEE da organização (Etapa 3) que são, então, categorizadas e hierarquizadas. Em seguida, realiza-se o processo de coleta de dados (Etapa 4). Para a realização do cálculo das emissões (Etapa 5), são utilizados os dados de atividades emissoras coletados, bem como os fatores de emissão (vide adiante). Nesta etapa também são calculadas as incertezas do inventário. Por fim, os resultados são compilados em um relatório anual (Etapa 6).

As Etapas identificadas acima foram aplicadas ao inventário de GEE da CEMIG conforme descrito a seguir.

2.3 Definição de abrangência

2.3.1 Fronteiras organizacionais

Duas abordagens são possíveis para a consolidação das emissões e remoções em nível organizacional. Abaixo, são definidas cada uma dessas abordagens e indicada a opção utilizada neste inventário.

☐ Participação Acionária: a organização assume as emissões de GEE das operações de acordo com a sua participação societária.

☒ Controle Operacional: a organização é responsável por 100% das emissões de GEE das operações sobre as quais tem controle operacional.

Em Minas Gerais, a CEMIG atende a 8,6 milhões de consumidores em 774 municípios. Suas operações incluem geração, transmissão, distribuição de energia elétrica, soluções energéticas, exploração e distribuição de gás natural e em transmissão de dados, conforme mostrado abaixo (CEMIG, 2021).

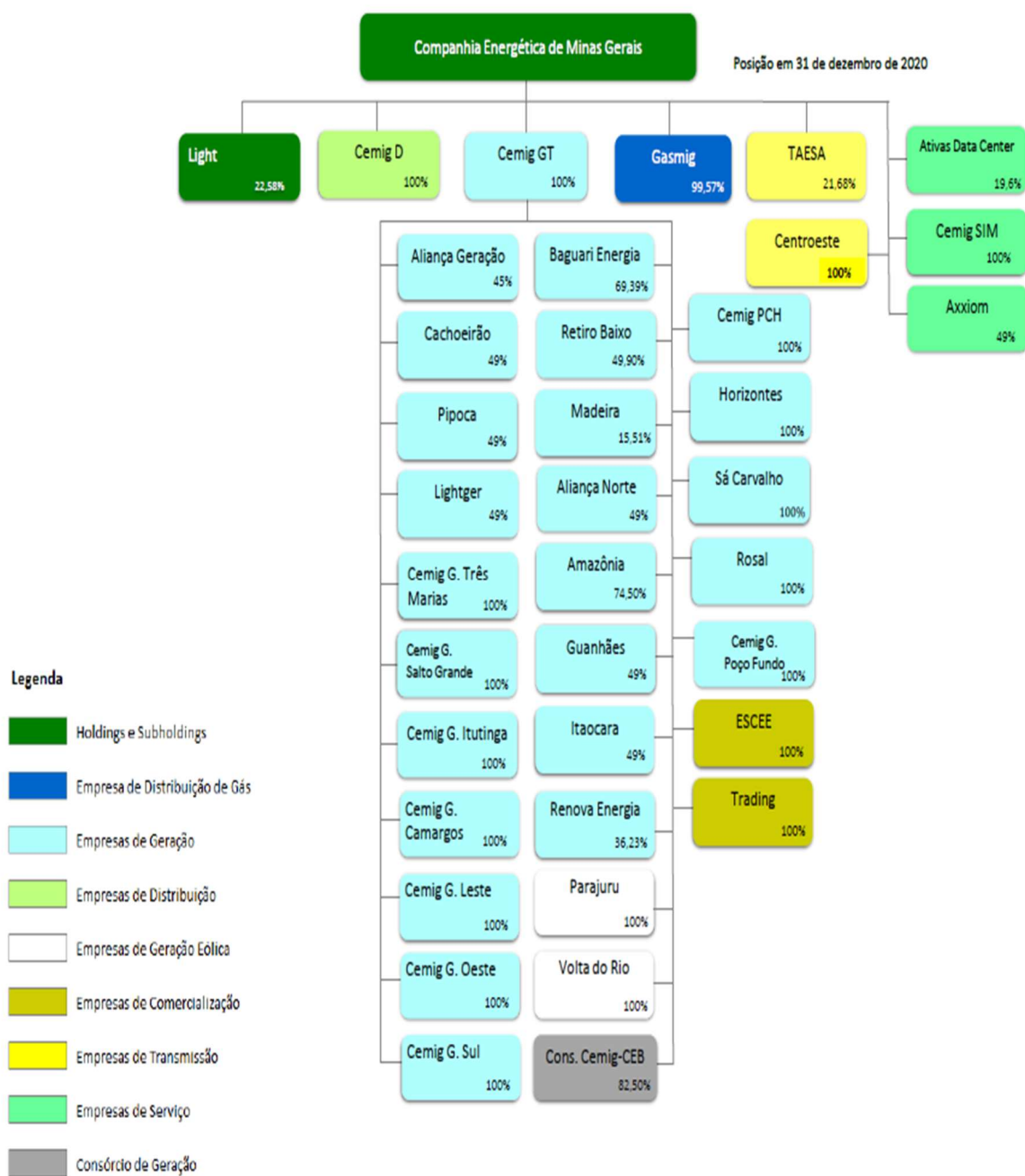
- **Geração:** Possui uma capacidade instalada de 5,9 GW
- **Transmissão:** Possui uma extensão de quase 10.000 km de linhas de transmissão
- **Distribuição:** Possui a maior distribuição em rede do Brasil, atendendo a 96% do estado de MG
- **Gás:** Comercialização de 1.129.652.727m³ de gás no ano de 2019 (CEMIG, 2020)

Atualmente o Grupo CEMIG detém participação em 89 usinas sendo 86 hidrelétricas, 1 usina solar e 2 parques eólicos. Além disso, em 2019, foi desativada a UTE² Igarapé (CEMIG, 2021).

O organograma societário da CEMIG é apresentado a seguir (Figura 2 e e Tabela 3):

² UTE: Usina Termoelétrica

Figura 2. Organograma societário da CEMIG (data base: 31/12/2020)



Fonte: <https://www.cemig.com.br/estrutura-societaria/>

Tabela 3. Controle operacional e participação acionária de cada empresa da CEMIG.

Área	Unidades operacionais	Controle operacional	Participação acionária (%)
Geração	CEMIG Geração e Transmissão S.A. (CEMIG GT)	Sim	100%
	CEMIG Geração Camargos S.A.	Sim	100%
	CEMIG Geração Itutinga S.A.	Sim	100%
	CEMIG Geração Leste S.A.	Sim	100%
	CEMIG Geração Oeste S.A.	Sim	100%
	CEMIG Geração Salto Grande S.A.	Sim	100%
	CEMIG Geração Sul S.A.	Sim	100%
	CEMIG Geração Três Marias S.A.	Sim	100%
	CEMIG PCH S.A.	Sim	100%
	Horizontes Energia S.A.	Sim	100%
	Rosal Energia S.A.	Sim	100%
	Sá Carvalho S.A.	Sim	100%
	Parajuru S.A.	Sim	100%
	Volta do Rio S.A.	Sim	100%
	CEMIG Geração e Distribuição S.A. (CEMIG GD)	Sim	100%
	CEMIG Geração Poço Fundo S.A.	Sim	100%
	Aliança Geração S.A.	Não	45%
	Aliança Norte S.A.	Não	49%
	Amazônia S.A.	Não	74,50%
	Baguari Energia S.A.	Não	69,39%
	Cachoeirão S.A.	Não	49%
	Guanhães S.A.	Não	49%
	Itaocara S.A.	Não	49%
	Lighter S.A.	Não	49%
	Madeira S.A.	Não	15,51%
	Pipoca S.A.	Não	49%
	Renova Energia S.A.	Não	36,23%
	Retiro Baixo S.A.	Não	49,90%
Consórcio Geração	Consórcio CEMIG – CEB S.A.	Não	82,50%
Distribuição	CEMIG Distribuição S.A. (CEMIG D)	Sim	100%
Distribuição de Gás	GASMIG S.A.	Sim	99,57%
Transmissão	TAESA S.A.	Não	21,68%
	Centroeste S.A.	Sim	100,00%
Comercialização	ESCEE S.A.	Sim	100%
	Trading S.A.	Sim	100%
	CEMIG SIM	Sim	100%
	Ativas Data Center S.A.	Não	19,60%
	Axxiom S.A.	Não	49%
Subholding	Light S.A.	Não	22,60%

Fonte: Elaboração própria com base no organograma societário da CEMIG

Apesar de terem 100% de participação acionária, as empresas de Comercialização (ESCEE S.A. e Trading S.A.) não são contempladas no Inventário de GEE, pois não há controle operacional. Já a CEMIG Geração Poço Fundo, que também tem 100% de participação acionária, tem suas emissões contempladas dentro da CEMIG Geração e Transmissão S.A. (CEMIG GT).

Já a Centroeste é uma empresa de Transmissão que passou a ser de controle operacional do grupo CEMIG e por isso foi incluída no Inventário de GEE em 2020. Portanto, no presente Inventário da CEMIG são consideradas as seguintes unidades operacionais (Tabela 4):

Tabela 4. Unidades operacionais da CEMIG consideradas no Inventário de 2020.

Unidades operacionais	Controle operacional	Participação acionária (%)
CEMIG Geração e Transmissão S.A. (CEMIG GT)	Sim	100%
CEMIG Distribuição S.A. (CEMIG D)	Sim	100%
CEMIG SIM S.A.	Sim	100%
GASMIG S.A.	Sim	99,57%
CEMIG Geração Camargos S.A.	Sim	100%
CEMIG Geração Itutinga S.A.	Sim	100%
CEMIG Geração Leste S.A.	Sim	100%
CEMIG Geração Oeste S.A.	Sim	100%
CEMIG Geração Salto Grande S.A.	Sim	100%
CEMIG Geração Sul S.A.	Sim	100%
CEMIG Geração Três Marias S.A.	Sim	100%
CEMIG PCH S.A.	Sim	100%
Horizontes Energia S.A.	Sim	100%
Rosal Energia S.A.	Sim	100%
Sá Carvalho S.A.	Sim	100%
Parajuru S.A.	Sim	100%
Volta do Rio S.A.	Sim	100%
Centroeste S.A.	Sim	100%

Fonte: Elaboração própria WayCarbon

2.3.2 Fronteiras operacionais

A definição de fronteiras operacionais leva em conta a identificação das fontes e sumidouros de GEE associadas às operações por meio de sua categorização em emissões diretas ou indiretas, utilizando-se o conceito de escopo. Abaixo, são definidas cada uma das três categorias adotadas pelo *GHG Protocol* e indicadas as opções contempladas neste inventário.



Escopo 1: Emissões diretas de GEE provenientes de fontes que pertencem ou são controladas pela organização.



Escopo 2: Emissões indiretas de GEE provenientes da aquisição de energia elétrica que é consumida pela organização.



Escopo 3: Categoria de relato opcional, considera todas as outras emissões indiretas não enquadradas no Escopo 2. São uma consequência das atividades da organização, mas ocorrem em fontes que não pertencem ou não são controladas por ela.

2.3.3 Período coberto

O presente inventário abrange as emissões provenientes de atividades realizadas pela CEMIG no ano de 2020 (1 de janeiro de 2020 a 31 de dezembro de 2020).

2.3.4 Ano base

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 que alterem as fronteiras do inventário: (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.

No ano de 2014, a unidade UTE Igarapé foi ativada com maior frequência nesse ano e suas emissões operacionais aumentaram. Como essa unidade passou a utilizar um grande volume de queima de óleo combustível, o perfil de emissões do Escopo 1 da empresa foi alterado.

A CEMIG definiu em 2018 duas metas de emissão de tCO₂e. A primeira delas consiste em uma meta absoluta baseada na combinação das emissões de Escopo 1 e 2, enquanto a segunda é uma meta de intensidade para o Escopo 2 baseada nas emissões provenientes das perdas totais na transmissão e distribuição de energia elétrica. Como referência, determinou-se o ano alvo 2022 e ano base 2017 para as emissões totais. A empresa tem caminhado também para o desenvolvimento de meta baseada em ciência (*Science Based Target – SBT*), se comprometendo a limitar o aquecimento global abaixo de 2°C. O ano base será definido de acordo com a projeção de redução estipulada pela metodologia SBT.

2.3.5 Gases de Efeito Estufa

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 (CO₂), metano (CH₄), óxido de nitrogênio (N₂O), hidrofluorcarbono (HFCs), perfluorcarbono (PFCs), hexafluoreto de enxofre (SF₆), e trifluoreto de nitrogênio (NF₃). Adicionalmente, o Protocolo de Montreal inclui os gases depletadores 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 CO₂ que, por padronização, tem o PAG de valor igual a 1. O PAG é sempre expresso em termos de equivalência de CO₂ - CO₂e. A Tabela 5 abaixo apresenta os valores do PAG utilizados no Inventário da CEMIG:

Tabela 5. PAG dos Gases de Efeito Estufa

Gás	PAG
Dióxido de carbono (CO ₂)	1
Metano (CH ₄)	25
Óxido nitroso (N ₂ O)	298
Hexafluoreto de enxofre (SF ₆)	22.800
Trifluoreto de nitrogênio (NF ₃)	17.200
PFCs	7.390 - 17.700
HFCs	12 - 14.800
HCFCs	5 - 14.400

Fonte: PBGHGP, 2020.

O Inventário da CEMIG considerou as emissões de CO₂, CH₄, N₂O e SF₆ de acordo com as fontes de emissão mapeadas e a disponibilidade de dados. Adicionalmente, o inventário também computou as emissões de CO₂ de origem renovável³.

Os gases CO₂, CH₄, N₂O e SF₆ são gerados na CEMIG das seguintes maneiras:

- CO₂: gerado na queima de combustíveis fósseis (como diesel, gás natural, querosene e gás liquefeito de petróleo) por fontes móveis e estacionárias. Ademais existem emissões de CO₂ relacionadas com o tratamento de resíduos e o uso de fertilizantes agrícolas;
- CH₄: 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 resíduos sólidos;
- N₂O: gerado na queima de combustíveis fósseis (como diesel, gás natural, querosene e gás liquefeito de petróleo) por fontes móveis e estacionárias. Ademais, existem emissões de N₂O relacionadas com o tratamento de resíduos e o uso de fertilizantes agrícolas; e
- SF₆: Escape de gases isolantes.

2.3.6 Exclusões do inventário

As unidades de geração CEMIG PCH, Camargos, Itutinga, Leste, Oeste, Salto Grande, Sul, Três Marias, Horizontes, Rosal, Sá Carvalho, Parajuru e Volta do Rio tem controle apenas de consumos de óleo diesel para geradores (Escopo 1- combustão estacionária), de consumo de combustíveis para frota (Escopo 1 - combustão móvel), de consumo de fertilizantes (Escopo 1 – mudança de uso do solo) e de comercialização de energia elétrica (Escopo 3 – uso de bens e serviços vendidos). Demais dados (deslocamento dos funcionários casa-trabalho, emissões fugitivas, aquisição de energia elétrica, resíduos gerados, transporte e distribuição upstream e viagens a negócios) foram consolidados em CEMIG GT.

Também foram excluídas as emissões de gases refrigerantes, uma vez que para o ano de 2020 não foi possível evidenciar os dados com boa rastreabilidade. O mesmo aconteceu para o escape de SF₆ da Geração. Ambos os casos são oportunidade de melhoria e inclusão no Inventário do próximo ciclo.

³ Emissões Renováveis do Inventário de GEE - emissões de CO₂ oriundas da utilização energética de biomassa de origem renovável. Neste estudo foi adotada a definição de biomassa renovável formulada pelo Comitê Executivo do Mecanismo de desenvolvimento Limpo da Convenção Quadro das Nações Unidas para Mudanças Climáticas (EB 23, Anexo 18). Emissões desta natureza não contribuem para o aumento da concentração de CO₂ na atmosfera em longo prazo, visto que fazem parte do ciclo natural de carbono.

Além disso, as unidades CEMIG PCH S.A. e Horizontes Energia S.A. não tem controle de informações sobre a frota uma vez que a mesma é terceirizada. Por isso, as emissões indiretas (Escopo 3) associadas aos consumos de combustíveis nesse transporte não foram consideradas. Não há controle também sobre o consumo de combustível para embarcações terceirizadas que são esporadicamente utilizadas nas unidades de Geração.

Quanto ao consumo de GLP em empilhadeiras (Escopo 3 – bens e serviços comprados), assim como o consumo de gasolina, álcool, diesel e GNV em empreiteiras (Escopo 3 – transporte e distribuição downstream), os mesmos são aplicáveis somente à CEMIG D.

Não foram contabilizadas as emissões de resíduos domésticos (Escopo 3 – resíduos gerados) das unidades de Geração (CEMIG PCH, Camargos, Itutinga, Leste, Oeste, Salto Grande, Sul, Três Marias, Horizontes, Rosal, Sá Carvalho, Parajuru e Volta do Rio) uma vez que o controle sobre tais dados ainda está em desenvolvimento.

2.4 Identificação ou revalidação das fontes e sumidouros

As fontes de emissão foram identificadas e hierarquizadas dentro da estrutura organizacional da companhia. Dentro do sistema CLIMAS, desenvolvido pela WayCarbon, foi realizado um mapeamento das fontes de emissão da empresa e cada uma foi classificada segundo os atributos descritos a seguir (Tabela 6):

Tabela 6. Descrição dos atributos registrados para o banco de dados de informações de entrada.

Atributo	Descrição
Unidade Operacional	Indica a unidade operacional a que a fonte ou sumidouro pertence
Processo	Indica o processo a que a fonte ou sumidouro pertence
Atividade	Indica a atividade que a fonte ou sumidouro desempenha
Item supervisionado	Campo onde são registrados maiores detalhes para identificação da fonte de emissão
Precursor	Substância que dará origem às emissões de GEE
Tecnologia	Tecnologia associada ao precursor que origina as emissões de GEE
Parâmetro operacional	Descrição do dado de entrada
Unidade de medida	Unidade de medida do dado de entrada consolidado

Atributo	Descrição
Responsável	Colaborador da organização responsável pela coleta do dado.
Origem dado*	Local, registro, referência ou sistema de onde o dado é obtido
Escopo	Escopo da fonte de emissão, de acordo com a classificação do <i>GHG Protocol</i>
Categoria	Categoria da fonte de emissão, de acordo com a classificação do <i>GHG Protocol</i>

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do software Climas.

As fontes de emissão contempladas no inventário, de acordo com a hierarquização e organização estruturada no CLIMAS, estão apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7. Fontes de emissão do inventário de acordo com escopo, categoria e dado controlado

Escopo	Categoria	Dado controlado
Escopo 1	Combustão estacionária	Consumo de GN em fontes estacionárias
		Consumo de Diesel nos geradores
	Combustão móvel	Consumo de Diesel em embarcações
		Consumo de Gasolina em embarcações
		Consumo de Querosene de aviação
		Consumo de Álcool - frota própria
		Consumo de Diesel - frota própria
		Consumo de Gasolina - frota própria
		Consumo de GNV - frota própria
	Fugitivas	Uso de Isolantes - escape de SF6
		Consumo de CO2 em extintores
		Perdas de GN na distribuição
	Mudança do uso do solo	Consumo de Calcário
		Supressão de Vegetação
		Perdas de Nitrogênio em fertilizantes
Escopo 2	Aquisição de Energia elétrica	Perdas do sistema de T&D
		Consumo de Energia Elétrica
Escopo 3	Cat 1. Bens e serviços comprados	Consumo de GLP em empilhadeiras
	Cat 4. Transporte e distribuição (<i>upstream</i>)	Consumo de Diesel em caminhões terceirizados (Baú, Truck e Carreta)
	Cat 5. Resíduos gerados nas operações	Massa de Resíduo enviado para o aterro
		Massa de Resíduo enviado para a incineração
		Massa de Resíduo enviado para o coprocessamento
	Cat 6. Viagens a negócios	Viagens áreas
	Cat 7. Deslocamento de funcionários (casa-trabalho)	Consumo de Combustível para deslocamento de funcionários

	Cat 9. Transporte e distribuição (<i>downstream</i>)	Consumo de Álcool das empreiteiras
		Consumo de Diesel das empreiteiras
		Consumo de Gasolina das empreiteiras
		Consumo de GNV das empreiteiras
	Cat 11. Uso de bens e serviços vendidos	Comercialização de Energia Elétrica e GN

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do software Climas.

As fontes de remoção contempladas no inventário são oriundas da Recomposição de Vegetação (Escopo 1 – mudança de uso do solo) a partir do plantio em regiões de Cerrado e Mata Atlântica, realizados no ano de 2020 tanto pela CEMIG GT quanto pela CEMIG D.

Conforme observado na Tabela 7, os processos definidos no CLIMAS para o inventário da CEMIG podem ser correlacionados com a categorização definida pelo Programa Brasileiro do *GHG Protocol*⁴ (PBGHGP). As categorias do PBGHGP podem ser verificadas no Anexo E – Categorias do Programa Brasileiro do GHG Protocol.

2.5 Coleta de dados

O fluxo de informações para o desenvolvimento do inventário ocorreu com a seguinte sequência de atividades:

1. Os gestores corporativos identificaram os colaboradores que gerenciam as informações necessárias para a construção do inventário de GEE;
2. Colaboradores que monitoram as operações verificaram a melhor forma de obter os dados dos sistemas de gestão da empresa (registros existentes no sistema ERP da CEMIG, registro em sistemas operacionais e de controle, notas fiscais ou contratos);
3. As informações coletadas são consolidadas pelos pontos focais e, por fim, são enviadas para WayCarbon.

⁴ As definição das categorias foram retiradas dos documentos emitidos pela FGV EAESP: Nota Técnica :Classificação das emissões de gases de efeito estufa (GEE) de Escopo 1 nas respectivas categorias de fontes de emissão – versão 1.0 (Disponível em http://mediadrawer.gvces.com.br/ghg/original/ghg-protocol_nota-tecnica_categorias-escopo-1_v1.pdf) e Categorias de Emissões de Escopo 3 Adotadas pelo Programa Brasileiro GHG Protocol (Disponível em http://mediadrawer.gvces.com.br/ghg/original/ghg_categorias_e3_definicoes_curta.pdf).

A WayCarbon desenvolveu uma planilha de coleta de dados específica para cada um dos pontos focais. Os pontos focais da CEMIG coletaram os dados ao longo do ano e reportaram os dados consolidados para WayCarbon. A equipe técnica da WayCarbon recebeu, realizou a análise crítica dos dados, compilou e inseriu os dados operacionais no sistema CLIMAS.

2.6 Cálculo de emissões

O Inventário de emissões de GEE da CEMIG foi elaborado via CLIMAS, um software de cálculo desenvolvido pela WayCarbon, que possui um banco de dados com os fatores de emissão mais atuais disponíveis para cada tipo de fonte (por exemplo, Programa Brasileiro GHG Protocol para o Brasil e, quando não disponíveis, referências internacionalmente aceitas como GHG Protocol, IPCC, EPA e DEFRA⁵).

Genericamente, as emissões e remoções de GEE são calculadas para cada fonte e sumidouro individualmente segundo a fórmula a seguir:

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

Onde:

- ***i*** Índice que denota uma atividade da fonte ou sumidouro individual;
- ***g*** Índice que denota um tipo de GEE;
- ***y*** Ano de referência do relatório.
- ***E_{i,g,y}*** Emissões ou remoções do GEE *g* atribuíveis à fonte ou sumidouro *i* durante o ano *y*, em tCO₂e;
- ***DA_{i,y}*** Dado de atividade consolidado referente à fonte ou sumidouro *i* para o ano *y*, na unidade *u*. Como ressaltado anteriormente, o dado de atividade consolidado consistirá de todos os atributos registrados de cada fonte/sumidouro.
- ***FE_{i,g,y}*** Fator de emissão ou remoção do GEE *g* aplicável à fonte ou sumidouro *i* no ano *y*, em t GEE *g*/*u*;
- ***PAG_g*** Potencial de aquecimento global do GEE *g*, em tCO₂e/tGEE*g*;

⁵ IPCC: Inter Intergovernmental Panel on Climate Change; EPA: Environmental Protection Agency; DEFRA: Department for Environment, Food and Rural Affairs

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, propriedades físico química dos materiais e dados operacionais de performance.

A equipe técnica da WayCarbon é responsável por atualizar periodicamente o CLIMAS com os fatores de emissão de acordo com metodologias consagradas internacionalmente para confecção de inventários de GEE. Os fatores de emissão são baseados, principalmente, nas seguintes referências (Tabela 8):

Tabela 8. Referências para os fatores de emissão.

Referência	Descrição	Link
IPCC 2006	IPCC <i>Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme</i> , Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). <i>Published: IGES, Japan.</i>	http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/
PBGHGP 2020	Programa Brasileiro GHG Protocol, Ferramenta de Cálculo, versão 2020.1.	http://www.ghgprotocolbrasil.com.br/ferramenta-de-calculo
BEN 2020	Balanço Energético Nacional 2020: Ano base 2019 / Empresa de Pesquisa Energética. - Rio de Janeiro: EPE, 2020.	https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2020
MCTI 2020	Fator médio - Inventários corporativos. Ministério da Ciência, Tecnologia E Inovações (MCTIC).	https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/textogeral/emissao_corporativos.html

Fonte: Elaboração própria

Os métodos de cálculo e equações específicas para cada tipo de fonte de emissão presente no inventário de emissões da CEMIG 2020 são apresentados em detalhes no Anexo B – Cálculo das Emissões e Incertezas.

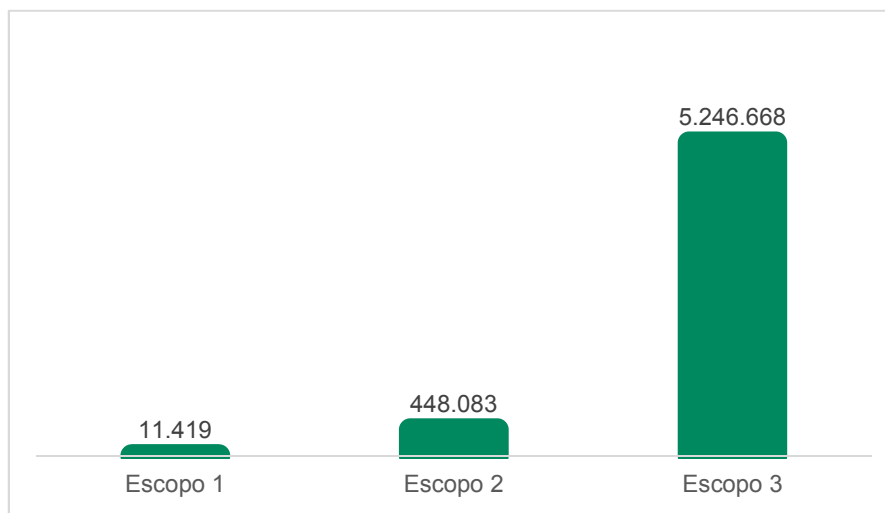
Os fatores de emissão utilizados no inventário e o memorial de cálculo⁶ estão disponíveis no sistema CLIMAS, em planilhas Excel® e também no ANEXO C – Fatores de Emissão.

⁶ O memorial de cálculo e os fatores de emissão do Inventário podem ser acessados via CLIMAS, seguindo-se os seguintes passos: a) acessar o Climas; b) clicar em *Emissões de GEE* no canto esquerdo da tela; c) clicar em *Auditoria – Extrato de Fatores de Emissão*; d) escolher o inventário do ano de 2020 e clicar em *Obter Extrato*; e) na última tabela *Fatores de emissão*, procure a fonte de emissão que deseja consultar no campo busca e clique nos botões do lado direito com o símbolo de um olho; f) clique no botão do campo *Memorial de cálculo*.

3. RESULTADOS

As emissões⁷ dos Escopo 1, 2 e 3 da CEMIG para o ano de 2020 foram, respectivamente, 11.419 tCO₂e, 448.083 tCO₂e e 5.246.668 tCO₂e. Ademais foram emitidas 5.246 tCO₂ de origem renovável⁸ (1.374 tCO₂ renovável para escopo 1 e 3.891 tCO₂ renovável para escopo 3). As emissões da CEMIG dos Escopos 1, 2 e 3 para o ano de 2020 são apresentadas na Figura 3:

Figura 3. Emissões de gases de efeito estufa em 2020 por escopo (tCO₂e)



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do software Climas.

A Tabela 9 apresenta os resultados de emissões de GEE divididas por escopo e categoria. No Escopo 1, a categoria que possui maior representatividade é Combustão Móvel, com 69,42% das emissões (7.927,83 tCO₂e). Já nas emissões do Escopo 2, a categoria de maior contribuição é Perdas de T&D (445.697,54 tCO₂e), sendo responsável por 99,47%. Já nas emissões de Escopo 3 a categoria de Uso de Bens e Serviços Vendidos representou 99,56% de toda emissão de GEE (5.223.549,59 tCO₂e).

⁷ Emissões de GEE regulados pelo Protocolo de Kyoto (dióxido de carbono - CO₂, metano - CH₄, óxido nitroso - N₂O, hexafluoreto de enxofre - SF₆, hidrofluorcarbono – HFC e perfluorcarbono - PFC).

⁸ Emissões de CO₂ oriundas da utilização energética de biomassa de origem renovável. Neste estudo foi adotada a definição de biomassa renovável formulada pelo Comitê Executivo do Mecanismo de desenvolvimento Limpo da Convenção Quadro das Nações Unidas para Mudanças Climáticas (EB 23, Annex 18). Emissões desta natureza não contribuem para o aumento da concentração de CO₂ na atmosfera em longo prazo.

Tabela 9. Emissões de GEE dívidas por Escopo e categoria (tCO₂e)

Escopo	Categoria	Emissões (tCO ₂ e)	Representatividade (%)
Escopo 1	Combustão estacionária	198,43	1,74%
	Combustão móvel	7.927,83	69,42%
	Fugitivas	3.262,22	28,57%
	Mudança do uso do solo	30,88	0,27%
	Total Escopo 1	11.419,36	-
Escopo 2	Consumo de Eletricidade	2.385,87	0,53%
	Perdas T&D	445.697,54	99,47%
	Total Escopo 2	448.083,41	-
Escopo 3	Bens e Serviços comprados	43,45	0,00%
	Deslocamento de funcionários (casa-trabalho)	173,95	0,00%
	Resíduos gerados nas operações	1.004,05	0,02%
	Transporte e distribuição (downstream)	20.989,83	0,40%
	Transporte e distribuição (upstream)	808,04	0,02%
	Uso de bens e serviços vendidos	5.223.549,59	99,56%
	Viagens a negócios	98,83	0,00%
	Total Escopo 3	5.246.667,72	-

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do software Climas.

As emissões por escopo, unidade operacional e a sua representatividade são aprestadas na Tabela 10. Para emissões de Escopo 1, a CEMIG D se apresentou como a empresa de maior emissão, com 79,01% de representatividade. As emissões do Escopo 1 da CEMIG D estão, principalmente, associadas ao consumo de combustível utilizado na frota própria (emitindo 6.615,81 tCO₂e).

As emissões do Escopo 2 da CEMIG D foram dominantes frente às demais unidades operacionais, com 97,26% de participação. As emissões do Escopo 2 são, principalmente, associadas às Perdas de T&D (perdas técnicas e não técnicas).

A participação das unidades CEMIG D, CEMIG GT e GASMIG no Escopo 3 foram semelhantes, sendo respectivamente, 29,21%, 34,71% e 36,08%. As emissões do Escopo 3 estão associadas principalmente a comercialização de energia e gás natural. A saber, em 2020 não foram calculadas as emissões do Escopo 3 da Centroeste, visto que esse é o primeiro ano que a empresa integra o Inventário de GEE da CEMIG.

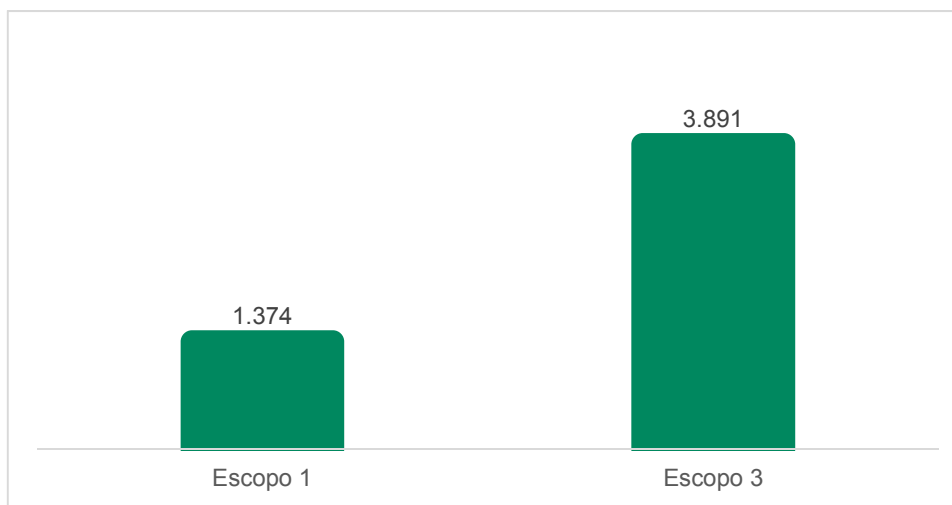
Tabela 10. Emissões por Escopo e unidade operacional no ano de 2020 (tCO₂e)

Unidade Operacional	Escopo 1 (tCO ₂ e)	Participação no Escopo 1 (%)	Escopo 2 (tCO ₂ e)	Participação no Escopo 2 (%)	Escopo 3 (tCO ₂ e)	Participação no Escopo 3 (%)
CEMIG D	9.022,49	79,01%	435.805,59	97,26%	1.532.598,56	29,21%
CEMIG GT	2.008,20	17,59%	11.620,99	2,59%	1.821.184,80	34,71%
CEMIG SIM	1,19	0,01%	0,00	0,00%	1,24	0,00%
GASMIG	360,77	3,16%	20,27	0,00%	1.892.883,13	36,08%
CENTROESTE	26,71	0,23%	636,56	0,14%	0,00	

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do software Climas.

Na queima de combustíveis renováveis, como o etanol ou biodiesel, o CO₂ emitido tem origem renovável (isto é, em algum momento do seu ciclo de vida o CO₂ foi capturado por uma biomassa). As emissões desse gás totalizaram 1.374 tCO₂ renovável e 3.891 tCO₂ renovável para os Escopos 1 e 3 respectivamente, como apresentado na Figura 4.

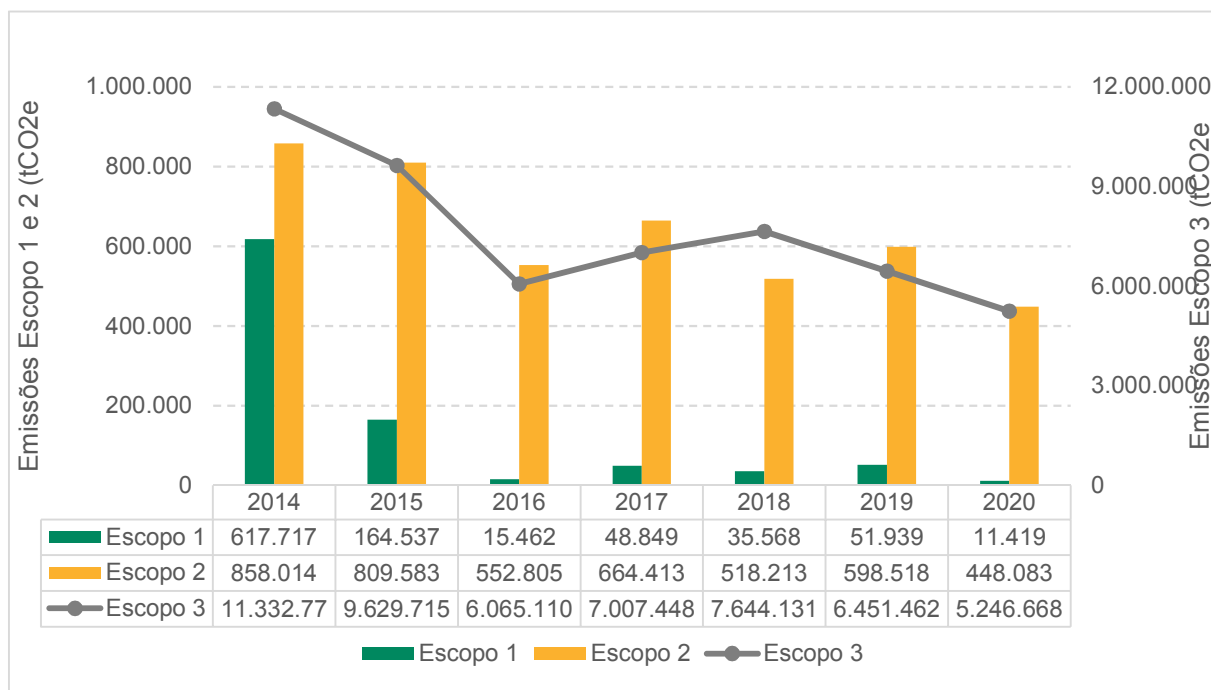
Figura 4. Emissões de CO₂ renovável por Escopo (tCO₂ renovável)



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do software Climas.

Apesar da CEMIG contabilizar suas emissões desde o ano de 2008, o ano de 2014 foi aquele de pior cenário de emissões da empresa. Dessa forma, a série histórica apresentada neste relatório se inicia no ano de 2014. As emissões dos Escopos 1, 2 e 3 para os anos de 2014 a 2020 são apresentadas na Figura 5.

Figura 5. Série histórica das emissões da CEMIG (tCO₂e)



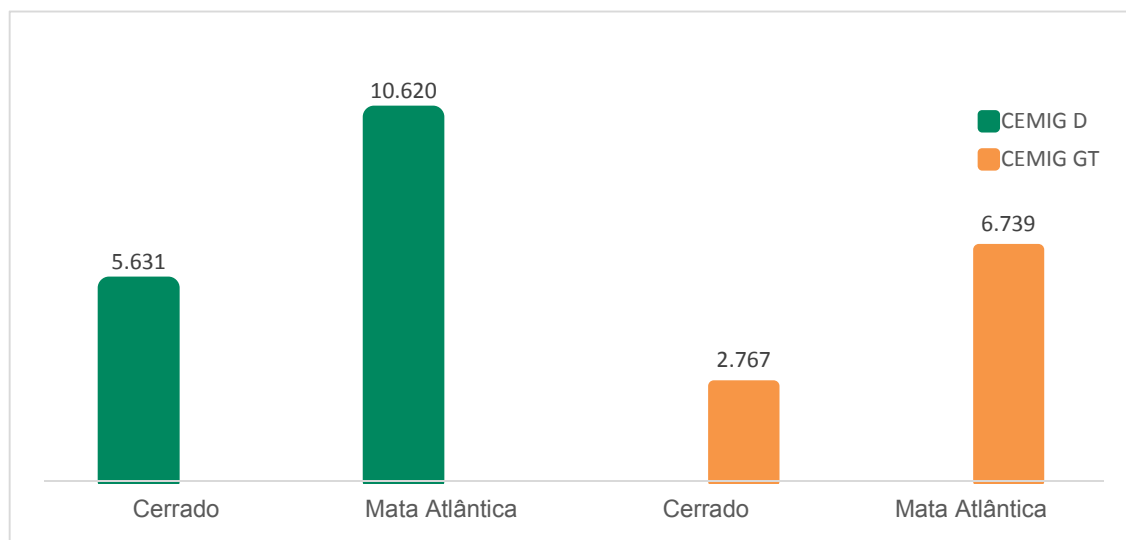
Fonte: Elaboração própria com base nos dados do software Climas.

Em 2020, as emissões dos Escopos 1, 2 e 3 reduziram, respectivamente, 98,15%, 47,78% e 53,70% em relação a 2014. Quando comparadas com o ano anterior, de 2019, observa-se uma redução das emissões dos Escopos 1, 2 e 3 de respectivamente, 78,01%, 25,13% e 18,67%.

A redução nas emissões do Escopo 1 está associado principalmente ao descomissionamento da UTE Igarapé (responsável pela emissão de aproximadamente 37.000 tCO₂e no ano anterior) ao final de 2019. Já a variação no Escopo 2 se deve diretamente à redução nas Perdas de T&D (redução de aproximadamente 150.000 tCO₂e). Enquanto isso, a variação no Escopo 3 está associada ao Uso de bens e serviços vendidos (comercialização de energia e de gás natural, com redução de aproximadamente 1.200.000 tCO₂e).

As emissões para cada uma das fontes de emissão do inventário são apresentados no ANEXO D – Emissões por fonte de emissão.

No que diz respeito as remoções, em 2020 a CEMIG contabilizou um total de 25.756,76 tCO₂ removido a partir do plantio e recomposição de vegetal em áreas de Cerrado e Mata Atlântica. A CEMIG D foi responsável por 16.250,71 tCO₂ (63% das remoções) e a CEMIG GT por 9.506,06 tCO₂ (37%), conforme apresentado na figura a seguir.

Figura 6. Remoção por Recomposição Vegetal da CEMIG (tCO₂)

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do software Climas.

3.1 ESCOPO 1

As emissões de Escopo 1 da CEMIG no ano de 2020 totalizaram 11.419,36 tCO₂e, representando uma redução de 78,01% em relação ao ano anterior (2019 = 51.939 tCO₂e) e uma redução de 98,15% em relação ao ano de 2014 (617.717 tCO₂e). As emissões do Escopo 1 por categoria e representatividade são apresentados na Tabela 11:

Tabela 11. Emissões do Escopo 1 divididas por categoria (tCO₂e)

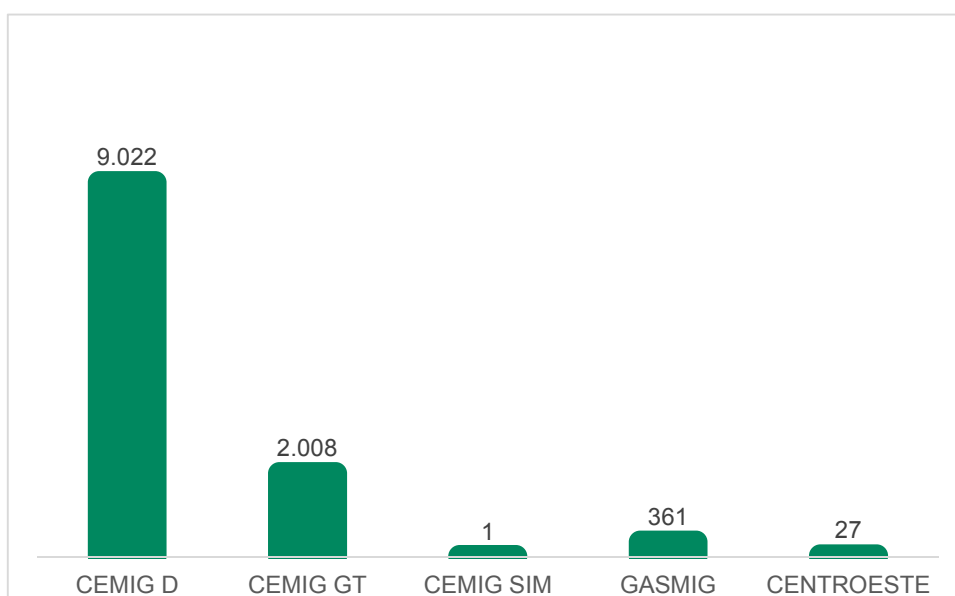
Escopo	Categoria	Emissões (tCO ₂ e)	Representatividade (%)
Escopo 1	Combustão estacionária	198,43	1,74%
	Combustão móvel	7.927,83	69,42%
	Fugitivas	3.262,22	28,57%
	Mudança do uso do solo	30,88	0,27%
	Total Escopo 1	11.419,36	-

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do software Climas.

As emissões de Combustão móvel apresentaram a maior contribuição frente às demais categorias do Escopo 1 com emissão de 7.927,83 tCO₂e, com redução de 12,57% em relação a 2019. Dentro dessa categoria, o consumo de diesel na frota própria é responsável por 6.649,73 tCO₂e. Já a categoria de Combustão estacionária apresentou uma emissão de 198,43 tCO₂e, que corresponde a redução de aproximadamente 37 mil tCO₂e em relação à 2019 devido ao descomissionamento da UTE Igarapé, que anteriormente era a principal responsável pelas emissões de Escopo 1 da CEMIG.

As emissões da categoria Fugitivas correspondem a 3.262,22 tCO₂e, sendo principalmente derivadas do escape de SF₆ (2.953,51 tCO₂e), com redução de 40,44% em relação a 2019 devido a boas práticas e também à contribuição do procedimento corporativo de gestão de emissões de SF₆ elaborado em 2020. Já as emissões de Mudança de uso do solo apresentam a menor representatividade do Escopo 1, com apenas 30,88 tCO₂e. O gráfico abaixo mostra as emissões de GEE de 2020 do CEMIG por empresa (Figura 7):

Figura 7. Emissões do Escopo 1 por empresa (tCO₂e)



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do software Climas.

As emissões do Escopo 1 estão principalmente associadas à unidade da CEMIG D (com 79,01% das emissões) majoritariamente devido ao consumo de diesel em frota própria e ao escape de SF₆. A unidade CEMIG GT fica em segundo lugar nas emissões do Escopo 1 (com 17,59% das emissões) graças aos mesmos precursores (diesel e SF₆).

Abaixo são apresentadas as emissões por precursor (Tabela 12), onde é possível verificar que o diesel (59,85%) e o SF₆ (25,86%) são os principais precursores responsáveis pelas de emissões de Escopo 1 da CEMIG.

Tabela 12. Emissões do Escopo 1 por precursor (tCO₂e)

Precursor	Emissões (tCO ₂ e)	Representatividade (%)
Calcário dolomítico	1,44	0,01%
CH ₄	302,27	2,65%
CO ₂	6,44	0,06%
Diesel / Brasil	6.834,52	59,85%
Etanol hidratado	3,26	0,03%

Precursor	Emissões (tCO ₂ e)	Representatividade (%)
Gás liquefeito de petróleo (GLP)	1,35	0,01%
Gás natural	13,64	0,12%
Gás natural veicular (GNV)	53,46	0,47%
Gasolina / Brasil	1.022,38	8,95%
Nitrogênio em fertilizantes	2,73	0,02%
Querosene de aviação	197,64	1,73%
SF ₆	2.953,51	25,86%
Vegetação nativa	26,71	0,23%
Total Escopo 1	11.419,36	-

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do software Climas.

A tabela 13 apresenta as emissões de Escopo 1 para todas as unidades geradoras contempladas no Inventário de 2020. As unidades Camargos, Itutinga, Leste, Oeste, Salto Grande, Três Marias, tem emissões das categorias Combustão estacionária (consumo de diesel para geradores) e Combustão móvel (consumo de combustíveis para frota). Além dessas, Rosal também tem emissões de Mudança de uso do solo (uso de calcário e nitrogênio em fertilizantes). Já as unidades CEMIG PCH, Sul, Sá Carvalho, Parajuru e Volta do Rio só tem emissões de Combustão móvel, enquanto a unidade Horizontes só tem emissões de Combustão estacionária. A unidade CEMIG GT corresponde a 91,61% das emissões de Escopo 1 das unidades geradoras.

Tabela 13. Emissões do Escopo 1 das unidades geradoras (tCO₂e)

Unidade Operacional	Emissões (tCO ₂ e)	Representatividade (%)
CEMIG GT	1.839,62	91,61%
Camargos	11,22	0,56%
CEMIG PCH	0,04	0,00%
Horizontes	0,14	0,01%
Itutinga	13,05	0,65%
Leste	12,51	0,62%
Oeste	12,15	0,61%
Parajuru - Eólica	18,01	0,90%
Rosal	7,04	0,35%
Sá Carvalho	1,37	0,07%
Salto Grande	9,21	0,46%
Sul	16,59	0,83%
Três Marias	11,97	0,60%
Volta do Rio - Eólica	55,29	2,75%
Total - CEMIG Geração	2.008,20	

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do software Climas.

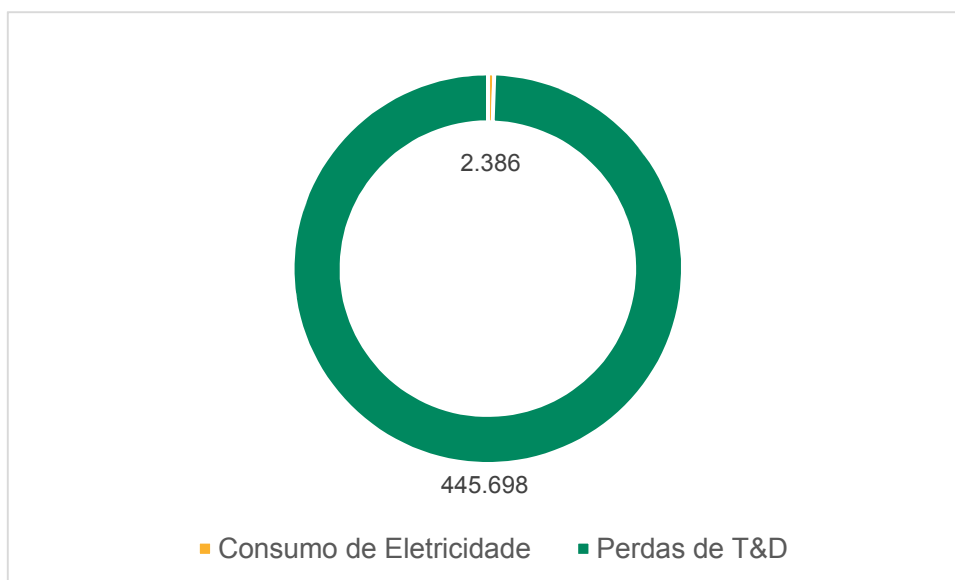
Com exceção da CEMIG GT, as unidades de eólicas Volta do Rio e Parajuru são aquelas que apresentam maiores valores de emissão (55,29 tCO₂e e 18,01 tCO₂e, respectivamente), seguidas pela unidade de Sul (16,59 tCO₂e). As emissões dessas três unidades estão associadas à combustão móvel.

3.2 ESCOPO 2

As emissões de Escopo 2 do CEMIG no ano de 2020 totalizaram 448.083,41 tCO₂e, representando uma redução de 25,13% em relação ao ano anterior (em 2019, 598.518 tCO₂e) e uma redução de 47,78% em relação ao ano de 2014 (858.014 tCO₂e).

Em termos de Perdas de Transmissão e Distribuição (que corresponde a 99,47% das emissões do Escopo 2), houve uma redução de aproximadamente 25,14% de 2020 em relação ao ano anterior, principalmente devido à redução de 17,73% no fator de emissão médio do grid (0,0750 tCO₂e/MWh em 2019 vs 0,0617 tCO₂e/MWh em 2020). As emissões de Perdas de T&D e do consumo de energia elétrica são apresentadas na Figura 8.

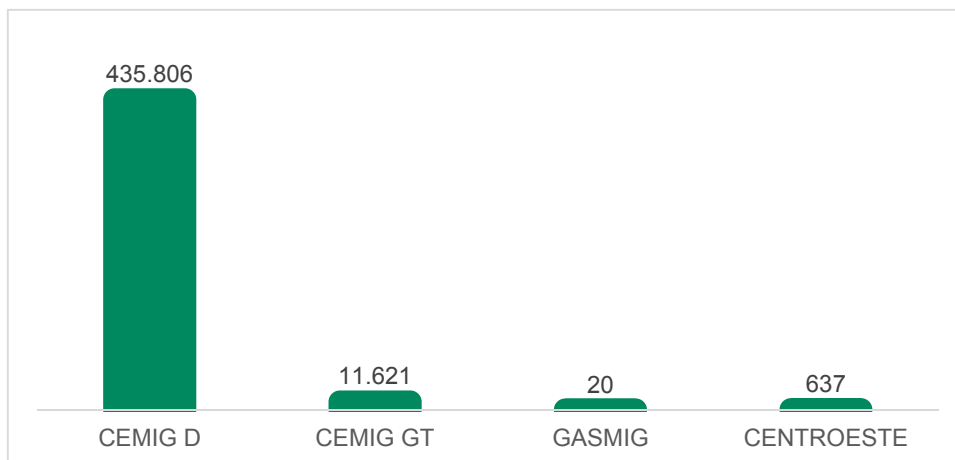
Figura 8. Emissões do Escopo 2 por fonte de emissão (tCO₂e)



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do software Climas.

As emissões do Escopo 2 por unidade operacional são apresentadas na Figura 9. É possível verificar que a CEMIG D, por se tratar de uma empresa de distribuição de energia, possui emissões significativamente maiores do que as demais unidades (97,26% do total emitido no Escopo 2). A CEMIG GT representou 2,59% do total de emissões do Escopo 2, seguida pela CENTROESTE com 0,14%.

Figura 9. Emissões de GEE Escopo 2 por empresa (tCO₂e)



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do software Climas.

3.3 ESCOPO 3

As emissões de Escopo 3 da CEMIG no ano de 2020 totalizaram 5.246.668 tCO₂e, representando uma redução de 18,67% em relação ao ano anterior (em 2019, 6.451.462 tCO₂e) e uma redução de 53,70% em relação ao ano de 2014 (11.332.770 tCO₂e). A Tabela 14 apresenta as emissões de GEE divididas por categoria e fonte dos últimos 7 anos:

Tabela 14. Emissões do Escopo 3 divididas por categoria nos últimos 7 anos (tCO₂e)

Categoria	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Representati vidade (%)
Deslocamento de funcionários (casa-trabalho)	586	600	591	494	112	215	174	0,00%
Resíduos gerados nas operações	-	-	-	-	338	616	1.004	0,02%
Transporte e distribuição (downstream)	5.729	12.851	13.241	19.871	13.700	22.699	20.990	0,40%
Transporte e distribuição (upstream)	817	373	548	575	673	791	808	0,02%
Uso de bens e serviços vendidos	11.324.277	9.614.752	6.049.885	6.985.687	7.628.548	6.426.649	5.223.550	99,56%
Viagens a negócios	1.361	1.138	846	822	689	428	99	0,00%
Bens e Serviços comprados	-	-	-	-	71	63	43	0,00%
Total Geral	11.332.770	9.629.714	6.065.111	7.007.449	7.644.131	6.451.462	5.246.668	-

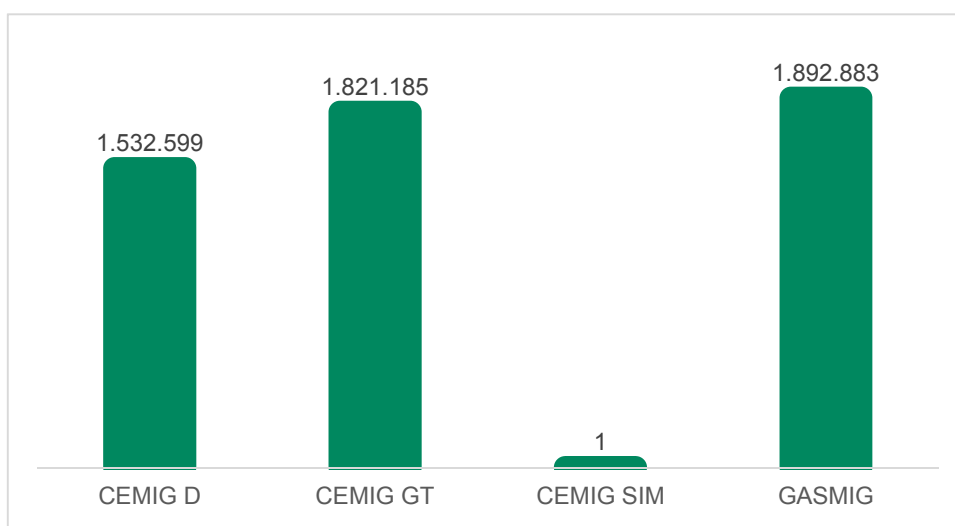
Fonte: Elaboração própria com base nos dados do software Climas.

As emissões do Escopo 3 estão associadas, principalmente, à comercialização de energia e gás natural, categorizada como Uso de bens e serviços vendidos. As emissões dessa categoria compõem quase que a totalidade das emissões do Escopo 3, representando 99,56% do total.

A categoria Transporte e distribuição (downstream) conta com dados de consumo de combustível (álcool, gasolina, diesel e GNV) utilizados por empreiteiras a serviço da CEMIG D. No Inventário de 2020, 17 empreiteiras (100% dos contratos vigentes) contribuíram com esses dados voluntariamente. Mesmo com o aumento no número de empreiteiras reportando seus dados, houve redução de 7,53% nas emissões dessa categoria, principalmente devido à redução no uso de combustíveis e maior uso de etanol em relação ao uso de gasolina.

As unidades CEMIG D, CEMIG GT e GASMIG são responsáveis por respectivamente, 29,21%, 34,71% e 36,08% das emissões do Escopo 3. Já a CEMIG SIM tem uma participação irrelevante quando comparada às demais. Para 2020 as emissões de Escopo 3 da Centroeste não foram contabilizadas, uma vez que esse é o primeiro ano em que empresa é contemplada no Inventário de GEE da CEMIG. A Figura 10 apresenta a distribuição de emissões do Escopo 3 por empresa.

Figura 10. Emissões de GEE Escopo 3 por empresa (tCO₂e)



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do software Climas.

A Tabela 15 apresenta os precursores responsáveis pelas de emissões de Escopo 3 da CEMIG. Verifica-se que a Eletricidade (63,48%), o Gás Natural (34,90%) e o Gás Natural Veicular (1,17%) são os principais precursores do Escopo 3.

Tabela 15. Emissões do Escopo 3 por precursor (tCO₂e)

Precursor	Emissões (tCO ₂ e)	Representatividade (%)
Diesel / Brasil	20.648,51	0,39%
Eletricidade / Brasil	3.330.674,54	63,48%
Etanol hidratado	11,29	0,00%
Gás liquefeito de petróleo (GLP)	43,45	0,00%
Gás natural	1.831.338,91	34,90%
Gás natural veicular (GNV)	61.537,36	1,17%
Gasolina / Brasil	1.310,78	0,02%
Querosene de aviação	98,83	0,00%
Resíduos industriais / Produtos de petróleo, solventes, plásticos	623,46	0,01%
Resíduos sólidos urbanos / Resíduos de jardins e parques	378,42	0,01%
Resíduos industriais / Construção e demolição	2,16	0,00%
Total Escopo 3	5.246.667,72	

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do software Climas.

A Tabela 16 apresenta as emissões de Escopo 3 para as unidades geradoras contempladas no inventário de 2020. Todas as unidades (Camargos, CEMIG PCH, Horizontes, Itutinga, Leste, Oeste, Parajuru, Rosal, Sá Carvalho, Salto Grande, Sul, Três Marias e Volta do Rio) tem emissões da categoria de Uso de bens e serviços vendidos (comercialização de energia elétrica).

Tabela 16. Emissões do Escopo 3 das unidades geradoras (tCO₂e)

Unidade Operacional	Emissões (tCO ₂ e)	Representatividade (%)
CEMIG GT	1.686.454	92,60%
Camargos	2.642	0,15%
CEMIG PCH	8.090	0,44%
Horizontes	5.327	0,29%
Itutinga	4.710	0,26%
Leste	2.118	0,12%
Oeste	1.482	0,08%
Parajuru - Eólica	4.538	0,25%
Rosal	14.991	0,82%
Sá Carvalho	29.512	1,62%
Salto Grande	14.124	0,78%
Sul	4.794	0,26%
Três Marias	37.232	2,04%
Volta do Rio - Eólica	5.172	0,28%
Total - CEMIG Geração	1.821.185	

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do software Climas.

A unidade CEMIG GT corresponde a 92,60% das emissões de Escopo 3 das unidades geradoras, uma vez que contempla outras categorias. Com exceção da CEMIG GT, as unidades de Três Marias, Sá Carvalho e Rosal são aquelas que apresentam as maiores emissões, com representatividade de 2,04%, 1,62% e 0,82% respectivamente.

Uma novidade para o Inventário de GEE da CEMIG em 2020 foi a consideração dos Certificados de Energia Renovável (RECs) para uma parcela da energia elétrica comercializada. Os RECs visam comprovar que a energia provém de fontes renováveis (hidroelétrica, eólica, fotovoltaica, biomassa e etc) e permitem contabilizar e rastrear o lastro da energia. Como forma de controle, um REC que foi vendido uma vez não pode ser comercializado novamente. Todos os certificados recebem números únicos para identificação e também incluem diversas informações como: a fonte renovável, local de geração, a data de geração, a quantidade comercializada, propriedade para onde foi atribuído e etc. No geral, cada REC equivale a 1 MWh.

Uma vez que a CEMIG produz 100% de energia através de matriz renovável, em 2020 foram emitidos 2 tipos de RECs: o I-REC da UHE Emborcação (seguindo os padrões do I-REC Standard) e o Cemig-REC (iniciativa interna da CEMIG) da usina de Nova Ponte. No total, foram comercializados e aposentados 4.132 RECs para o Mater Dei Betim, 10.647 RECs para o Mater Dei Contorno, 6.189 RECs para o Mater Dei Santo Agostinho, 112.972 RECs para a Verallia e 22.001 RECs para a Novo Nordisk. Como os RECs da Cemig são de geração hidrelétrica, seu fator de emissão é nulo.

Dito isso, na categoria de Uso de bens e serviços vendidos foi considerado o total de energia elétrica comercializado pela CEMIG GT menos o total de RECs comercializadas (equivalente a 155.942 RECs ou MWh) em 2020 com Fator de Emissão 0. Para o restante de energia elétrica comercializada pela CEMIG GT foi aplicado o FE do SIN para cada mês.

4. 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 significativo 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 disponibilizados pelas organizações com grande credibilidade referente ao cálculo de emissões. Em relação aos dados utilizados, houve atenção especial à conformidade desses 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.

Os procedimentos utilizados para o cálculo das incertezas são apresentados no ANEXO B – Cálculo das Emissões e Incertezas. Para o inventário de GEE do CEMIG de 2020 as incertezas também foram calculadas utilizando-se o CLIMAS. Os resultados são apresentados abaixo (Tabela 17) onde:

- **incerteza menor:** Limite inferior do intervalo de confiança de 95%, em%;
- **incerteza maior:** Limite superior do intervalo de confiança de 95%, em%;

Tabela 17. Resultados das incertezas do Inventário de 2020.

Categoria	Incerteza menor	Incerteza maior
Aquisição de energia elétrica	0,00%	0,00%
Bens e Serviços comprados	1,69%	3,23%
Combustão estacionária	0,91%	0,33%
Combustão móvel	0,69%	0,59%
Deslocamento de funcionários (casa-trabalho)	0,66%	0,59%
Fugitivas	0,00%	0,00%
Mudança do uso do solo	39,43%	14,80%
Perdas por transmissão e distribuição	0,00%	0,00%
Resíduos gerados nas operações	2,49%	2,35%
Transporte e distribuição (downstream)	0,99%	0,79%
Transporte e distribuição (upstream)	1,07%	0,85%
Uso de bens e serviços vendidos	0,47%	0,71%
Viagens a negócios	0,00%	0,00%
Total	0,43%	0,65%

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do software Climas.

5. METAS CORPORATIVAS

Ciente do compromisso na mitigação de suas emissões de gases que contribuem para a mudança climática global, a CEMIG definiu em 2018 duas metas de emissão de tCO₂e. A primeira consiste em uma meta absoluta baseada na combinação das emissões do escopo 1 e 2, enquanto a segunda é uma meta de intensidade para o escopo 2 baseada nas emissões provenientes das perdas totais na transmissão e distribuição de energia elétrica.

Como referência, determinou-se o ano alvo 2022 e ano base 2017 para as emissões totais. Para as emissões do escopo 1 adotamos o seguinte critério: manter o percentual de emissão de SF₆ de no máximo 0,66% (emissão de SF₆ (kg)/ quantidade total instalada (kg)); e reduzir 10% das emissões de fontes móveis em relação ao valor de 2017. Em relação as emissões do escopo 2 foi definido o seguinte critério: manter em 156.773 GJ o consumo de energia elétrica (valor de 2017), ter 12,56% perdas totais em 2020 e 11,53% em 2021 e 11,24% em 2022.

A meta absoluta baseada na combinação das emissões do escopo 1 e 2 foi alcançada, ficamos 1% abaixo da meta estimada para 2020 e reduzimos em 29% as emissões do escopo 1 e 2 em relação a 2019. A meta de emissões do escopo 2 também foi alcançada, ficamos 0,07% abaixo da meta estimada para 2020 com redução de 25,13% de emissões desse escopo em relação a 2019. A meta relativa ao percentual de perdas totais foi revista devido a mudança do cálculo de perdas estabelecido em 2020 pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL

6. RECOMENDAÇÕES

Para as empresas se adaptarem à economia de baixo carbono, deve ser desenvolvido um ciclo virtuoso de análise e melhorias dos processos. Esse conjunto de atividades, quando detalhado e organizado, compõem o plano corporativo para gestão das emissões de GEE.

O caminho inicia-se com o diagnóstico da situação atual, ao reunir o conhecimento técnico sobre a temática de mitigação da Mudança do Clima e a sua aplicação à organização. Uma vez mapeados os impactos da organização na Mudança do Clima e seus riscos e oportunidades para o negócio, é possível avaliar alternativas de processo e selecionar projetos que reduzam a intensidade em carbono (emissões de GEE por produção). Em sequência, deve ser estruturado um processo para acompanhamento contínuo do desempenho climático da organização, de forma a verificar o impacto dos projetos implantados e, com base nos resultados, atualizar o diagnóstico.

O inventário de GEE é a primeira etapa do diagnóstico e deve ser continuamente aprimorado. As recomendações de melhoria para a CEMIG são:

- Expansão das fontes de emissão monitoradas, calculando as emissões de outras categorias de Escopo 3, como o tratamento de efluentes
- Estruturação de um fluxo de informações mensal e acompanhamento do impacto em Mudança do Clima mês a mês como forma de gestão ambiental;
- Gestão sobre as evidências primárias, acompanhando-as em algum sistema ou SharePoint.

Além do inventário, há outros tipos de estudos para diagnóstico da situação da empresa frente à economia de baixo carbono, como:

- o cálculo de indicadores de impacto por produto ou serviço oferecido, possibilitando a comparação com empresas de diversos portes e avaliação da eficiência da gestão climática;
- a identificação de riscos e oportunidades em cenários regulatórios, com mecanismos de precificação de carbono, por exemplo.

O passo seguinte é o planejamento e ação no tema de Mudança do Clima. Isso inclui:

- Benchmarking setorial;
- Definição da estratégia de mitigação;
- Definição da estratégia de adaptação;
- Definição da estratégia de neutralização.

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.

CEMIG, 2020. Relatório Anual de Sustentabilidade 2019. Disponível em: <https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2020/07/ras-2019.pdf>

CEMIG, 2021. "Quem Somos". Disponível em: <https://www.cemig.com.br/quem-somos/>

FGV/GVCES; WRI. Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol: Contabilização, Quantificação e Publicação de Inventários Corporativos de Emissões de Gases de Efeito Estufa, 2011. Disponível em: <http://www.ghgprotocolbrasil.com.br/cms/arquivos/ghgespec.pdf>

FGV EAESP. Nota Técnica :Classificação das emissões de gases de efeito estufa (GEE) de Escopo 1 nas respectivas categorias de fontes de emissão – versão 1.0. Disponível em http://mediadrawer.gvces.com.br/ghg/original/ghg-protocol_nota-tecnica_categorias-escopo-1_v1.pdf

FGV EAESP. Categorias de Emissões de Escopo 3 Adotadas pelo Programa Brasileiro GHG Protocol
Disponível em http://mediadrawer.gvces.com.br/ghg/original/ghg_categorias_e3_definicoes_curta.pdf

IPCC. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Japan: IGES, 2006.

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

DIAS, A.C; ARROJA, L. 2012. *Comparison of methodologies for estimating the carbon footprint e case study of office paper*. Universidade de Aveiro, Portugal *Journal of Cleaner Production* de 2012.

GLOSSÁRIO

Ano-base: período histórico especificado para o propósito das comparações das remoções e emissões de GEE, além de outras informações relacionadas.

Dióxido de carbono equivalente (CO₂e): unidade para comparação da força radiativa (potencial de aquecimento global) de um dado GEE à do CO₂.

Emissões de GEE: massa total de um GEE liberado para a atmosfera em um período específico de tempo.

Emissões diretas de GEE: emissões de GEE por fontes pertencentes ou controladas pela organização. Para estabelecer as fronteiras operacionais da organização são empregados os conceitos de controle financeiro e controle operacional.

Emissões indiretas de GEE relacionadas ao consumo de energia: emissões de GEE a partir da geração da energia elétrica, calor ou vapor, importada/consumida pela organização.

Escopo: o conceito de 'escopo' (*scope*) foi introduzido pelo GHG Protocol com a finalidade de auxiliar as empresas na definição de seus limites operacionais. Os Escopos são diferenciados em 3 categorias, separadas em emissões diretas e emissões indiretas.

Escopo 1: Abrange a categoria das emissões diretas de GEE da organização, ou seja, que se originam em fontes que pertencem ou são controladas pela empresa dentro dos limites definidos. Como exemplo, pode-se citar as emissões da queima de combustíveis fósseis e de processos de fabricação.

Escopo 2: Abrange a categoria das emissões indiretas de GEE relacionadas à aquisição externa de energia. Exemplo disso é o consumo de energia elétrica gerada pelas concessionárias fornecedoras do Sistema Interligado Nacional (SIN) e energia térmica adquirida.

Escopo 3: Abrange a categoria das emissões indiretas de GEE por outras fontes, ou seja, emissões que ocorrem em função das atividades da organização mas que são originados em fontes não pertencentes ou não controladas pela mesma. Alguns exemplos de fontes de Escopo 3 são: transportes de produtos em veículos que não pertencem à empresa, utilização de veículos de terceiros, transporte de funcionários e viagens de negócios.

Fator de emissão ou Fator de remoção de GEE: fator que relaciona dados de atividade a emissões e remoções de GEE.

Fonte de GEE: unidade física ou processo que libera GEE para a atmosfera.

Gás de Efeito Estufa (GEE): constituinte atmosférico, de origem natural ou antropogênica, que absorve e emite radiação em comprimentos de onda específicos dentro do espectro de radiação infravermelha emitida pela superfície terrestre, pela atmosfera e pelas nuvens. Entre os GEE, pode-se citar o Dióxido de Carbono (CO_2), o Metano (CH_4), o Óxido Nitroso (N_2O), os Hidrofluorocarbonos (HFC), os Perfluorocarbonos (PFC) e o Hexafluoreto de Enxofre (SF_6).

Inventário de emissões de GEE: documento no qual encontram-se detalhadas as fontes e sumidouros de GEE e encontram-se quantificadas as emissões e remoções de GEE durante um dado período.

Offset: créditos de compensação de emissões de GEE.

Organização: companhia, corporação, empreendimento, autoridade, instituição - ou parte ou combinação de -, seja incorporado ou não, público ou privado, que possui suas próprias funções e administração.

Outras emissões indiretas de GEE: emissões de GEE diferentes daquelas emissões indiretas relacionadas ao consumo de energia. São consequência das atividades da organização, mas são oriundas de fontes cuja propriedade ou controle são realizados por outras organizações.

Potencial de aquecimento global: fator que descreve o impacto da força radiativa de uma unidade de massa de um dado GEE, em relação a uma unidade de massa de dióxido de carbono (CO_2) em um dado período de tempo.

Remoções de GEE: massa total de um GEE removido da atmosfera em um período específico de tempo.

Reservatório de GEE: unidade física ou componente da biosfera, da geosfera ou da hidrosfera com capacidade de armazenar ou acumular GEE removidos da atmosfera por um sumidouro ou GEE capturados de uma fonte. A massa total de carbono contida em um reservatório de GEE em um período específico de tempo pode ser referida como o estoque de carbono do reservatório. Um reservatório de GEE pode transferir seus gases para outro reservatório de GEE. A coleta de um GEE de uma fonte antes que esse GEE entre na atmosfera e o seu armazenamento em um reservatório pode ser referido como captura e armazenamento de GEE.

Sumidouro de GEE: unidade física ou processo que remove GEE da atmosfera.

ANEXO A - TABELAS GHG PROTOCOL

Como o reporte das unidades internacionais para o GHG protocol é opcional, tais emissões são separadas das emissões que ocorrem no Brasil. Com isso, os resultados apresentados nesta seção são distintos dos demais apresentados no corpo do relatório. O intuito desta seção é facilitar que a CEMIG reporte os seus dados no registro público de emissões.

Tabela 1A. Resumo das emissões totais em toneladas de gás (tGEE)

	Escopo				
Família de gás		Escopo 1	Escopo 2	Escopo 3	Totais
CH4		13,134939		275,980906	289,115845
CO2		7.992,265152	448.083,413883	5.237.491,939194	5.693.567,618229
N2O		0,487278		7,638458	8,125736
SF6		0,129540			0,129540
Totais					5.693.864,989350

Tabela 2A. Resumo das emissões totais em toneladas de CO2-equivalente (tCO2e)

	Escopo				
Família de gás		Escopo 1	Escopo 2	Escopo 3	Totais
CH4		328,373475		6.899,522650	7.227,896125
CO2		7.992,265152	448.083,413883	5.237.491,939194	5.693.567,618229
N2O		145,208844		2.276,260484	2.421,469328
SF6		2.953,512000			2.953,512000
Totais		11.419,359471	448.083,413883	5.246.667,722328	5.706.170,495682

Tabela 3A. Emissões de Escopo 1 desagregadas por categoria (tCO₂e)

		Superfamília de gás	Kyoto
Escopo	Categoria		
Escopo 1	Combustão estacionária		198,426340
	Combustão móvel		7.927,826593
	Fugitivas		3.262,223650
	Mudança do uso do solo		30,882888
Totais			11.419,359471

Tabela 4A. Emissões de Escopo 1 desagregadas por categoria – Emissões e Remoções de CO₂ biogênico

		CO2 renovável	
		Emissions (tGEE)	Removals (tGEE)
Escopo 1	Combustão estacionária	21.357978	0.000000
	Combustão móvel	1,352.444993	0.000000
	Mudança do uso do solo	0.000000	-25,756.764200

Tabela 5A. Emissões de Escopo 2 desagregadas por categoria (tCO₂e)

		Superfamília de gás	Kyoto
Escopo	Categoria		
Escopo 2	Aquisição de energia elétrica		2.385,870061
	Perdas por transmissão e distribuição		445.697,543822
Totais			448.083,413883

Tabela 6A. Emissões de Escopo 3 desagregadas por categoria (tCO₂e)

		Superfamília de gás	Kyoto
Escopo	Categoria		
Escopo 3	Bens e Serviços comprados		43,453549
	Deslocamento de funcionários (casa-trabalho)		173,951597
	Resíduos gerados nas operações		1.004,045371
	Transporte e distribuição (downstream)		20.989,826338
	Transporte e distribuição (upstream)		808,035072
	Uso de bens e serviços vendidos		5.223.549,585200
	Viagens a negócios		98,825201
Totais			5.246.667,722328

Tabela 7A. Emissões de Escopo 3 desagregadas por categoria – Emissões e Remoções de CO₂ biogênico

		CO2 renovável	
		Emissions (tGEE)	Removals (tGEE)
Escopo 3	Deslocamento de funcionários (casa-trabalho)	23.747076	0.000000
	Transporte e distribuição (downstream)	3,773.901718	0.000000
	Transporte e distribuição (upstream)	92.959738	0.000000

Tabela 8A. Emissões por unidade

	Escopo	Escopo 1	Escopo 2	Escopo 3	Totais
Campo curinga 1					
CEMIG D		9.022,491889	435.805,594000	1.532.598,557552	1.977.426,643441
CEMIG GT		2.008,199147	11.620,993400	1.821.184,796153	1.834.813,988700
Centroeste		26,708251	636,557518		663,265769
CEMIG SIM		1,194983		1,239079	2,434062
GASMIG		360,765201	20,268965	1.892.883,129544	1.893.264,163710
Totais		11.419,359471	448.083,413883	5.246.667,722328	5.706.170,495682

ANEXO B - CÁLCULO DAS EMISSÕES E INCERTEZAS

B.1 CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS EM EQUIPAMENTOS MÓVEIS E ESTACIONÁRIOS

As emissões de GEE provenientes da queima de combustíveis fósseis foram calculadas a partir do consumo de combustível, em volume, ou da distância percorrida, por tipo de combustível e tipo de veículo, no ano de 2020. Quando os dados são fornecidos em consumo de combustível, as emissões de GEE para essa fonte são calculadas segundo fórmula a seguir:

$$E_{i,g,y} = C_{i,y} \cdot PCI_{i,y} \cdot FE_{i,g,y} \cdot PAG_g$$

Onde:

- i Índice que denota o tipo de combustível;
- g Índice que denota um tipo de GEE;
- y Ano de referência do relatório;
- $E_{i,g,y}$ Emissões ou remoções do GEE g atribuíveis à fonte i durante o ano y , em tCO₂e;
- $C_{i,y}$ Consumo do combustível i para o ano y , na unidade de medida u , sendo u m³ ou kg;
- $PCI_{i,y}$ Poder Calorífico Inferior do combustível i para o ano y , na unidade de medida TJ/ u ;
- $FE_{i,g,y}$ Fator de emissão do GEE g aplicável ao combustível i no ano y , em tGEE g/TJ;
- PAG_g Potencial de aquecimento global do GEE g , em tCO₂e/tGEEg.

Nos casos em que o dado de entrada refere-se à distância percorrida, o cálculo das emissões é realizado segundo a fórmula a seguir:

$$E_{i,g,y} = \frac{D_{i,j,y}}{FC_{i,j,y}} \cdot PCI_{i,y} \cdot FE_{i,g,y} \cdot PAG_g$$

Onde:

- i Índice que denota o tipo de combustível;
- j Índice que denota o tipo de veículo;
- g Índice que denota um tipo de GEE;
- y Ano de referência do relatório;
- $E_{i,g,y}$ Emissões ou remoções do GEE g atribuíveis à fonte i durante o ano y , em tCO₂e;

- $D_{ij,y}$ Distância percorrida pelo veículo j que utiliza combustível i durante o ano y , em km;
- $FC_{ij,y}$ Autonomia do veículo j , na unidade de medida u/km , sendo u m^3 ou kg ;
- $PCI_{i,y}$ Poder Calorífico Inferior do combustível i para o ano y , na unidade de medida TJ/u ;
- $FE_{i,g,y}$ Fator de emissão do GEE g aplicável ao combustível i no ano y , em tGEE g/TJ ;
- PAG_g Potencial de aquecimento global do GEE g , em $tCO_2e/tGEEg$.

Os tipos de GEE emitidos na queima de combustíveis são CO_2 , CH_4 e N_2O .

Os consumos de gasolina e diesel exigem uma etapa adicional de cálculo, dado que em 2020 a legislação brasileira exigia que esses combustíveis contivessem biocombustíveis em proporções específicas em suas composições. Para a gasolina, a exigência era de 27% de etanol anidro. Já para o diesel as proporções foram de 11% em janeiro e fevereiro, 12% de março a agosto, 10% de setembro a outubro e 11% em novembro e dezembro, conforme sites da ANP e ferramenta do GHG Protocol. Para o cálculo das emissões oriundas do consumo desses tipos de combustível, as porcentagens de biocombustível foram multiplicadas pelo consumo total da mistura de combustível previamente à aplicação da equação descrita acima.

As categorias deste relatório que foram calculadas segundo as fórmulas acima são: consumo de combustíveis em equipamentos estacionários, consumo de combustíveis em equipamentos móveis, transporte terceirizado, deslocamento casa e trabalho e viagens a negócio (somente táxi).

B.2 CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

O cálculo de emissões de GEE provenientes do consumo de eletricidade foi realizado a partir dos dados de eletricidade consumida por unidade operacional, em MWh, no ano de 2019. Para o cálculo das emissões, utiliza-se o valor de consumo mensal devido à variação dos fatores de emissão da rede nacional (grid).

O tipo de GEE considerado na geração de energia do grid brasileiro é o CO_2 e as emissões são calculadas segundo fórmula a seguir:

$$E_{CO2,m,y} = C_{m,y} \cdot FE_{CO2,m,y}$$

Onde:

- ***m*** Mês do consumo referente ao consumo de eletricidade;
- ***y*** Ano de referência do relatório;
- ***E_{CO2,m,y}*** Emissões de CO₂ atribuíveis ao consumo de eletricidade da rede nacional no mês *m* do ano *y*, em tCO₂e;
- ***C_{m,y}*** Consumo de eletricidade da rede nacional no mês *m* do ano *y*, em MWh;
- ***FE_{i,g,y}*** Fator de emissão de CO₂ aplicável à eletricidade da rede nacional no mês *m* do ano *y*, em t CO₂/MWh.

A categoria de consumo de eletricidade deste relatório foi calculada segundo a fórmula acima.

B.3 CONSUMO DE GASES REFRIGERANTES E ISOLANTES

O cálculo de emissões de GEE provenientes do consumo de gases refrigerantes e isolantes foi realizado a partir dos dados de gases consumidos por unidade operacional, em quilos, no ano de 2020. A massa dos gases consumidos é multiplicada por seus respectivos potenciais de aquecimento global para obtenção da quantidade de CO₂e, conforme equação a seguir.

$$E_{CO2e,g,y} = C_{g,y} \cdot PAG_g \cdot 1000$$

Onde:

- ***y*** Ano de referência do relatório;
- ***g*** Índice que denota um tipo de GEE;
- ***E_{CO2e,g,y}*** Emissões de CO₂e atribuíveis ao consumo do gás refrigerante *g* no ano *y*, em tCO₂e;
- ***C_y*** Consumo de gases refrigerantes no ano *y*, em kg;
- ***PAG_g*** Potencial de aquecimento global do GEE *g*, em tCO₂e/t GEEg.

No caso dos *blends* de gases refrigerantes, o cálculo é feito multiplicando-se as porcentagens de cada tipo de gás refrigerante do *blend* na fórmula acima.

A categoria de emissões fugitivas deste relatório foi calculada segundo a fórmula apresentada.

B.4 VIAGENS AÉREAS

Para a contabilização das emissões de GEE associadas às viagens aéreas é necessário, primeiramente, contabilizar as distâncias percorridas em voos. O sistema CLIMAS possui uma funcionalidade em que as distâncias, em linha reta, dos trechos aéreos percorridos são calculadas a partir de seus códigos IATA⁹ (como, por exemplo, GRU/FOR para uma viagem de Guarulhos a Fortaleza). Adicionalmente, um fator de correção de 8% é aplicado, conforme recomendado pela DEFRA, para estimar a distância real percorrida no trecho, já que os trechos, na prática, não são percorridos em linha reta.

Após o cálculo das distâncias, os múltiplos trechos percorridos são classificados como voos de curta, média e longa distância. As emissões de GEE provenientes de uma viagem de curta, média ou longa distância são calculadas segundo as equações abaixo.

$$E_{CO_2e,tr,y} = Distância_{tr} \cdot pax \cdot FE_{CO_2,tr,y}$$

$$E_{CH_4,tr,y} = Distância_{tr} \cdot pax \cdot FE_{CH_4,tr,y}$$

$$E_{N_2O,tr,y} = Distância_{tr} \cdot pax \cdot FE_{N_2O,tr}$$

Onde:

- **y** Ano de referência do relatório;
- **tr** Classificação do trecho voado (curta, média ou longa distância);
- **$E_{CO_2,tr,y}$** Emissões de CO₂ provenientes da queima de combustíveis do avião que percorreu o trecho do tipo *tr* no ano *y*, em tCO₂;
- **$E_{CH_4,tr,y}$** Emissões de CH₄ provenientes da queima de combustíveis do avião que percorreu o trecho do tipo *tr* no ano *y*, em tCH₄;
- **$E_{N_2O,tr,y}$** Emissões de N₂O provenientes da queima de combustíveis do avião que percorreu o trecho do tipo *tr* no ano *y*, em tN₂O;
- **$Distância_{tr}$** Distância em linha reta percorrida no trecho aéreo do tipo *tr* corrigido pelo fator de 8%, em *km*;
- ***pax*** Número de passageiros que percorreram o trecho do tipo *tr*;
- **$FE_{CO_2,tr}$** Fator de emissão de CO₂ aplicável à queima de combustíveis do avião que percorreu o trecho do tipo *tr*, em tCO₂/pax.km.

⁹ IATA (International Air Transport Association) é um indentificador simples dos códigos dos diferentes aeroportos de todo o mundo.

- $FE_{CH_4,tr}$ Fator de emissão de CH_4 aplicável à queima de combustíveis do avião que percorreu o trecho do tipo tr , em $tCH_4/pax.km$.
- $FE_{N_2O,tr}$ Fator de emissão de N_2O aplicável à queima de combustíveis do avião que percorreu o trecho do tipo tr , em $tN_2O/pax.km$.

Os fatores de emissão ($FE_{CO_2,tr}$, $FE_{CH_4,tr}$ e $FE_{N_2O,tr}$) foram retirados do ferramenta de cálculo de emissões do Programa Brasileiro do *GHG Protocol* de 2020.

B.5 EMISSÕES AGREGADAS E OUTRAS DE NÃO-CO₂

As emissões de GEE mapeadas para essa fonte são provenientes da aplicação de fertilizantes no solo, principalmente os fertilizantes nitrogenados, calcário e ureia. O dado de entrada necessário para o cálculo dessas emissões é a quantidade total de fertilizante aplicada no ano, por tipo.

Para a calagem (calcário) e para aplicação de ureia no solo, as emissões de CO₂ são calculadas segundo a equação a seguir:

$$E_{CO_2,i,y} = Q_{i,y} \cdot CC_i \cdot \frac{44}{12}$$

Onde:

- y Ano de referência do relatório (2020);
- i Aplicação de fertilizante i (Calcário dolomítico ou ureia);
- $E_{CO_2,i,y}$ Emissões CO₂ atribuíveis à aplicação de fertilizante i no ano y , em $t CO_2$;
- $Q_{i,y}$ Quantidade de fertilizante i utilizado no ano y , em t ;
- CC_i Quantidade de C presente na fórmula molecular do fertilizante i , em $t C/t$.

Para o cálculo das emissões provenientes do calcário agrícola, considerou-se o tipo calcário dolomítico, visto que as informações coletadas junto a Associação Brasileira dos Produtores de Calcário Agrícola (ABRACAL) não são apresentadas de maneira segregada por diferentes tipos de calagem.

Além da emissão do CO₂, a aplicação de fertilizantes no solo, como ureia e outros fertilizantes nitrogenados, é responsável pela emissão de N₂O. O cálculo dessas emissões é feito segundo a seguinte equação:

$$E_{N_2O,i,y} = Q_{i,y} \cdot (FE1_i + FE4_i \cdot FracGasF_i + FE5_i \cdot FracLeach_i) \cdot NC_i \cdot \frac{44}{28}$$

Onde:

- y Ano de referência do relatório (2020);
- i Aplicação de fertilizante i ;
- $E_{N2O,i,y}$ Emissões N_2O atribuíveis à aplicação de fertilizante i no ano y , em $t\ N_2O$;
- $Q_{i,y}$ Quantidade de fertilizante i utilizado no ano y , em t ;
- NC_i Quantidade de N presente na fórmula molecular do fertilizante i , adimensional;
- $FE1_i$ Fator de N considerando adições, volatilização e deslocamento de N do fertilizante i , adimensional (valor *default* de 0,01 de acordo com IPCC 2006);
- $FE4_i$ Fator de volatilização e re-deposição aplicável ao fertilizante i , *adimensional* (valor *default* de 0,01 de acordo com IPCC 2006);
- $FE5_i$ Fator de escoamento aplicável ao fertilizante i , *adimensional* (valor *default* de 0,0075 de acordo com IPCC 2006);
- $FracGasF_i$ Fator de perda de N por volatilização de NH_3 e NO_x para o tipo de fertilizante i , *adimensional* (valor *default* de 0,1 de acordo com IPCC 2006);
- $FracLeach_i$ Fator de perda de N por escoamento o tipo de fertilizante i , *adimensional* (valor *default* de 0,3 de acordo com IPCC 2006);

B.6 EMISSÕES DE RESÍDUOS GERADOS

O cálculo de emissões de GEE provenientes do coprocessamento foi realizado a partir dos dados de resíduos gerados e destinados ao coprocessamento, em toneladas, para o ano de 2020. As emissões são calculadas segundo fórmula a seguir:

$$E_{CO2,r,y} = m_{r,y} \cdot CC_r \cdot \frac{44}{12} + m_{r,y} \cdot FE_{CH,r} \cdot PAG_{CH} + m_{r,y} \cdot FE_{N2O,r} \cdot PAG_{N2O}$$

Onde:

- r Tipo de resíduo;
- y Ano de referência do relatório;
- $E_{CO2,r,y}$ Emissões de CO_2 decorrente do coprocessamento do resíduo r durante o ano y , em tCO_2e ;
- $m_{r,y}$ Massa de resíduos para o ano y , na unidade de medida u , sendo u t ;

- CC_r Conteúdo de carbono para o resíduo r , adimensional;
- $FE_{CH_4,r}$ Fator de emissão de CH_4 decorrente do coprocessamento do resíduo r , em tCH_4 ;
- PAG_{CH_4} Potencial de aquecimento global do CH_4 , em tCO_2e/tCH_4 ;
- $FE_{N_2O,r}$ Fator de emissão de N_2O decorrente do coprocessamento do resíduo r , em tN_2O ;
- PAG_{N_2O} Potencial de aquecimento global do N_2O , em tCO_2e/tN_2O .

O cálculo de emissões de GEE provenientes da incineração de resíduos foi realizado a partir dos dados de resíduos gerados e incinerados, em toneladas, para o ano de 2020. As emissões são calculadas segundo fórmula a seguir:

$$E_{CO_2,r,y} = m_{r,y} \cdot CC_r \cdot \frac{44}{12} + m_{r,y} \cdot FE_{CH_4,r} \cdot PAG_{CH_4} + m_{r,y} \cdot FE_{N_2O,r} \cdot PAG_{N_2O}$$

Onde:

- r Tipo de resíduo;
- y Ano de referência do relatório;
- $E_{CO_2,r,y}$ Emissões de CO_2 decorrente da incineração do resíduo r durante o ano y , em tCO_2e ;
- $m_{r,y}$ Massa de resíduos para o ano y , na unidade de medida u , sendo u t;
- CC_r Conteúdo de carbono para o resíduo r , adimensional;
- $FE_{CH_4,r}$ Fator de emissão de CH_4 decorrente da incineração do resíduo r , em tCH_4 ;
- PAG_{CH_4} Potencial de aquecimento global do CH_4 , em tCO_2e/tCH_4 ;
- $FE_{N_2O,r}$ Fator de emissão de N_2O decorrente da incineração do resíduo r , em tN_2O ;
- PAG_{N_2O} Potencial de aquecimento global do N_2O , em tCO_2e/tN_2O .

O cálculo de emissões de GEE provenientes do aterro foi realizado a partir dos dados de resíduos gerados e destinados ao aterro, em toneladas, para o ano de 2020. As emissões de CH_4 gerado nos aterros são calculadas segundo fórmula a seguir:

$$E_{CH_4,y} = QR_y \cdot L_{0,y} \cdot (1 - OX_0)$$

$$L_{0,y} = MCF_0 \cdot DOC_{média} \cdot DOC_f \cdot F_{CH_4} \cdot \frac{16}{12}$$

$$DOC_{média} = \sum (\%_{i,y} \cdot DOC_i)$$

Onde:

- **y** Ano de referência do relatório;
- **i** Tipo de resíduo;
- **$E_{CH_4,y}$** Emissões CH₄ atribuíveis à decomposição do resíduo disposto em aterros no ano y, em t CH₄;
- **QR_y** Quantidade de resíduos destinados para o aterro no ano y em t;
- **$L_{0,y}$** Potencial de geração de metano no ano y em t CH₄/ t resíduo;
- **OX_0** Fator de oxidação, adimensional;
- **MCF_0** Fator de correção de metano baseado na qualidade no aterro, adimensional;
- **$DOC_{média}$** Valor de carbono orgânico degradável médio industrial (valor default de 0,04 conforme IPCC 2006);
- **DOC_i** Carbono orgânico degradável do resíduo i;
- **$\%_{i,y}$** Fração de quantidade de resíduo i no ano y;
- **$DOC_{f,y}$** Fração de resíduo que se decompõe, adimensional (valor default de 50%, conforme IPCC 2006);
- **F_{CH_4}** Fração de metano no biogás, adimensional (valor default de 50%, conforme IPCC 2006);
- **16/12** Conversão de massa de C em CH₄, 1,33;

Os valores de OX_0 e MFC_0 foram obtidos do IPCC 2006, para aterros sanitários não categorizados. No geral, não há recuperação de metano nos aterros sanitários e reatores anaeróbicos do Brasil, e portanto, essa recuperação não foi considerada no inventário da CEMIG

B.7 CÁLCULO DAS INCERTEZAS

A seguir, são apresentados os cálculos utilizados na combinação de incertezas, bem como estimativas em intervalos de confiança e suas correções quando necessário, de acordo com o IPCC *Good Practice Guidance* (2006).

-Combinação de incerteza de componentes (não correlacionados) de uma multiplicação:

$$I_{total} = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + \dots + I_n^2}$$

Onde:

- **I_{total} :** Incerteza percentual total do produto de quantidades (metade do intervalo de confiança de 95% expresso como porcentagem). Para intervalos de confiança assimétricos foi considerada a maior diferença percentual entre a média e o limite de confiança;
- **I_i :** Incerteza percentual associada a cada uma das quantidades de uma multiplicação.

-Combinação de incerteza de componentes (não correlacionados) de uma soma ou subtração:

$$I_{total} = \frac{\sqrt{(I_1 \cdot x_1)^2 + (I_2 \cdot x_2)^2 + \dots + (I_n \cdot x_n)^2}}{|x_1 + x_2 + \dots + x_n|}$$

Onde:

- **I_{total} :** Incerteza percentual total da soma ou subtração de quantidades (metade do intervalo de confiança de 95% expresso como porcentagem). Para intervalos de confiança assimétricos foi considerada a maior diferença percentual entre a média e o limite de confiança;
- **x_i e I_i :** Quantidades e incerteza percentual associada a cada uma das quantidades de uma multiplicação.

Por meio do modelo de propagação de incertezas descrito acima, é produzida uma estimativa da metade do intervalo de confiança de 95%, expressa como uma porcentagem do resultado do inventário. À medida que a incerteza do inventário aumenta, a abordagem de propagação descrita acima sistematicamente subestima a incerteza, exceto nos casos em que os modelos de quantificação são puramente aditivos. Portanto, nos casos em que a incerteza é superior a 100% e inferior a 230% essa deve ser corrigida por meio dos procedimentos descritos abaixo:

$$I_{corrigida} = I \cdot F_c$$

$$F_c = \left[\frac{(-0,720 + 1,0921 \cdot U - 1,63 \cdot 10^{-3} \cdot U^2 + 1,11 \cdot 10^{-5} \cdot U^3)}{I} \right]^2$$

Onde:

- **$I_{corrigida}$** : Incerteza total corrigida (metade do intervalo de confiança de 95% expresso como porcentagem);
- **I** : Incerteza total não corrigida (metade do intervalo de confiança de 95% expresso como porcentagem);
- **F_c** : Fator de correção de incerteza.

Para o cálculo de intervalos de confiança do resultado total a partir do modelo baseado na média e da metade do intervalo de confiança de 95% das quantidades componentes, uma determinada distribuição deve ser assumida. Se o modelo é puramente aditivo e a metade do intervalo de confiança é menor que 50%, uma distribuição normal é uma estimativa acurada. Nesse caso, pode ser assumida uma distribuição de probabilidade simétrica. Para modelos multiplicativos ou nos casos em que a incerteza é maior que 50% para variáveis que devem ser não-negativas, uma distribuição lognormal é tipicamente uma suposição acurada. Nesses casos a distribuição de probabilidade não é simétrica em relação à média. Para essas situações as seguintes fórmulas serão aplicadas para o cálculo dos limites superior e inferior do intervalo de confiança de 95%:

$$I_{baixa} = \left\{ \frac{\exp[\ln(\mu_g) - 1,96 \cdot \ln(\sigma_g)] - \mu}{\mu} \right\} \cdot 100$$

$$I_{alta} = \left\{ \frac{\exp[\ln(\mu_g) + 1,96 \cdot \ln(\sigma_g)] - \mu}{\mu} \right\} \cdot 100$$

$$\sigma_g = \exp \left\{ \sqrt{\ln \left(1 + \left[\frac{I}{100} \right]^2 \right)} \right\}$$

$$\mu_g = \exp \left\{ \ln(\mu) - \frac{1}{2} \cdot \ln \left(1 + \left[\frac{I}{100} \right]^2 \right) \right\}$$

Onde:

- I_{baixa} : Limite inferior do intervalo de confiança de 95%, em%;
- I_{alta} : Limite superior do intervalo de confiança de 95%, em%;
- μ_g : Média geométrica;
- μ : Média aritmética;
- σ_g : Desvio padrão geométrico;
- I : Incerteza total simétrica do intervalo de confiança de 95%, em%;

ANEXO C - FATORES DE EMISSÃO DO INVENTÁRIO DE GEE 2020

Todos os memoriais de cálculo dos fatores de emissão estão presentes no sistema CLIMAS. Para acesso, basta seguir os seguintes passos:

1. Acessar o Climas;
2. Em Emissões de GEE, selecione “Auditoria - Extrato de fatores de emissão”;
3. Escolher o Inventário e clicar em “Obter extrato” para gerar o relatório;
4. Na última tabela (“Fatores de emissão”), selecione o fator de emissão através das colunas Tecnologia/ Precursor e clique no botão “Ver” na última coluna (“Medidas de fator”);
5. Na nova janela, clique em “Memorial” (última coluna) para verificar como o fator de emissão foi construído e de onde foram retirados seus os dados.

Os memoriais apresentam uma descrição detalhada, conforme o exemplo a seguir.

Transporte rodoviário - Etanol hidratado - m³

00 - 00

← Retornar para as medidas

tCH₄/m³ =

$$EFCH4ethanol = 0.0003841000^{+0.00\%}_{-0.00\%}$$

Exibir 10 registros

Pesquisar:

Exibindo 1 a 1 de 1 registros

Variável	Descrição	Valor	Unidade	Referência	Observação	Início da validade	Fim da validade
EFCH4ethanol	Fator de emissão de CH ₄ para combustão de etanol - fontes móveis	0.000384, [-0.00%, +0.00%]	t/m3	PBGHGP 2016	Ficha “Fatores de emissão”, Seção 3.1, Tabela 4, Etanol (Etanol hidratado)	-	-

Abaixo são apresentados os principais fatores de emissão e conversão utilizados para cálculo dos Escopos 1, 2 e 3 do Inventário de GEE da CEMIG em 2020.

Tabela C1. Potenciais de Aquecimento Global (PAG)

Gás	PAG
CO ₂	1
CH ₄	25
N ₂ O	298
SF ₆	22.800

Tabela C2. Fatores de Emissão – Energia Elétrica - 2020

País	FECO2 (t/MWh)	FECH4 (t/MWh)	FEN2O (t/MWh)	Fonte
Brasil	0,0617	-	-	MCTIC, 2020

Tabela C3. Fatores de Conversão – Combustão Móvel

Dados de transporte	Fator	Un.	Fonte
Diesel oil - Commercial Vehicle	10,5	km/L	PBGHGP 2020
Diesel oil - Heavy truck	3,4	km/L	PBGHGP 2020
Diesel oil - Light and medium trucks	5,6	km/L	PBGHGP 2020

Tabela C4. Fatores de Emissão – Viagens Aéreas

Viagens aéreas	EFCO ₂	EFCH ₄	EFN ₂ O	Un.	Fonte
Air Travel - Long distance	94,851900	0,000370	0,003014	t/pax*Gm	PBGHGP 2020
Air Travel - Medium distance	76,768500	0,000370	0,002424	t/pax*Gm	PBGHGP 2020
Air Travel - Short distance	123,565000	0,004444	0,003915	t/pax*Gm	PBGHGP 2020

Tabela C5. Densidade e Poder Calorífico Interior (PCI)

Precursor	Densidade (kg/m ³)	PCI (kcal/kg)	Fonte
Biodiesel (B100)	880	9.000	BEN, 2020
Etanol Hidratado	809	6.300	BEN, 2020
Gás Natural	0,74	8.800	BEN, 2020
Gasolina Automotiva	742	10.400	BEN, 2020
Óleo Diesel	840	10.100	BEN, 2020
Querosene de aviação	799	10.400	BEN, 2020

Tabela C6. Fatores de Emissão – Fontes Móveis e Estacionárias

Precursor	EFCO ₂	EFCH ₄	EFN ₂ O	Un.	Fonte
Gás Natural	56.100			kg/TJ	IPCC, 2006
Natural Gas - Mobile combustion		92,0	3,0	kg/TJ	IPCC, 2006
Biodiesel	2,431			tCO ₂ /m ³	IPCC, 2006
Biodiesel - Mobile combustion		0,000332	0,00002	tGEE/m ³	IPCC, 2006
Biodiesel - Stationary combustion - Commercial / Institutional		10,0	0,6	kg/TJ	IPCC, 2006
Óleo Diesel	74.100			kg/TJ	IPCC, 2006
Diesel Oil - Mobile combustion		3,9	3,9	kg/TJ	IPCC, 2006
Diesel Oil - Stationary combustion - Commercial / Institutional		10,0	0,6	kg/TJ	IPCC, 2006
Etanol	1,457			t/m ³	IPCC, 2006
Ethanol - Mobile combustion		0,000384	0,000013	t/m ³	IPCC, 2006
Gasoline	69.300			kg/TJ	IPCC, 2006
Gasoline - Mobile combustion		25,0	8,0	kg/TJ	IPCC, 2006
Jet querosene	71.500			kg/TJ	IPCC, 2006
Fuel combustion - civil aviation		0,5	2,0	kg/TJ	IPCC, 2006

ANEXO D - EMISSÕES POR FONTE DE EMISSÃO

Tabela D1. Emissões por fonte e responsável do Escopo 1 (Kyoto - tCO₂e)

Unidade operacional	Parâmetro	Responsável	Emissões (tCO ₂ e)
CEMIG D	Consumo de Álcool - Frota Própria	Ormino Coutinho Filho	2,30
	Consumo de Diesel S10 - Frota Própria		4.942,27
	Consumo de Diesel S500 - Frota Própria		870,58
	Consumo de Gasolina - Frota Própria		669,58
	Consumo de GNV - Frota Própria		1,05
	Consumo de Óleo Diesel nos geradores (Distribuição)		157,85
	Consumo de Querosene de aviação na frota da empresa	Vinicius Vieira Sales	128,68
	Consumo de GN em fontes estacionárias (Restaurante)	Pedro Henrick	0,94
	Consumo de GN nos geradores (Ed. A. Chaves e Ed. J. Soares)		6,75
	Consumo de Óleo Diesel nos geradores (Sede)		0,31
	Uso de Isolantes - Escape de SF6	João Carlos Oliveira da Silva	2.231,21
	Consumo de CO2 em extintores	Geraldo Vinicius Ferreira	3,68
	Consumo de GLP em empilhadeiras	Júlio Henrique Costa Guimarães	1,35
	Consumo de GN em fontes estacionárias (autoclave)		5,95
CEMIG GT	Consumo de Álcool - Frota Própria	Ormino Coutinho Filho	0,83
	Consumo de Diesel S10 - Frota Própria		657,32
	Consumo de Diesel S500 - Frota Própria		165,79
	Consumo de Gasolina - Frota Própria		285,64
	Consumo de GNV - Frota Própria		0,13
	Consumo de Óleo Diesel nos geradores (Transmissão)		17,93
	Consumo de Querosene de aviação na frota da empresa	Vinicius Vieira Sales	68,96
	Consumo de Álcool - Frota Alugada	Clara Silva	0,00
	Consumo de Calcário		1,44
	Consumo de Diesel - Frota Alugada		13,31

Unidade operacional	Parâmetro	Responsável	Emissões (tCO2e)
CEMIG GT	Consumo de Diesel em Embarcações	Clara Silva	0,00
	Consumo de Gasolina - Frota Alugada		59,99
	Consumo de Gasolina em Embarcações		0,53
	Consumo de Nitrogênio em Fertilizantes		2,73
	Consumo de Óleo Diesel nos geradores		6,17
	Consumo de Óleo Diesel nos geradores (Geração)		2,36
	Consumo de CO2 em extintores	Geraldo Vinicius Ferreira	2,76
	Uso de Isolantes - Escape de SF6	Rômulo Miranda Teixeira	722,30
CEMIG SIM	Consumo de Álcool - Frota Própria	Ormino Coutinho Filho	0,01
	Consumo de Gasolina - Frota Própria		1,18
CENTROESTE	Supressão Vegetal	Alexandre Duarte Barhouch	26,71
GASMIG	Consumo de Álcool - Frota Própria	Luciana da Cunha Correa	0,11
	Consumo de CO2 em extintores		0,01
	Consumo de Diesel - Frota Própria		0,47
	Consumo de Gasolina - Frota Própria		5,46
	Consumo de GNV - Frota Própria		52,29
	Consumo de Óleo Diesel nos geradores		0,17
	Perdas de Gás Natural no transporte		302,27
TOTAL - Escopo 1			11.419,36

Tabela D2. Emissões por fonte e responsável do Escopo 2 (Kyoto - tCO₂e)

Unidade operacional	Parâmetro	Responsável	Emissões (tCO ₂ e)
CEMIG D	Consumo de energia elétrica	Danilo de Deus	2.142,21
	Perdas do Sistema de Distribuição		433.663,39
CEMIG GT	Consumo de energia elétrica		221,26
	Perdas do Sistema de Transmissão		11.399,74
CENTROESTE	Consumo de energia elétrica	Alexandre Duarte Barhouch	2,14
	Perdas do Sistema de Transmissão		634,42
GASMIG	Consumo de energia elétrica	Luciana da Cunha Correa	20,27
TOTAL - Escopo 2			448.083,41

Tabela D3. Emissões por fonte e responsável do Escopo 3 (Kyoto - tCO₂e)

Unidade operacional	Parâmetro	Responsável	Emissões (tCO ₂ e)
CEMIG D	Comercialização de Energia Elétrica	Danilo de Deus	1.509.894,91
	Consumo de Álcool das empreiteiras	Douglas Moraes	11,29
	Consumo de Diesel das empreiteiras		19.698,47
	Consumo de Gasolina das empreiteiras		1.278,84
	Consumo de GNV das empreiteiras		1,23
	Consumo de Diesel em Caminhões Terceirizados (Baú, Truck e Carreta)	Sergio Geraldo Maia	767,64
	Consumo de GLP em empilhadeiras		41,28
	Consumo de diesel para deslocamento de funcionários	Ormino Coutinho Filho	92,30
	Deslocamentos em viagens aéreas de curta distância	Patricia Ferreira Peixoto	22,93
	Deslocamentos em viagens aéreas de longa distância		13,62
	Deslocamentos em viagens aéreas de média distância		20,66
	Massa de resíduo enviado para coprocessamento	Alessandra Chagas Daniel	450,49
	Massa de resíduo enviado para aterro (outros)		2,16
	Massa de resíduo enviado para aterro (capina)	Elzito Porto Junior	302,74

Unidade operacional	Parâmetro	Responsável	Emissões (tCO2e)
CEMIG GT	Comercialização de Energia Elétrica	Danilo de Deus	1.820.779,64
	Consumo de GLP em empilhadeiras	Sergio Geraldo Maia	2,17
	Consumo de Diesel em Caminhões Terceirizados (Baú, Truck e Carreta)		40,40
	Consumo de diesel para deslocamento de funcionários	Ormindo Coutinho Filho	49,71
	Consumo de gasolina para deslocamento de funcionários		31,94
	Deslocamentos em viagens aéreas de curta distância	Patricia Ferreira Peixoto	15,76
	Deslocamentos em viagens aéreas de média distância		16,52
	Massa de resíduo enviado para coprocessamento	Alessandra Chagas Daniel	172,97
	Massa de resíduo enviado para aterro (capina)	Elzito Porto Junior	75,68
CEMIG SIM	Deslocamentos em viagens aéreas de curta distância	Patricia Ferreira Peixoto	0,87
	Deslocamentos em viagens aéreas de média distância		0,37
GASMIG	Comercialização de GN (combustão estacionária)	Luciana da Cunha Correa	1.831.338,91
	Comercialização de GN (veicular)		61.536,13
	Deslocamentos em viagens aéreas de curta distância		2,38
	Deslocamentos em viagens aéreas de longa distância		3,60
	Deslocamentos em viagens aéreas de média distância		2,10
TOTAL - Escopo 3			5.246.667,72

ANEXO E - CATEGORIAS DO PROGRAMA BRASILEIRO DO GHG PROTOCOL

O Programa Brasileiro do GHG Protocol define as seguintes categorias de emissões:

- **Combustão estacionária (escopo 1):** emissões de GEE provenientes da queima de combustível, que gera energia, geralmente, utilizada para produzir vapor de água ou energia elétrica. Essa energia não é utilizada para meio de transporte. Exemplos: fornos, queimadores, aquecedores e geradores.
- **Combustão móvel (escopo 1):** emissões de GEE provenientes da queima de combustível, que gera energia utilizada para produzir movimento e percorrer um trajeto. Exemplos: carros, motocicletas, caminhões, ônibus, tratores, empilhadeiras, aviões e trens.
- **Fugitivas (escopo 1):** escapes de GEE geralmente não intencionais que ocorrem durante a produção, processamento, transmissão, armazenagem ou uso do gás. Exemplos: extintores de incêndio (CO₂) e vazamento de equipamentos de refrigeração e ar-condicionado (HFC ou PFC).
- **Mudança do uso do solo (escopo 1):** emissões de GEE não-mecânicas provenientes de atividades de agricultura ou pecuária ou que promovam mudanças no uso do solo.
- **Aquisição de energia elétrica (escopo 2):** emissões de GEE provenientes da geração de energia elétrica adquirida pela empresa inventariante ou relacionadas à parcela de energia elétrica perdida pelos sistemas de transmissão e distribuição.
- **Categoria 1: Bens e serviços comprados (escopo 3):** Bens ou serviços comprados pela empresa de terceiros que gerem emissões de GEE.
- **Categoria 4: Transporte e Distribuição *Upstream* (escopo 3):** emissões de distribuição de produtos e transporte comprados ou adquiridos pela organização inventariante em veículos e instalações que não são de propriedade nem operados pela organização, bem como de outros serviços terceirizados de transporte e distribuição (incluindo tanto logística de entrada quanto de saída).
- **Categoria 5: Resíduos gerados nas operações (escopo 3):** inclui as emissões do tratamento e/ou disposição final dos resíduos sólidos e efluentes líquidos decorrentes das operações da organização inventariante controladas por terceiros. Esta categoria contabiliza todas as emissões futuras (ao longo do processo de tratamento e/ou disposição final) que resultam dos resíduos gerados no ano inventariado.

- **Categoria 6: Viagens a negócios (escopo 3):** emissões do transporte de funcionários para atividades relacionadas aos negócios da organização inventariante, realizado em veículos operados por ou de propriedade de terceiros, tais como aeronaves, trens, ônibus, automóveis de passageiros e embarcações. São considerados nesta categoria todos os funcionários de entidades e unidades operadas, alugadas ou de propriedade da organização inventariante. Podem ser incluídos nesta categoria funcionários de outras entidades relevantes (por exemplo, prestadores de serviços terceirizados), assim como consultores e outros indivíduos que não são funcionários da organização inventariante, mas que se deslocam às suas unidades.
- **Categoria 7: Deslocamento de funcionários (escopo 3):** As emissões dessa categoria incluem o transporte dos funcionários entre as suas casas até o seu local de trabalho. Incluem-se nessa categoria o transporte por carros, ônibus, trem e outros modais de transporte urbano.
- **Categoria 9: Transporte e distribuição *Downstream* (escopo 3):** Emissões do transporte e distribuição de produtos vendidos pela organização inventariante (se não for pago por esta) entre suas operações e o consumidor final, incluindo varejo e armazenagem, em veículos e instalações de terceiros.
- **Categoria 11: Uso de bens e serviços vendidos (escopo 3):** Emissões advindas do uso de um bem ou serviço vendido pela empresa inventariante.

ANEXO F - DECLARAÇÃO DE VERIFICAÇÃO



DECLARAÇÃO

O Bureau Veritas Certification, estabelecido à Avenida Alfredo Egídio de Souza Aranha, 100, 4º andar, Torre C, Vila Cruzeiro, São Paulo/SP, inscrito no Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas sob o nº 72.368.012/0002-65, declara, para os devidos fins, que fica a

CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais, estabelecida Av. Barbacena, 1200 – 17º andar, Ala A1, Belo Horizonte, Minas Gerais, inscrita no Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas sob o nº 17.155.730/0001-64, na cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais, autorizada a publicar em todos os seus títulos e sites o trecho da Declaração de Verificação conforme redação a seguir: “O Bureau Veritas Certification, com base nos processos e procedimentos descritos no seu Relatório de Verificação, adotando um nível de confiança razoável, declara que o Inventário de Gases de Efeito Estufa – ano inventariado 2020, da CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais, é preciso, confiável e livre de erro ou distorção e é uma representação equitativa dos dados e informações de GEE sobre o período de referência, para o escopo definido; foi elaborado em conformidade com as especificações da NBR ISO 14064-1 e do Programa Brasileiro GHG Protocol.”

Emissões Verificadas:

Escopos 1, 2 e 3 (em tCO₂e)

Abordagem	Escopo 1	Escopo 2	Escopo 3	Total
Controle operacional	11.419	448.083	5.246.668	5.706.170

São Paulo, 05 de abril de 2021.

Bruno Bomtorim Moreira
Latin America Certification Technical
Manager
Bureau Veritas Certification

Antonio Vamberto de Pádua Daraya
Verificador Líder de Inventários de
Gases de Efeito Estufa
Bureau Veritas Certification

CLIENTE**PROJETO**

CEMIG21B

ENTREGÁVEL

Inventário corporativo de emissões de GEE da CEMIG em 2020

CONSULTORIA

WAYCARBON

COORDENAÇÃO

CEMIG

Erika Silveira Torres; estorres@cemig.com.br

HISTÓRICO DO DOCUMENTO

Nome do documento	Data	Natureza da revisão	Versão de resultados Climats
Relatório_INV CEMIG_2021-02-19	19/02/2021	1ª versão	1ª versão
Relatório_INV CEMIG_2021-03-29	29/03/2021	2ª versão	3ª versão
Relatório INV-CEMIG_2021-04-20	20/04/2021	Versão final	

Rua Paraíba, 1.000 – 7º andar
CEP 30130 – 141 - Belo Horizonte – MG
Telefone | Fax 55 31 3401.1074

BH | SP | RJ

WWW.WAYCARBON.COM