

CONTABILIZAÇÃO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA

SINFERSI - SINDICATO DAS INDUSTRIAS DE FERROLIGAS E DE SILICIO METÁLICO
NO ESTADO DE MINAS GERAIS

ABRIL/2024

Missão
CARBONO
ZERO

Soluções sustentáveis para mudar o futuro da indústria.

SENAI
FIEMG

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE MINAS GERAIS – FIEMG

Flávio Roscoe Nogueira
Presidente

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL – DEPARTAMENTO REGIONAL DE MINAS GERAIS

Christiano Paulo de Mattos Leal
Diretor Regional

CENTRO DE INOVAÇÃO E TECNOLOGIA SENAI FIEMG - CIT

José Luciano de Assis Pereira
Gerência de Tecnologia e Inovação

Marcos Bartasson Tannús
Gerência Administrativa e de Infraestrutura

Zenilde das Graças Guimarães Viola
Gerência de Metrologia, Serviços Tecnológicos, Consultoria e Treinamentos

INSTITUTO SENAI DE TECNOLOGIA EM MEIO AMBIENTE

Hanna Duarte Almeida Ferraz
Coordenação Técnica

Marina Andrada Maria
Coordenação do Projeto

Isabella Macedo Menezes
Elaboração

EMPRESA RESPONSÁVEL PELO EMPREENDIMENTO:

Razão social: SINFERSI

CNPJ: 01.732.455/0001-64

Endereço: Av. do Contorno nº 4456/6ºAndar – Bairro Funcionários- Belo Horizonte/MG - CEP 30110-028

Contato: Bruno Santos Parreiras – bruno@abrafe.ind.br

Av. José Cândido da Silveira, 2000 - Horto
CEP 31035-536 - Belo Horizonte - Minas Gerais – Brasil
Tel.: (31) 3489-2000 | www.fiemg.com.br

Contabilização de Emissões de Gases de Efeito Estufa

EQUIPE TÉCNICA

Identificação	Formação	Função
Amanda Santos de Campos	Eng. Ambiental	Apoio técnico
Igor Diniz Dias Duarte	Químico Industrial	Apoio técnico
Isabella Macedo Menezes	Bióloga	Condução do atendimento e redação do relatório
Karina Cristiane Alves	Bióloga	Apoio de gestão
Marina Andrada Maria	Bióloga	Acompanhamento do atendimento e revisão do relatório

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Integrantes da SINFERSI	13
Figura 2 -Densidade de combustíveis para conversão unitária	15
Figura 3 -Teores de carbono para matérias primas	17
Figura 4 - Fatores de emissão para pasta eletródica e eletrodo pré-cozido.....	18
Figura 5 -Fatores de emissão para os redutores utilizados nos fornos	18
Figura 6 - Fatores de emissão para produção de carvão	20
Figura 7 -Eficiência de remoção de Nitrogênio Total (Fossa séptica + solo).....	22
Figura 8 -Emissão de N ₂ O por sistema de Fossa séptica + solo	23
Figura 9 -Eficiência de remoção de NT, DBO e DQO para diferentes sistemas	24
Figura 10 - Faixa típica de concentração de DBO no efluente sanitário bruto	25
Figura 11 - Eficiência de remoção de DBO de efluentes	25
Figura 12 - Interface do IDE - SISEMA	26
Figura 13 - Interface do BDIA - IBGE.....	27
Figura 14 -Fatores de remoção e estoque para plantação de Eucaliptos.....	29
Figura 15 -Trecho da ferramenta GHG/WRI	31
Figura 16 - Emissões desagregadas por escopo e por categoria	36
Figura 17 -Fator de emissão para coque de carvão mineral.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Global Warming Potential (GWP) dos principais gases de efeito estufa	7
Tabela 2 - Integrantes da SINFERSI	12
Tabela 3 - Categorias contabilizadas no inventário	14
Tabela 4 - Teor de carbono de elementos das soldas.....	19
Tabela 5 - Composição carbonácea dos eletrodos pela FISPQ	19
Tabela 6 - Cálculo de vazão para efluentes sanitários	21
Tabela 7 - Equações e fatores específicos.....	28
Tabela 8 - Fator de emissão e concentrações de nitrogênio nos adubos utilizados	30
Tabela 9 - Resumo das emissões totais	32
Tabela 10 - Emissões de Escopo 1 desagregadas por categoria	34
Tabela 11 - Emissões de Escopo 2.....	35
Tabela 12 - Indicadores de desempenho	37
Tabela 13- Emissões da SINFERSI em cada cenário	45
Tabela 14- Indicadores de emissão para cada cenário	46

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	6
1. INTRODUÇÃO	7
2. OBJETIVOS.....	10
3. MÉTODOS.....	11
3.1 Identificação das fontes de emissão	11
3.2 Limites Organizacionais.....	11
3.3 Limites Operacionais.....	14
3.4 Métodos, ferramentas e/ou fatores específicos	15
3.4.1 Combustão Estacionária e Combustão Móvel	15
3.4.2 Emissões Fugitivas.....	16
3.4.3 Processos Industriais	16
3.4.4 Efluentes Líquidos	20
3.4.5 Mudanças no uso dos solos	26
3.4.6 Atividades de agricultura	29
3.5 Emissões Fugitivas (GEE não Quioto)	31
4. EMISSÕES	32
5. OUTROS ELEMENTOS	37
5.1 Indicadores de emissão de GEE para as atividades da organização	37
5.2 Desempenho da SINFERSI	37
5.3 Estratégias e projetos para a gestão de emissões de GEE	38
5.4 Ações internas para melhoria da qualidade do inventário de GEE.....	38
5.5 Incertezas e exclusões de fontes de dados	39
5.6 Estoque e remoção de carbono	41
6. Compensações e reduções	43
6.1 Compensação de emissão	43
6.2 Redução de emissão	43
6.2.1 Tecnologias Alternativas para Desenvolvimento e Inovação	46
7. Considerações finais	48
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
APÊNDICE A – Checklists de visita técnica.....	51

APRESENTAÇÃO

A SINFERSI congrega os principais grupos industriais brasileiros produtores de ferroligas e de silício metálico, que há mais de 100 anos contribuem para o desenvolvimento sustentável do Brasil. As empresas associadas são a base de uma cadeia produtiva de alto valor agregado, produzindo insumos estratégicos para os setores de metalurgia, siderurgia, mecânica, elétrica, química, eletrônica e outras.

O setor de ferroligas e de silício metálico tem uma inserção maciça e positiva no cotidiano dos cidadãos. Impacta significativamente a geração de emprego e renda para milhões de brasileiros e contribui para o crescimento da economia e da competitividade brasileira.

Ano do inventário: 2022

Tipo do inventário: Incompleto (Escopos 1 e 2)

1. INTRODUÇÃO

O efeito estufa é um fenômeno natural responsável por manter a Terra aquecida e está diretamente associado com o aquecimento global acelerado no último século. Com a intensa influência antropogênica na atmosfera, com o uso constante de combustíveis fósseis, uma relação foi identificada entre a intensificação do fenômeno e as observações das mudanças climáticas (IPCC, 2018).

Os gases de efeito estufa (GEE), já presentes na atmosfera, são altamente capazes de absorver a radiação infravermelha refletida pela Terra e não permitem que toda a energia seja regressada ao espaço. O aumento das emissões desses gases, oriundos de atividades antropogênicas, com elevados potenciais caloríficos, tem aquecido a atmosfera e influenciado nos mecanismos ambientais que nela coexistem (MANAHAN, 2013).

Os GEE possuem potenciais de aquecimento globais distintos, devido à capacidade que cada gás possui de reter calor em determinada intensidade, sendo que tal capacidade pode ser comparada à capacidade do dióxido de carbono de realizar a mesma função. Por este motivo, todos os gases são convertidos à CO₂ equivalentes (CO₂e) e essa relação pode ser expressa em termos de *Global Warming Potential* – GWP conforme indicado na **Tabela 1**.

Tabela 1- Global Warming Potential (GWP) dos principais gases de efeito estufa

Gás de Efeito Estufa	GWP	Referência
Dióxido de carbono (CO ₂)	1	IPCC (2014)
Metano (CH ₄)	28	
Óxido Nitroso (N ₂ O)	265	
Hexafluoreto de enxofre (SF ₆)	23.500	
Trifluoreto de nitrogênio (NF ₃)	16.100	
Hidrofluorcarbonos (HFC) ¹	2.213	
Perfluorcarbonos (PFC) ¹	9.562	

Fonte: autores (2024).

O Programa Brasileiro *GHG Protocol* busca promover a cultura corporativa de mensuração, publicação e gestão voluntária das emissões de GEE no Brasil, disponibilizando uma plataforma nacional para a publicação dos inventários de GEE corporativos e organizacionais. Essa ferramenta é utilizada para quantificar e gerenciar emissões de GEE, foi originalmente desenvolvida nos Estados

¹ Grupo de compostos – valor de GWP médio

Contabilização de Emissões de Gases de Efeito Estufa

Unidos e é hoje o método mundialmente mais utilizado pelas empresas e governos na realização de inventários de GEE (PBGHG, 2008).

A implementação do Programa Brasileiro é uma iniciativa do Centro de Estudos em Sustentabilidade, da Fundação Getúlio Vargas (FGV), e do *World Resources Institute* (WRI), em parceria com o Ministério do Meio Ambiente (MMA), o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS) e o *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD). É também compatível com a norma ABNT NBR ISO 14.064:2022 e com os métodos de quantificação do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC).

Os princípios para a contabilização, quantificação, elaboração e publicação do inventário de GEE são relevância, integralidade, consistência, transparência e exatidão. Esses princípios asseguram que a contabilização seja representativa, justa e transparente com relação às emissões de GEE da organização (PBGHG, 2008).

Com o objetivo de garantir o cumprimento dos princípios de contabilização de GEE, o Programa determina o estabelecimento de fronteiras de estudo com os limites geográficos e os limites operacionais (PBGHG, 2008).

Os limites geográficos indicam que os participantes do Programa *GHG Protocol* devem apresentar todas as emissões emitidas em território brasileiro. Os limites operacionais são segregados de acordo com a tipologia das emissões, como diretas e indiretas e são classificados como Escopos 1, 2 e 3. O Escopo 1 é constituído das categorias de emissões associadas às fontes que pertencem ou são controladas pela organização, ou seja, as emissões diretas. As emissões do Escopo 2 são indiretas e se referem à aquisição de energia elétrica consumida pela organização. O Escopo 3 considera todas as emissões indiretas não enquadradas no Escopo 2, que ocorrem em fontes que não pertencem ou não são controladas pela empresa, isto é, estão associadas a cadeia de valor, incluindo fornecedores e clientes. O Programa Brasileiro *GHG Protocol* categoriza um inventário completo como aquele que fornece integralmente a contabilização de todas as emissões de GEE, de fontes Escopos 1 e 2, resultante de fontes localizadas dentro dos limites geográficos do participante. Entretanto, o Programa estimula a participação das organizações que se encontram em estágio inicial de capacitação no tema ao possibilitar a publicação de inventários parciais, isto é, que não incluem todas as fontes de emissões de relato obrigatório (PBGHG, 2008).

As emissões do Escopo 2 são relatadas de acordo com a abordagem de aquisição, como de *localização* (Sistema Interligado Nacional – SIN) ou de *compra certificada* (de origem renovável

Contabilização de Emissões de Gases de Efeito Estufa

comprovada). As emissões na abordagem de *localização* devem ser relatadas considerando os fatores de emissões do grid nacional, que varia anualmente. A aquisição de energia pela abordagem de *compra certificada* envolve fontes de energias renováveis e só devem ser declaradas dessa forma se acompanhada de documentos comprobatórios, como o Certificado de Energia Renovável (REC), que garantem os critérios de qualidade exigidos pela metodologia (PBGHG, 2018).

As emissões resultantes da combustão de biomassa devem ser relatadas no inventário de forma separada das emissões oriundas da combustão de combustíveis fósseis. Isso é justificado, pois o CO₂ liberado na combustão de biomassa é igual ao CO₂ retirado da atmosfera durante o processo de fotossíntese realizado por ela mesma, permitindo ser considerado “carbono neutro” e ser identificados como CO₂ biogênico. Vale ressaltar que as emissões de outros GEE oriundas da combustão de biomassa, como o CH₄ e N₂O, devem ser consideradas normalmente (PBGHG, 2008).

2. OBJETIVOS

A Contabilização das Emissões de Gases do Efeito Estufa é o primeiro passo para a contribuição no combate às mudanças climáticas quando é usado como um instrumento gerencial. As informações geradas a partir da elaboração do inventário podem cumprir os seguintes objetivos:

- Registro histórico de dados;
- Estabelecimento de metas;
- Avaliação de riscos e oportunidades;
- Vantagem competitiva;
- Melhoria nas relações com públicos de interesse (*Stakeholders*);
- Participação em programas de divulgação das emissões de GEE;
- Condições para participar nos mercados de carbono.
- Avaliação da contribuição dos diferentes setores produtivos nas emissões de GEE nacionais e globais

3. MÉTODOS

Este relatório foi elaborado respeitando os cinco princípios orientados pela metodologia de contabilização do Programa Brasileiro *GHG Protocol*, que são: relevância, integralidade, consistência, transparência e exatidão.

As emissões foram contabilizadas e convertidas a toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO₂e) por meio da utilização da ferramenta de acesso livre, disponível no site do Programa Brasileiro *GHG Protocol*. Os cálculos foram realizados na versão mais atualizada da ferramenta com os dados de fatores de emissão do ano de 2022.

3.1 Identificação das fontes de emissão

A identificação das fontes de emissão foi realizada por meio de duas visitas técnicas em duas das empresas integrantes da SINFERSI, sendo elas a Nexus Manganês S.A, unidade de Barbacena/MG, produtora de ferro manganês, e a Minasligas S.A, em Pirapora/MG, produtora de ferro silício e silício metálico, com o preenchimento de checklists conforme modelo do **Apêndice A**, assim como de entrevista e discussão com os responsáveis pelo atendimento dessas empresas. A partir da identificação das fontes e da coleta dos dados nessas duas visitas, foram solicitados das demais empresas integrantes os dados necessários para os cálculos de suas emissões de GEE. Como se trata de um inventário setorial, para a SINFERSI, os dados das empresas foram apresentados de forma compilada no relatório, preservando o sigilo de seus dados.

O levantamento dos dados, para permitir a contabilização das emissões relativas a cada uma das fontes identificadas, foi realizado pelas empresas integrantes da SINFERSI, sendo dada preferência aos dados primários, seguindo para dados secundários ou estimados, quando necessário.

3.2 Limites Organizacionais

Foi realizado o relato de emissões sob a abordagem de controle operacional, possuindo 100% de controle operacional e autoridade para introduzir e implementar políticas de funcionamento. Este inventário foi realizado para SINFERSI (**Tabela 2**), que possui 15 grupos empresariais integrantes, produtores de ferroligas e de silício metálico (**Figura 1**), dentre os quais 11 estão inclusos nesse inventário. Os grupos Cia de Ferro Ligas da Bahia Ferbasa, Fermar Indústria de Ferro Ligas Marabá Ltda, Inonibrás Inoculantes e Ferroligas Nipo Brasileiros S.A e Rima Industrial não participaram do inventário.

Contabilização de Emissões de Gases de Efeito Estufa

M SINFERSI

Tabela 2 - Integrantes da SINFERSI

Empresa integrante	Unidade	CNPJ
BOZEL BRASIL S.A	São João Del Rei/MG	08.090.788/0002-67
ELETROLIGAS LTDA	São Gotardo/MG	17.785.304/0001-04
CIA DE FERRO LIGAS DA BAHIA FERBASA*	Pojuca/BA	15.141.799/0001-03
FERLIG FERRO LIGA LTDA	Passa Tempo/MG	22.482.228/0001-06
FERMAR INDÚSTRIA DE FERRO LIGAS MARABÁ LTDA*	Marabá/PA	06.940.827/0001-61
GRANHA LIGAS LTDA	São João Del Rei /MG	03.489.301/0002-08
	Cons. Lafaiete/MG	05.833.746/0001-08
	Corumbá/MS	05.833.746/0006-04
INONIBRAS INOCULANTES E FERROLIGAS NIPO BRASILEIROS S.A.*	Pirapora/MG	18.891.036/0001-78
LIBRA LIGAS DO BRASIL S/A	Banabuiú/CE	10.500.221/0001-82
LIGAS DE ALUMÍNIO S/A - LIASA	Pirapora/MG	17.221.771/0002-92
MARINGA FERRO-LIGAS S.A	Itapeva/SP	61.082.988/0002-50
MINASLIGAS S.A	Pirapora/MG	16.933.590/0001-45
NEXUS MANGANÊS S.A	Barbacena/MG	44.161.185/0001-91
	Ouro Preto/MG	44.161.185/0004-34
NOVA ERA SILICON S/A	Nova Era/MG	19.795.665/0001-67
PALMYRA DO BRASIL INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE SILÍCIO METÁLICO E RECURSOS NATURAIS LTDA	Breu Branco /PA	04.872.297/0001-36
	Santos Dumont/MG	04.872.297/0016-12
RIMA INDUSTRIAL*	Várzea da Palma/MG	18.279.158/0011-80
	Capitão Enéas/MG	18.279.158/0010-07
	Bocaiúva/MG	18.279.158/0001-08

*Empresas não contempladas no inventário.

Fonte: autores (2024).

Contabilização de Emissões de Gases de Efeito Estufa

Figura 1 - Integrantes da SINFERSI



Fonte: SINFERSI (2024).

3.3 Limites Operacionais

Este relatório foi elaborado seguindo os critérios GHG de inventário, considerando os escopos 1 e 2. No escopo 1, foram contabilizadas as emissões de todas as categorias aplicáveis, para todos os grupos industriais contemplados neste inventário. No entanto, a categoria *Combustão Móvel* não teve todas as suas fontes incluídas. Também não foram contempladas todas as fontes de emissões biogênicas das categorias *Combustão Estacionária*, *Combustão Móvel* e *Processos Industriais*, além das remoções de CO₂ da categoria *Mudança de uso do solo*.

Como, estima-se que as emissões das fontes não relatadas sejam significativas para suas categorias (>5%), o inventário foi classificado como incompleto, conforme metodologia do *GHG Protocol*. O relato das remoções de CO₂ não é determinante para a classificação de um relatório com incompleto, conforme metodologia do *GHG Protocol*, mas é altamente recomendado visando a integralidade do inventário.

No Escopo 2, as emissões foram contabilizadas utilizando a abordagem de energia por *localização* e *compra certificada*, contemplando o modelo de aquisição de energia elétrica de cada grupo empresarial integrante da SINFERSI. Dessa maneira, a **Tabela 3** informa quais categorias foram contabilizadas no inventário e quais não são aplicáveis.

Tabela 3 - Categorias contabilizadas no inventário

ESCOPOS	INVENTÁRIO
Escopo 1	
Combustão estacionária	Parcialmente Contabilizado
Combustão móvel	Parcialmente Contabilizado
Fugitivas	Contabilizado
Processo Industrial	Parcialmente Contabilizado
Atividades de agricultura	Contabilizado
Mudança no uso do solo	Parcialmente Contabilizado
Resíduos	Não se aplica
Efluentes	Contabilizado
Escopo 2	
Energia elétrica	Contabilizado
Perdas T&D	Não se aplica
Compra de energia térmica	Não se aplica

Fonte: autores (2024).

3.4 Métodos, ferramentas e/ou fatores específicos

Neste item, apresentamos métodos, ferramentas e/ou fatores utilizadas na contabilização que sejam diferentes daquelas fornecidas pelo Programa Brasileiro *GHG Protocol*.

3.4.1 Combustão Estacionária e Combustão Móvel

Para o relato das emissões oriundas da queima de alcatrão, gás liquefeito de petróleo, lenha comercial, óleos lubrificantes e querosene de avião utilizados pelas empresas, quando necessário, foi feita a conversão unitária para lançamento das quantidades consumidas na ferramenta de cálculo do *GHG Protocol*, conforme dados de densidade média (**Figura 2**) disponibilizados no BEN (2022).

Para o cálculo de consumo do acetileno, quando necessário, foi utilizado o dado de densidade do gás fornecido pela empresa fabricante do produto em questão, conforme disponibilizado pelas Fichas de Informação de Segurança para Produtos Químicos (FISPQs) enviadas pelas empresas inventariantes.

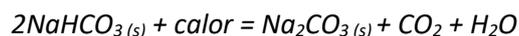
Figura 2-Densidade de combustíveis para conversão unitária

	DENSIDADE ¹ SPECIFIC MASS kg/m ³
Alcatrão	1.000
Carvão Vegetal	250
Coque de Carvão Mineral	600
Coque de Petróleo	1.040
Eletricidade ²	-
Energia Hidráulica ²	1.000
Gás Canalizado Rio de Janeiro ³	-
Gás Canalizado São Paulo ³	-
Gás de Coqueria ³	-
Gás de Refinaria	0,780
Gás Liquefeito de Petróleo	552
Gás Natural Seco ^{3,4}	0,740
Gás Natural Úmido ^{3,4}	0,740
Gasolina Automotiva	742
Gasolina de Aviação	726
Lenha Catada	300
Lenha Comercial	390
Lixívia	1.090
Lubrificantes	875
Querosene de Aviação	799
Querosene Iluminante	799
Solventes	741

Fonte: Tabela VII.9 do Balanço Energético Nacional - BEN (2022).

3.4.2 Emissões Fugitivas

Para as emissões associadas à utilização de extintores de bicarbonato de sódio, foram calculadas as emissões de CO₂ associadas à decomposição térmica do bicarbonato de sódio a partir de seus respectivos pesos moleculares e a partir da reação química:



3.4.3 Processos Industriais

A categoria *Processos Industriais*, do Escopo 1, agrupa todas as emissões de GEE que não sejam de combustão, resultantes de processos físicos ou químicos. Contudo, a ferramenta não calcula diretamente as emissões, as quais devem ser verificadas por outros métodos e relatadas na ferramenta.

Processo produtivo

Para o cálculo das emissões de CO₂ e CH₄ oriundas do processo de fabricação de ferroligas e silício metálico, foi realizado o balanço de massa de carbono (C) da produção, conforme equação abaixo:

$$C \text{ emitido} = (C \text{ matérias primas} + C \text{ insumos}) - (C \text{ produtos} + C \text{ subprodutos})$$

Para tanto, quando possível, foram utilizados os teores de carbono (%) das matérias primas, insumos (como a pasta eletródica, por exemplo), produtos e subprodutos (como escória e o pó de despoejamento, por exemplo) fornecidos pelas empresas inventariantes. Quando esses teores de carbono não estavam disponíveis, foram estimados a partir de teores de carbono de outras empresas do setor e/ou a partir daqueles disponibilizadas pelo IPCC (**Figura 3 e Figura 4**) e pelo GHG *Protocol* (**Figura 5**).

Para os fatores de emissão apresentados pelo IPCC para a pasta eletródica e para o eletrodo pré-cozido, os valores de emissão de CO₂ por tonelada de insumo foram convertidos à carbono, obtendo-se assim o teor de carbono por tonelada de insumo. O IPCC e o GHG *Protocol* não disponibilizam fatores de emissão de N₂O e CH₄ para as matérias primas fundentes e insumos utilizados no forno. Para os redutores utilizados nos fornos (carvão vegetal, lenha, coque metalúrgico e coque de petróleo), foram utilizados teores de carbono baseados nos fatores de emissão de CO₂, CH₄ e N₂O disponibilizados pelo GHG *Protocol*, conforme apresentado na **Figura 5**.

Contabilização de Emissões de Gases de Efeito Estufa

Figura 3 -Teores de carbono para matérias primas

TABLE 4.3 (UPDATED)	
TIER 2 MATERIAL-SPECIFIC CARBON CONTENTS FOR IRON AND STEEL PRODUCTION (TONNES C/TONNE)	
Process Materials	Carbon Content
Blast Furnace Gas	0.17
Charcoal*	0.91
BF injection coal	0.806
Steam coal (combustion coal)	0.671
Coal Tar	0.62
Coke	0.83
Coke Oven Gas	0.47
Coking Coal	0.73
Direct Reduced Iron (DRI, Gas-based)	0.020
Direct Reduced Iron (DRI,Coal-based)	0.020
Dolomite/Crude dolomite	0.13
EAF Carbon Electrodes ¹	1.00
EAF coal	0.89
Heavy oil	0.793
Light oil	0.709
Kerosene	0.858
LPG	0.814
Hot Briquetted Iron ²	0.02
Limestone	0.121
Natural Gas	0.73
Oxygen Steel Furnace Gas or Converter gas	0.35
Petroleum Coke ²	0.87
Purchased Pig Iron	0.047
Scrap Iron ²	0.04
Steel Scrap and Steel ²	0.01

Fonte: Tabela 4.3 do Capítulo 4 do Volume 3 - IPCC (2019).

Contabilização de Emissões de Gases de Efeito Estufa

Figura 4 - Fatores de emissão para pasta eletrodica e eletrodo pré-cozido

TABLE 4.6 CO ₂ EMISSION FACTORS FOR FERROALLOY PRODUCTION (tonnes CO ₂ /tonne reducing agent)	
Reducing agent (usage)	Emission Factor
Coal (for FeSi and Si-metal)	3.1
Coal (for other ferroalloys)	* (See below)
Coke (for FeMn and SiMn)	3.2-3.3
Coke (for Si and FeSi)	3.3-3.4
Coke (for other ferroalloys)	* (See below)
Prebaked electrodes	3.54
Electrode paste	3.4
Petroleum coke	3.5

*: Inventory compilers are encouraged to use producer-specific values based on average blend of coal and/or coke for each ferroalloy producer.
Source: Olsen (2004), Lindstad (2004)

Fonte: Tabela 4.6 do Capítulo 4 do Volume 3 - IPCC (2006).

Figura 5 - Fatores de emissão para os redutores utilizados nos fornos

Tipo de combustível	Unidade	Fatores de Emissão do setor:		
		CO ₂ (kg/un)	CH ₄ (kg/un)	N ₂ O (kg/un)
Combustíveis fósseis				
Coque de Carvão Mineral	Toneladas	3.093	0,28889	0,04333
Coque de Petróleo	m ³	3.563	0,10960	0,02192
Carvão Vegetal	Toneladas	2.886	5,40935	0,10819
Lenha Comercial	Toneladas	1.451	0,38937	0,05192

Fonte: Tabela 1 da ferramenta de cálculo v2023.0.3 (Fatores de emissão) – FGV/GHG (2023).

Além disso, pela metodologia *GHG Protocol*, há uma distinção entre a contabilização de emissões biogênicas de CO₂, que não geram impacto adicional na concentração desse gás na atmosfera e são oriundas da queima de combustíveis verdes, das emissões fósseis desses combustíveis verdes (CH₄ e N₂O). Por isso, para o carvão vegetal e para a lenha, utilizou-se os fatores de emissão de CO₂ (biogênico) e CH₄ (fóssil) por tonelada do biorredutor disponibilizados pelo *GHG Protocol* para definir as porcentagens de carbono biogênico e de carbono fóssil presentes no insumo.

Dessa forma, todo o carbono biogênico inserido nos fornos deu origem à CO₂ biogênico, que não foi contabilizado no montante total de emissões das empresas. Quando necessária a conversão unitária dos valores de redutor utilizado, foram consultados dados de densidade média (**Figura 2**) disponibilizados no BEN (2022).

Contabilização de Emissões de Gases de Efeito Estufa

Soldagem de arco elétrico

Foram utilizados alguns tipos de eletrodos revestidos no processo de soldagem de arco elétrico pelas empresas inventariadas. Para calcular as emissões de GEE geradas pelo consumo desses eletrodos, que possuem carbono na composição de seu revestimento, foram utilizados os teores de carbono disponibilizados pelas FISPQs de cada eletrodo. Além disso, considerou-se que todo o carbono do eletrodo foi convertido a CO₂ durante o processo de soldagem. A **Tabela 4** e a **Tabela 5** elucidam os cálculos feitos a partir de alguns exemplos de eletrodos revestidos utilizados pelas empresas inventariantes.

Tabela 4 -Teor de carbono de elementos das soldas

Elemento	MM (g/mol)	% Carbono
Carbonato de cálcio	100,09	12,0%
Carbonato de potássio	138,21	8,7%
Carbonato de estrôncio	147,62	8,1%
Calcário	*	12,1%
Celulose	162,14	44,4%

*teor retirado de IPCC (2019)

Fonte: os autores (2024).

Tabela 5 -Composição carbonácea dos eletrodos pela FISPQ

Eletrodo	% Carbono	% Carbonato de cálcio	% Carbonato de estrôncio	% Calcário	% Carbonato de potássio	% Celulose
Eletrodo OK 61.30	0,03%					
Eletrodo XYRON 22-23	10,00%		40,00%	5,00%		
Eletrodo OK 48.04	0,07%					
Eletrodo OK 46.00	0,06%					

Fonte: os autores (2024).

Atividade de carvoaria

Para o cálculo das emissões oriundas da fabricação de carvão vegetal, foram utilizados os fatores de emissão padrão de CO₂, CH₄ e N₂O para cada quilograma de carvão produzido, conforme disponibilizado pelo IPCC (2019) e evidenciado na **Figura 6**. Para o cálculo, considerou-se que os fornos não possuem queimadores de gases.

Figura 6 - Fatores de emissão para produção de carvão

TABLE 4.3.3 (NEW) DEFAULT EMISSION FACTORS FOR CHARCOAL AND BIOCHAR PRODUCTION (g GHG / kg of charcoal (or biochar) produced)		
Gas	Default Emission Factor	Uncertainty (% of value)
Charcoal production ^a		
CO ₂ ^c	1,570	-38% to +60%
CH ₄	40.3	-68% to +121%
N ₂ O	0.08	-75% to +163%
CO	220	-52% to +53%
NO _x	0.07	±57%
Biochar production ^b		
CO ₂ ^c	4,300	±40%
CH ₄	30	-100% to +200%
NO _x	0.4	±75%
CO	54	±65%
Notes:		
^a Source of data: calculated as a median of data from Bailis (2009); Taccini (2010); Chidumayo <i>et al.</i> (2013); Müller <i>et al.</i> (2011); Pennise <i>et al.</i> (2001); Smith <i>et al.</i> (1999); and Basu <i>et al.</i> (2013).		
^b For flame curtain biochar kilns. Source of data: Cornelissen <i>et al.</i> (2016)		
^c CO ₂ emissions are reported as memo items since carbon released from charcoal (or biochar) production is biogenic in origin		

Fonte: Tabela 4.3.3 do Capítulo 4 do Volume 2 - IPCC (2019).

Calcinação de amostras em mufla

Para o cálculo das emissões associadas à decomposição térmica de amostras dos redutores (carvão vegetal e coque) em mufla, foram utilizados os fatores de emissão de *Combustão Estacionária* disponibilizados pelo próprio *GHG Protocol* para esses materiais (**Figura 5**). Os valores de emissão foram calculados e, em seguida, inseridos na categoria de *Processos Industriais*.

3.4.4 Efluentes líquidos

O cálculo das emissões oriundas do tratamento de efluente líquidos, por meio da ferramenta *GHG Protocol*, considera a vazão gerada e destinada para os sistemas de tratamento. Algumas empresas integrantes não realizam controle de geração de efluentes, especialmente aquelas que realizam tratamento do efluente sanitário por meio de fossa séptica. Para esses casos, utilizou-se como

Contabilização de Emissões de Gases de Efeito Estufa

referência para cálculo de vazão de efluentes sanitários o disposto na ABNT NBR 7229/1993: Versão Corrigida 1997 (fábricas em geral), conforme ilustrado na **Tabela 6**.

Tabela 6 - Cálculo de vazão para efluentes sanitários

Fonte	Método / Ferramenta	Referência
Tratamento de efluentes	$V = [(NF * 70) * DT] + [(NR * 25) * DT] * 0,001$	NBR 7.229/1993

Fonte: os autores (2024).

Onde:

V = volume de efluente sanitário gerado no ano de 2022

NF = nº médio de funcionários em 2022

70 = volume de efluente gerado por pessoa, por dia, em litros (fábricas em geral)

DT = nº de dias trabalhados na empresa no ano de 2022

NR = nº de refeições produzidas, por dia, na empresa, em 2022

25 = volume de efluente gerado por refeição produzida, por dia, em litros

0,001 = conversão do volume de efluentes sanitários gerados por ano de *litro* para m^3

Para o cálculo das emissões, também são necessárias as concentrações dos parâmetros *Nitrogênio Total (NT)* e *Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)* ou *Demanda Química de oxigênio (DQO)* no efluente. Para aquelas empresas em que esses dados não foram disponibilizados, foi considerada a concentração média de 40mg/L de *NT* no efluente bruto, conforme valor padrão fornecido pelo IPCC (2019).

A concentração de *NT* no efluente tratado foi calculada a partir do valor de eficiência de remoção de *NT* em sistemas compostos por Fossa séptica + disposição em solo (68% de eficiência de remoção de *NT*) conforme apresentado pelo IPCC (2019) e demonstrado na **Figura 7**. Para sistemas compostos por fossa séptica, considerou-se também a emissão de 0,0045 KgN₂O-N/KgN (**Figura 8**), conforme apresentado pelo IPCC (2019).

Figura 7 -Eficiência de remoção de Nitrogênio Total (Fossa séptica + solo)

TABLE 6.10C (NEW) WASTEWATER TREATMENT NITROGEN REMOVAL FRACTIONS (N _{REM}) ACCORDING TO TREATMENT TYPE		
Treatment Type	Default	Range
No treatment	0 ¹⁻³	0 ¹⁻³
Primary (mechanical)	0.10 ¹⁻³	0.05 – 0.20 ¹⁻³
Secondary (biological)	0.40 ¹⁻³	0.35 – 0.55 ¹⁻³
Tertiary (advanced biological)	0.80 ¹⁻⁴	0.45 – 0.85 ¹⁻⁴
Septic tank	0.15 ¹⁻³	0.10 – 0.25 ¹⁻³
Septic tank + land dispersal field	0.68 ⁵	0.62 – 0.73 ⁵
Latrine	0.12 ⁶	0.07 – 0.21 ⁶

Sources:
¹ Kristensen *et al.* (2004)
² Van Drecht *et al.* (2009)
³ Based on expert judgment by Lead Authors of this section.
⁴ Ekama and Wentzel (2008)
⁵ Andreoli *et al.* (1979)
⁶ EMEP/EAA (2016)

Fonte: IPCC (2019).

Contabilização de Emissões de Gases de Efeito Estufa

Figura 8 -Emissão de N₂O por sistema de Fossa séptica + solo

TABLE 6.8A (NEW) DEFAULT EF VALUES FOR DOMESTIC AND INDUSTRIAL WASTEWATER			
Type of treatment and discharge pathway or system	Comments	EF ¹ (kg N ₂ O-N/kg N)	Range
Discharge from treated or untreated system, EF_{EFFLUENT}			
Freshwater, estuarine, and marine discharge (Tier 1)	Based on limited field data and on specific assumptions regarding the occurrence of nitrification and denitrification in rivers and in estuaries	0.005 ²	0.0005 – 0.075
Nutrient-impacted and/or hypoxic freshwater, estuarine, and marine environments (Tier 3, if needed)	Higher emissions are associated with nutrient-impacted/hypoxic water such as eutrophic lakes, estuaries and rivers, or locations where stagnant conditions occur. See section 6.3.1.2 for more information.	0.019 ²	0.0041 – 0.091
Discharge to soil	Emissions reported in Volume 4		
Wastewater treatment system, EF_{plants}			
Centralised, aerobic treatment plant	N ₂ O is variable and can be significant	0.016 ¹	0.00016 – 0.045
Anaerobic reactor	N ₂ O is not significant	0	0 – 0.001
Anaerobic lagoons	N ₂ O is not significant	0	0 – 0.001
Constructed wetlands	<i>See 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands (IPCC 2014)</i>		
Septic tank	N ₂ O is not significant	0	0 – 0.001
Septic tank + land dispersal field	N ₂ O is emitted by the soil dispersal system	0.0045	0 – 0.005
Latrine	N ₂ O is not significant	0	0 – 0.001
Sludge treatment system			
Anaerobic digester for sludge	N ₂ O is not significant	0	0
Composting	See Chapter 4 for emissions methodology	See Chapter 4, Table 4.1	
Incineration and open burning	See Chapter 5 for emissions methodology	See Chapter 5	
Sources: Based on scientific literature and expert judgment by Lead Authors of this section.			
¹ See Annex 6A.5.			
² See Annex 6A.6.			

Fonte: IPCC (2019).

Para sistemas de tratamentos de efluentes diferentes de fossa séptica, o cálculo da concentração de NT no efluente tratado foi feito conforme eficiências de remoção para diferentes sistemas (**Figura 9**) determinadas por Von Sperling (2014).

Contabilização de Emissões de Gases de Efeito Estufa

Figura 9 -Eficiência de remoção de NT, DBO e DQO para diferentes sistemas

Quadro 4.14. Concentrações médias efluentes e eficiências típicas de remoção dos principais poluentes de interesse nos esgotos domésticos

Sistema	Qualidade média do efluente								Eficiência média de remoção						
	DBO ₅ (mg/L)	DQO (mg/L)	SS (mg/L)	Amô- nia-N (mg/L)	N total (mg/L)	P total (mg/L)	Colif. (NMP/ 100mL)	Ovos helm. (ovo/L)	DBO ₅ (%)	DQO (%)	SS (%)	Amô- nia-N (%)	N total (%)	P total (%)	Colif. (unid. log)
Tratamento primário (tanques sépticos)	200-250	400-450	100-150	> 20	> 30	> 4	10 ⁷ -10 ⁸	> 1	30-35	25-35	55-65	< 30	< 30	< 35	< 1
Tratamento primário convencional	200-250	400-450	100-150	> 20	> 30	> 4	10 ⁷ -10 ⁸	> 1	30-35	25-35	55-65	< 30	< 30	< 35	< 1
Tratamento primário avançado (a)	60-150	150-250	30-90	> 20	> 30	< 2	10 ⁶ -10 ⁷	> 1	45-80	55-75	60-90	< 30	< 30	75-90	≈ 1
Lagoa facultativa	50-80	120-200	60-90	> 15	> 20	> 4	10 ⁶ -10 ⁷	< 1	75-85	65-80	70-80	< 50	< 60	< 35	1-2
Lagoa anaeróbia - lagoa facultativa	50-80	120-200	60-90	> 15	> 20	> 4	10 ⁶ -10 ⁷	< 1	75-85	65-80	70-80	< 50	< 60	< 35	1-2
Lagoa aerada facultativa	50-80	120-200	60-90	> 20	> 30	> 4	10 ⁶ -10 ⁷	> 1	75-85	65-80	70-80	< 30	< 30	< 35	1-2
Lagoa aerada mistura completa - lagoa sedimentação	50-80	120-200	40-60	> 20	> 30	> 4	10 ⁶ -10 ⁷	> 1	75-85	65-80	80-87	< 30	< 30	< 35	1-2
Lagoa anaeróbia + lagoa facult. + lagoa de maturação	40-70	100-180	50-80	10-15	15-20	< 4	10 ² -10 ⁴	< 1	80-85	70-83	73-83	50-65	50-65	> 50	3-5
Lagoa anaeróbia + lagoa facult. + lagoa de alta taxa	40-70	100-180	50-80	5-10	10-15	3-4	10 ⁴ -10 ⁵	> 1	80-85	70-83	73-83	65-85	75-90	50-60	3-4
Lagoa anaeróbia + lagoa facult. + remoção de algas	30-50	100-150	< 30	> 15	> 20	> 4	10 ⁴ -10 ⁵	> 1	85-90	75-83	> 90	< 50	< 60	< 35	3-4
Infiltração lenta	< 20	< 80	< 20	< 5	< 10	< 1	10 ² -10 ⁴	< 1	90-99	85-95	> 93	> 80	> 75	> 85	3-5
Infiltração rápida	< 20	< 80	< 20	< 10	< 15	< 4	10 ³ -10 ⁴	< 1	85-98	80-93	> 93	> 65	> 65	> 50	4-5
Escoamento superficial	30-70	100-150	20-60	10-20	> 15	> 4	10 ⁴ -10 ⁶	< 1	80-90	75-85	80-93	35-65	< 65	< 35	2-3
Sistemas alagados construídas (wetlands)	30-70	100-150	20-40	> 15	> 20	> 4	10 ⁴ -10 ⁵	< 1	80-90	75-85	87-93	< 50	< 60	< 35	3-4
Tanque séptico + filtro anaeróbio	40-80	100-200	30-60	> 15	> 20	> 4	10 ⁶ -10 ⁷	> 1	80-85	70-80	80-90	< 45	< 60	< 35	1-2
Tanque séptico + infiltração	< 20	< 80	< 20	< 10	< 15	< 4	10 ³ -10 ⁴	< 1	90-98	85-95	> 93	> 65	> 65	> 50	4-5
Reator UASB	70-100	180-270	60-100	> 15	> 20	> 4	10 ⁶ -10 ⁷	> 1	60-75	55-70	65-80	< 50	< 60	< 35	≈ 1
UASB + lodos ativados	20-50	60-150	20-40	5-15	> 20	> 4	10 ⁶ -10 ⁷	> 1	83-93	75-88	87-93	50-85	< 60	< 35	1-2
UASB + biofiltro aerado submerso	20-50	60-150	20-40	5-15	> 20	> 4	10 ⁶ -10 ⁷	> 1	83-93	75-88	87-93	50-85	< 60	< 35	1-2
UASB + filtro anaeróbio	40-80	100-200	30-60	> 15	> 20	> 4	10 ⁶ -10 ⁷	> 1	75-87	70-80	80-90	< 50	< 60	< 35	1-2
UASB + filtro biológico percolador de alta carga	20-60	70-180	20-40	> 15	> 20	> 4	10 ⁶ -10 ⁷	> 1	80-93	73-88	87-93	< 50	< 60	< 35	1-2
UASB + flotação por ar dissolvido	20-50	60-100	10-30	> 20	> 30	1-2	10 ⁶ -10 ⁷	> 1	83-93	83-90	90-97	< 30	< 30	75-88	1-2

Fonte: Von Sperling (2014).

Contabilização de Emissões de Gases de Efeito Estufa

Para a estimativa da concentração de *DBO* no efluente bruto, foi considerada, para os cálculos, a concentração típica desse parâmetro no efluente sanitário (**Figura 10**), conforme fornecido por Von Sperling (2014).

Figura 10 - Faixa típica de concentração de *DBO* no efluente sanitário bruto

Quadro 2.24. Características físico-químicas dos esgotos sanitários

Parâmetro	Contribuição per capita (g/hab.d)		Concentração		
	Faixa	Típico	Unidade	Faixa	Típico
Sólidos totais	120 – 220	180	mg/L	700 – 1350	1100
• <i>Em suspensão</i>	35 – 70	60	mg/L	200 – 450	350
• <i>Fixos</i>	7 – 14	10	mg/L	40 – 100	80
• <i>Voláteis</i>	25 – 60	50	mg/L	165 – 350	320
• <i>Dissolvidos</i>	85 – 150	120	mg/L	500 – 900	700
• <i>Fixos</i>	50 – 90	70	mg/L	300 – 550	400
• <i>Voláteis</i>	35 – 60	50	mg/L	200 – 350	300
• <i>Sedimentáveis</i>	-	-	mL/L	10 – 20	15
<i>Matéria orgânica</i>					
• <i>DBO₅</i>	40 – 60	50	mg/L	250 – 400	300
• <i>DQO</i>	80 – 120	100	mg/L	450 – 800	600

Fonte: Von Sperling (2014).

Para aquelas empresas que possuem sistema de fossa séptica, a concentração de *DBO* no efluente tratado foi calculada a partir do valor de eficiência de remoção desse parâmetro em sistemas compostos por tanque séptico (**Figura 11**) conforme disposto pelo IPCC (2019). Para demais sistemas de tratamento, o cálculo da concentração de *DBO* no efluente tratado foi feito conforme eficiências de remoção para diferentes sistemas (**Figura 9**) determinadas por Von Sperling (2014).

Figura 11 - Eficiência de remoção de *DBO* de efluentes

TABLE 6.6B (NEW)
WASTEWATER TREATMENT ORGANICS REMOVAL FRACTIONS (TOW_{REM}) ACCORDING TO TREATMENT TYPE

Treatment Type	Default	Range
Untreated systems	0	0 – 0.1
Primary (mechanical treatment plants)	0.40	0.25 – 0.50
Primary + Secondary (biological treatment plants)	0.85	0.80 – 0.90
Primary + Secondary + Tertiary (advanced biological treatment plants)	0.90	0.80 – 0.95
Septic tank/septic system	0.625	0.50 – 0.60
Latrines – Dry climate, groundwater table lower than latrine, small family (3–5 persons)	0.1	0.05 – 0.15
Latrines – Dry climate, groundwater table lower than latrine, communal (many users)	0.5	0.4 – 0.6
Latrines – Wet climate/flush water use, groundwater table higher than latrine	0.7	0.7 – 1.0

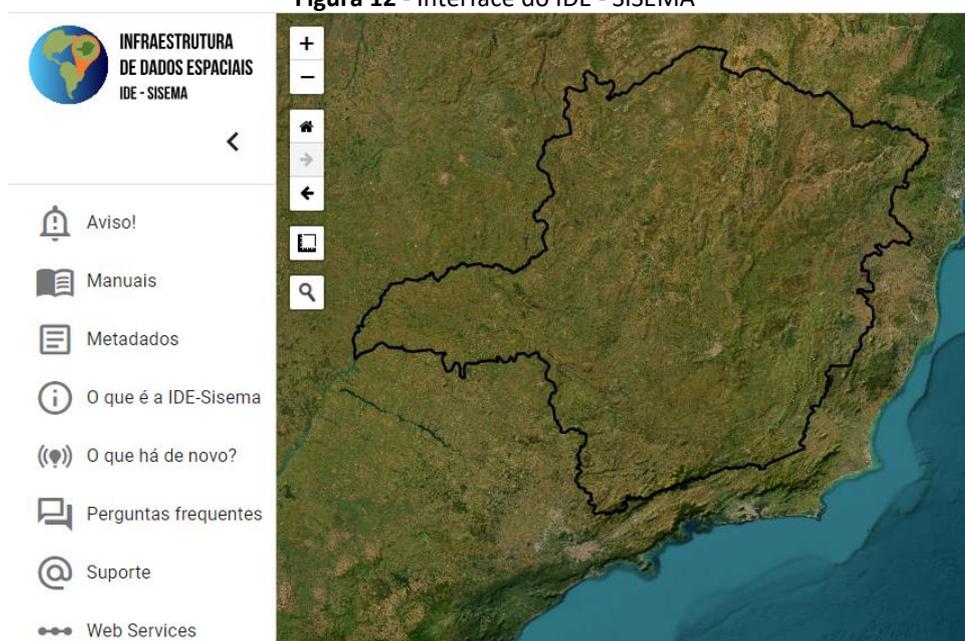
Fonte: IPCC (2019).

3.4.5 Mudanças no uso dos solos

Para o cálculo de remoção de CO₂ e estoque de carbono das áreas verdes nativas localizadas nos empreendimentos, são necessárias as informações de área (ha), bioma e fitofisionomia das áreas. Essas informações foram fornecidas pelas empresas inventariantes, mas, para os casos em que as informações sobre o bioma e a fitofisionomia das áreas não foram disponibilizadas, foram utilizados os dados fornecidos pela Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Minas Gerais (IDE-SISEMA), conforme **Figura 12**. Para empresas localizadas fora do estado de Minas Gerais, foram utilizados os dados fornecidos pelo Banco de Dados e Informações Ambientais do Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (BDiA - IBGE), conforme **Figura 13**.

Os fatores de remoção de CO₂ e estoque de carbono das áreas verdes nativas foram retirados das tabelas 24, 25, 26 e 29 do Quarto Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) de 2020 para cada bioma e fitofisionomia identificado.

Figura 12 - Interface do IDE - SISEMA



Fonte: IDE-SISEMA

Figura 13 - Interface do BDIA - IBGE



Fonte: BDIA – IBGE

Nas áreas nativas, a remoção de CO₂ foi considerada apenas em áreas que estão em fase de recuperação ou crescimento (vegetação secundária) há menos de 20 anos, em relação ao ano de 2022 (ano inventariado). Em áreas de vegetação nativa secundária, conforme IPCC (2006), o ganho ou perda de carbono do solo resultante da mudança do uso e cobertura da terra ocorre durante o período de 20 anos, período após o qual o estoque de carbono em áreas florestais é estabilizado e não ocorre mais remoção de CO₂.

Em áreas de vegetação primária, conforme relatado na nota técnica *Uso do GHG Protocol Agricultural Guidance e contabilização de emissões resultantes das práticas agrícolas e de mudanças no uso do solo – versão 4.0*, do *GHG Protocol*, as emissões ou remoções de gases de efeito estufa não são estimadas por não serem de natureza antrópica. Por esses motivos, as remoções dessas áreas não foram contabilizadas.

Para os cálculos de remoção e estoque de áreas plantadas com Eucalipto, são necessárias as informações de área (ha), idade do plantio e uso anterior da terra. Essas informações foram fornecidas pelas empresas inventariantes e os fatores de remoção de CO₂ e estoque de carbono dessas áreas foram retirados da nota técnica do WRI contendo *Ferramenta de cálculo do GHG Protocol para florestas plantadas no Brasil (Figura 14)*. Os fatores de remoção e estoque utilizados são apresentados na **Tabela 7**:

Contabilização de Emissões de Gases de Efeito Estufa

Tabela 7 -Equações e fatores específicos

Fonte	Método / Ferramenta	Referência
Remoção de CO ₂ (Vegetação nativa)	Área (ha) * FR * 44/12	MCTI (2020)
Estoque de CO ₂ (Vegetação nativa)	Área (ha) * FE _f	MCTI (2020)
Remoção de CO ₂ (Plantações de Eucalipto)	Área (ha) * FR _a	WRI (2020)
Estoque de CO ₂ (Plantações de Eucalipto)	Área (ha) * SFR _i * 12/44	WRI (2020)

Fonte: os autores (2024).

Onde:

FR = tonelada de carbono removido por hectare ao ano para tipo de bioma

FE_f = tonelada de carbono estocado por hectare para cada tipo de fitofisionomia

FE_a = tonelada de CO₂ removido por hectare para determinado ano após o plantio (cada ano possui um fator de remoção)

SFR_i = soma das toneladas de CO₂ e removidos por hectare ao longo dos anos após o plantio (idade da vegetação)

44/12 = fator de conversão de C para CO₂

12/44 = fator de conversão de CO₂ para C

Figura 14 -Fatores de remoção e estoque para plantação de Eucaliptos

Table A4. | Soil carbon Change rates (t CO₂ eq/ha/year) for major changes in soil use **Eucalyptus**

PREVIOUS SOIL USE (TCO ₂ EQ/HA/YEAR)						
AGE AFTER PLANTING	AGRICULTURE	PASTURE	DEGRADED PASTURE	NATIVE VEGETATION	DEGRADED LAND	REFERENCES
1	-0.48	-0.48	1.35	-0.91	-1.54	
2	-0.96	-0.96	0.87	-1.83	-1.54	
3	-1.44	-1.44	-1.44	-2.74	-1.54	
4	-1.92	-1.92	-1.92	-3.65	-1.54	
5	-2.39	-2.39	-2.39	-4.56	-1.54	
6	-2.87	-2.87	-2.87	-5.48	-1.54	
7	-3.35	-3.35	-3.35	-6.39	-1.54	
8	-2.87	-2.87	-2.87	-5.69	-1.54	
9	-2.39	-2.39	-2.39	-5.00	-1.54	
10	-1.92	-1.92	-1.92	-4.30	-1.54	
11	-1.44	-1.44	-1.44	-3.61	-1.54	Lima et al. 2008; Moreira 2010
12	-0.96	-0.96	-0.96	-2.91	-1.54	
13	-0.48	-0.48	-0.48	-2.21	-1.54	
14	0.00	0.00	0.00	-1.52	-1.54	
15	0.11	0.11	0.11	-1.45	-1.54	
16	0.23	0.23	0.23	-1.38	-1.54	
17	0.34	0.34	0.34	-1.30	-1.54	
18	0.46	0.46	0.46	-1.23	-1.54	
19	0.57	0.57	0.57	-1.16	-1.54	
20	0.69	0.69	0.69	-1.09	-1.54	
21	0.69	0.69	0.69	-1.09	-1.54	

Fonte: Tabela A4 da Ferramenta de cálculo do GHG *Protocol* para florestas plantadas no Brasil (WRI, 2020).

3.4.6 Atividades de agricultura

O cálculo das emissões oriundas da utilização de adubos nitrogenados foi feito a partir do fator de emissão (FE) apresentado pela Nota Técnica do *PBGHG Equação para cálculo das emissões de N₂O*

Contabilização de Emissões de Gases de Efeito Estufa

provenientes do uso de fertilizante nitrogenado sintético – versão 1.0 para cada quilograma de nitrogênio (N) aplicado ao solo, conforme equação e valores especificados na **Tabela 8**.

$$N_2O = \text{adubo (Kg)} * \%N * FE (0,0275)$$

Tabela 8 -Fator de emissão e concentrações de nitrogênio nos adubos utilizados

Adubo	% N	FE	Referência
NPK 20-05-20	20	0,0275	PBGHG (2016)
NPK 08-28-16	08		
NPK 06-30-06	06		
Sulfato de amônio	20		
Ureia	44		

Fonte: os autores (2024).

Para o cálculo das emissões associadas ao manejo de gado em áreas de pastagem e de calagem dessas áreas, foi utilizada a ferramenta de cálculo GHG *Protocol* Agropecuário do GHG *Protocol* Internacional em parceria com o *World Resources Institute* Brasil (WRI) (**Figura 15**), através da qual foi possível obter os dados de emissão de áreas de pastagem a partir do preenchimento da ferramenta com os dados relativos ao manejo dessas áreas. Os dados de emissão de CH₄ e N₂O foram coletados da ferramenta de cálculo do WRI e lançados na ferramenta de cálculos do GHG *Protocol* da FVG, de modo que os dados de emissão em CO₂e foram obtidos a partir dos valores de GWP do metano e do óxido nitroso disponibilizado por essa ferramenta.

As remoções associadas às áreas de pasto obtidas na ferramenta de cálculo do GHG *Protocol* Agropecuário do GHG *Protocol* Internacional não foram consideradas para este trabalho, uma vez que, segundo a nota técnica *Uso do GHG Protocol Agricultural Guidance e contabilização de emissões resultantes das práticas agrícolas e de mudanças no uso do solo – versão 4.0*, do *PBGHG Protocol*, remoções referentes à vegetação herbácea não devem ser contabilizadas, já que a biomassa associada à vegetação herbácea é relativamente efêmera e as reduções nestas reservas (seja pela colheita, queima dos resíduos ou da decomposição da matéria orgânica morta) são reequilibradas em um curto período de tempo, à medida que uma nova vegetação irá crescer.

Contabilização de Emissões de Gases de Efeito Estufa

Figura 15 -Trecho da ferramenta GHG/WRI

Menu principal								
Geral	Início	Introdução	Instruções	Síntese das emissões	Fatores de emissão	Fatores variáveis	Equipe	Metodologia
Atividade agrícola	Algodão	Arroz	Cana-de-açúcar	Felção	Milho	Pecuária e pastagem	Soja	Trigo
Energia	Compra de energia elétrica							Versão 3.10 10/2020
Opções	Salvar	Limpar formulário						

Formulário de emissões - Pecuária e pastagem

Tabela 1. Informações sobre a propriedade agrícola.

	Detalhes	Unidade	Valor
Estado	-	-	
Latitude	Converter unidade	graus	
Longitude	Converter unidade	graus	
Bioma	-	-	

Tabela 2. Sistema de cultivo.

	Detalhes	Unidade	Valor
Classe textural do solo	-	-	
Teor de argila no solo	-	-	
Uso anterior da terra	-	-	
Sistema de cultivo atual	-	-	
Tempo de adoção do sistema	-	-	
Área de manejo de solos orgânicos	-	hectare	
Área da pastagem	-	hectare	

Tabela 2.1. Diagnóstico de degradação da pastagem - Uso anterior

	Detalhes	Unidade	Valor
Infestação por cupins	-	-	
Infestação por formigas	-	-	
Infestação por plantas daninhas	-	-	
Presença de erosão	-	-	
Taxa de lotação	-	Animais/hectare	
Diagnóstico de uso anterior da pastagem	-	-	

Fonte: Ferramenta de cálculo GHG Protocol Agropecuário

3.5 Emissões Fugitivas (GEE não Quioto)

Além da categoria *Emissões Fugitivas* do Escopo 1, a ferramenta do Programa Brasileiro GHG Protocol fornece uma categoria a parte, não contabilizada no montante final de emissões, para o cálculo de emissões fugitivas de gases refrigerantes não regulados pelo Protocolo de Quioto. Nessa categoria, foram contabilizadas as emissões provenientes do uso dos gases refrigerantes HCFC-22 (R22) e HCFC-141b, com fatores de emissão de 1.760 ton CO₂e/ton R-22 e 782 ton CO₂e/ton HCFC-141b respectivamente. O uso desses gases foi responsável pela emissão de 13.251,30 tCO₂e.

Contabilização de Emissões de Gases de Efeito Estufa

4. EMISSÕES

A **Tabela 9** apresenta o resumo das emissões totais em tonelada de cada um dos gases estufa e em equivalente de dióxido de carbono. A emissão total das empresas inventariadas associadas ao SINFERSI, relativo ao ano 2022 foi de **529.212,67 tCO₂e**.

Tabela 9 -Resumo das emissões totais

GEE (t)	Emissões em toneladas métricas, por tipo de GEE		Emissões em toneladas métricas de CO ₂ equivalente (tCO ₂ e)	
	Escopo 1	Escopo 2	Escopo 1	Escopo 2
CO ₂	315.674,72	109.406,80	315.674,72	109.406,80
CH ₄	1.924,78	---	53.893,92	---
N ₂ O	45,20	---	11.978,27	---
HFCs	0,80	---	741,46	---
PFCs	---	---	---	---
SF ₆	---	---	---	---
NF ₃	---	---	---	---
		Total	419.805,87	109.406,80

Fonte: os autores (2024).

A **Tabela 10** apresenta as emissões de Escopo 1 (E1) desagregadas por categoria, que dizem respeito às emissões diretas das empresas inventariadas, integrantes da SINFERSI. Observa-se que a categoria *Processos Industriais* é aquela responsável pela maior taxa de emissões do E1 (93,86%) devido ao volume de emissões de CO₂ fóssil, CH₄ e N₂O geradas nos processos de produção das ferroligas e de silício metálico. Nessa categoria, além das emissões associadas diretamente à produção (98,65% da categoria), também estão inclusas, em menor proporção, as emissões oriundas do uso de argometa em aparelhos de raio-x, da decomposição de amostras em mufla nos laboratórios das unidades, de gases de proteção utilizados no processo de soldagem MIG-MAG e TIG e da geração de gases oriundos da queima dos eletrodos revestidos utilizados em soldas de arco elétrico (0,08% da categoria). Também estão inclusas as emissões oriundas da fabricação de carvão vegetal nas fazendas registradas sob o mesmo CNPJ de sua matriz, integrante da SINFERSI (1,27 % da categoria).

As demais categorias apresentaram valores de emissão menos significativos. *Combustão Estacionária* foi responsável por emissões oriundas do abastecimento de geradores, maçaricos, britadeiras e outros maquinários fixos localizados nas unidades. Também foi responsável por emissões oriundas de botijões de gás presentes em laboratórios e cozinhas e do uso ocasional de lenha e outros combustíveis fósseis, como óleo diesel, nos fornos de produção.

Contabilização de Emissões de Gases de Efeito Estufa

Na categoria *Combustão Móvel*, foram contabilizadas as emissões oriundas do consumo de combustível dos veículos fora de estrada e maquinários móveis utilizados nas unidades produtivas e fazendas, como empilhadeiras, pá carregadeiras e tratores. Também foram contabilizadas as emissões oriundas de ônibus, aeronave e caminhões de transporte próprios ou controlados pelas unidades e de veículos leves utilizados para fins administrativos próprios ou controlados por elas. Apenas 0,21% das emissões dessa categoria correspondem à emissões de veículos e máquinas móveis utilizados nas fazendas dos grupos.

Na categoria *Emissões Fugitivas*, foram contabilizadas as emissões oriundas da recarga de extintores de CO₂, de aparelhos de ar condicionado, de refrigeradores e de bebedouros das unidades com gases refrigerantes. Também foram contabilizadas as emissões oriundas da utilização de extintores BC (contém bicarbonato de sódio) nas unidades, no ano de 2022.

Na categoria *Efluentes Sanitários*, foram contabilizadas as emissões oriundas do tratamento do efluente sanitário gerado e tratado nas unidades. Para as empresas que destinam o seu efluente para tratamento por empresa terceirizada, não houve contabilização das emissões associadas. Não há geração e tratamento de efluente industrial no processo produtivo de ferroligas e de silício metálico que gere emissões de GEE.

Na categoria *Mudança de uso do solo*, foram contabilizadas as remoções de CO₂ oriundas de plantações de Eucalipto e de Cinturões Verdes relatados pelas unidades. Ressalta-se que, nessa categoria, não foram contempladas as remoções das empresas Palmyra do Brasil Indústria e Comércio de Silício Metálico e Recursos Naturais Ltda e Nova Era Silicon S/A, que não forneceram suas informações de remoção de CO₂ para inclusão no inventário.

Na categoria *Atividades de Agricultura*, foram contabilizadas as emissões oriundas da utilização de adubos nitrogenados e de calagem do solo e da fermentação entérica e do manejo de dejetos de animais nas áreas de pastagem das fazendas, quando aplicável.

E1 também foi responsável pela emissão de 1.043.137,69 toneladas de CO₂ biogênico. Nas categorias *Combustão Estacionária* e *Combustão Móvel*, essas emissões foram originárias da queima de lenha comercial, da fração de etanol presente na gasolina comercial e da fração de biodiesel presente no óleo diesel comercial, utilizados para abastecimento dos veículos e maquinários das unidades.

Na categoria *Processos Industriais*, as emissões biogênicas foram originárias da queima de carvão vegetal e lenha no processo produtivo das ferroligas e de silício metálico (99,99% das emissões biogênicas) e, em menor proporção, da decomposição térmica de amostras de carvão vegetal em

Contabilização de Emissões de Gases de Efeito Estufa

mufla, nos laboratórios, e da fabricação de carvão vegetal em carvoarias registradas sob o mesmo CNPJ das unidades da SINFERSI. Não foram contempladas as emissões biogênicas das empresas Palmyra do Brasil Indústria e Comércio de Silício Metálico e Recursos Naturais Ltda e Nova Era Silicon S/A, que relataram apenas suas emissões fósseis de E1.

Tabela 10 - Emissões de Escopo 1 desagregadas por categoria

Categoria	Emissões (tCO₂e)	Emissões de CO₂ biogênico (t)	Remoções de CO₂ biogênico (t)
Combustão estacionária	15.171,63	175,77	---
Combustão móvel	6.440,37	716,18	---
Emissões fugitivas	742,92	---	---
Processos industriais	358.819,60	1.042.245,75	---
Tratamento de efluentes	317,69	---	---
Mudança de uso do solo	---	---	3.004,63
Atividades de agricultura	796,13	---	---
Total	419.805,87	1.043.137,69	3.004,63

Fonte: os autores (2024).

*As emissões totais contemplam as emissões somadas de cada categoria e as emissões totais de E1 e E2 fornecidas pelas empresas Palmyra do Brasil Indústria e Comércio de Silício Metálico e Recursos Naturais Ltda e Nova Era Silicon S/A.

Para o Escopo 2 (E2), uma vez que algumas unidades adquiriram energia a partir da abordagem *compra certificada* e outras a partir da abordagem de *localização*, aplicada a empresas que adquirem energia através de compra de energia não certificada ou através do Sistema Interligado Nacional (SIN), foi aplicada a contabilização dupla, permitindo a comparação das emissões evitadas por meio da compra de energia limpa por algumas das unidades.

Dessa forma, para a abordagem de *compra certificada*, contabilizou-se a energia comprada, de fonte renovável, e calculou-se as emissões relativas ao mesmo consumo de energia, se tivesse sido adquirida integralmente por abordagem de *localização*, pelo SIN (175.242,27 tCO₂e). Os resultados mostraram que, com a parcela de energia limpa adquirida por algumas unidades, foi evitada a emissão de 65.835,47 tCO₂e. Foi relatada a emissão de 109.406,80 tCO₂e, que poderiam ter sido eliminadas com a aquisição integral de energia por meio da abordagem de *compra certificada*, conforme evidenciado na **Tabela 11**.

Contabilização de Emissões de Gases de Efeito Estufa

Tabela 11 - Emissões de Escopo 2

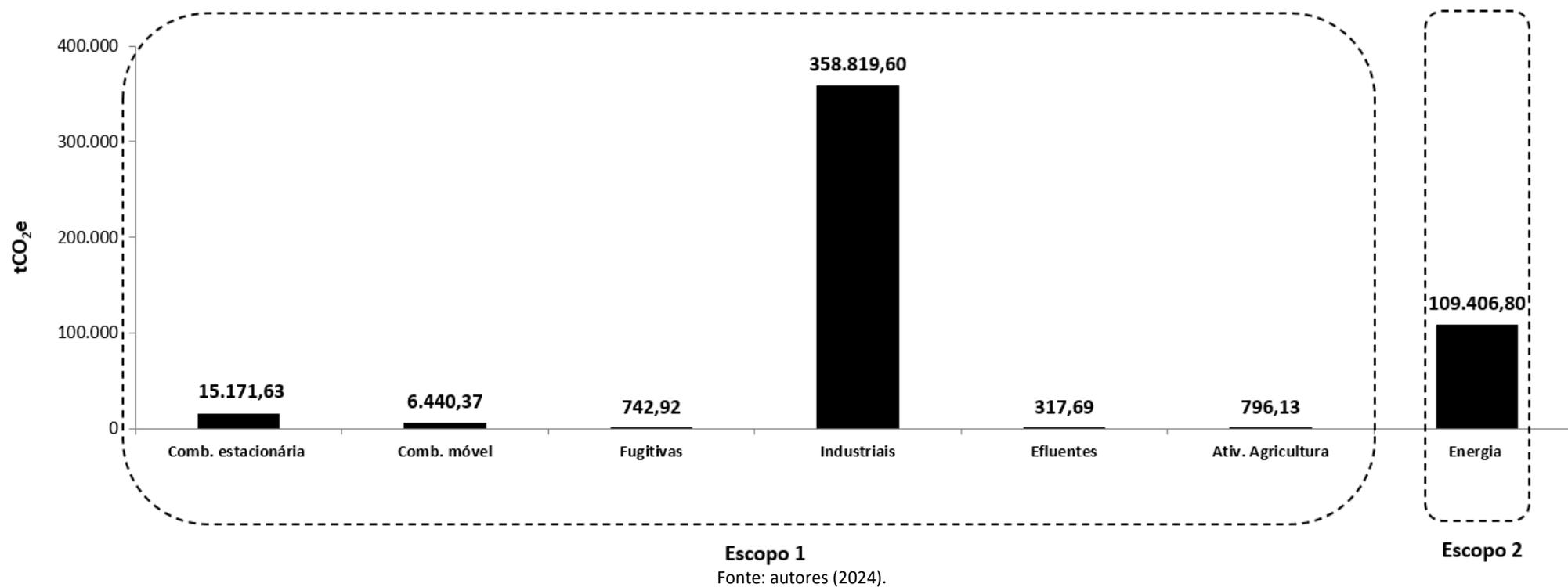
Abordagem	Emissões (tCO ₂ e)
Compra certificada	109.406,80
Localização	175.242,27

Fonte: os autores (2024).

Todas as emissões ocorreram em território brasileiro, respeitando o limite geográfico e sendo relatadas em sua totalidade. A **Figura 16** apresenta, de forma ilustrativa, as emissões desagregadas por escopo e por categoria para as unidades da SINFERSI.

Contabilização de Emissões de Gases de Efeito Estufa

Figura 16 - Emissões desagregadas por escopo e por categoria



5. OUTROS ELEMENTOS

Os itens abaixo detalham outros elementos relevantes à gestão das emissões.

5.1 Indicadores de emissão de GEE para as atividades da organização

Como este inventário contabiliza as emissões de 11 empresas, e não se aplica a utilização de média para estimativa de emissões por empresa integrante, a melhor forma de se divulgar os resultados obtidos será por meio do indicador de emissões por produto. Este cálculo ficou representativo para o setor, pois considerou as variações entre as empresas associadas. Além disso, ao realizarem seus inventários individuais, as empresas integrantes da SINFERSI poderão comparar seus indicadores com os indicadores do grupo.

Para melhor visualização e gestão, foram utilizadas como indicadores as emissões totais (E1 + E2) de 2022 da SINFERSI, em toneladas, para cada produto produzido. Para tanto, para cada tipo de produto produzido, considerou-se apenas as emissões proporcionais de cada empresa associadas à sua fabricação. A **Tabela 12** mostra os indicadores selecionados para gestão das emissões da empresa. Ressalta-se que, quanto menor o valor do indicador, melhor a gestão das emissões.

Tabela 12 - Indicadores de desempenho

Produto	Emissões de tCO ₂ e (E1 + E2)
FeMn (FeSiMn + FeMnAC + FeMnMc)	1,18
FeSiMn	1,17
FeMnAC	1,16
FeMnMc	1,51
FeSi	0,68
CaSi	1,15
SiMe	0,72
Produção total	0,96

Fonte: os autores (2024).

5.2 Desempenho da SINFERSI

Após a realização deste primeiro inventário de emissões de GEE, será possível observar as emissões da SINFERSI de maneira estratificada por categoria, permitindo a comparação das categorias de maior impacto na atividade do setor de fabricação de ferroligas e de silício metálico.

Uma vez que se trata de um inventário setorial, foi possível estimar, através deste trabalho, a contribuição do setor de ferro silício e silício metálico nas emissões de produção de metais nacionais

no ano de 2022, conforme valores disponibilizados pelo Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), uma iniciativa do Observatório do Clima em que são relatadas estimativas anuais das emissões de gases de efeito estufa no Brasil.

Na plataforma do SEEG, as estimativas de emissões e remoções podem ser filtradas por estado da federação, categorias de emissão, setores produtivos, dentre outras opções. No SEEG, o setor de *produção de metais* engloba produção de ferro-gusa e aço, ferroligas, alumínio, magnésio e outros metais não-ferrosos. No ano de 2022, a categoria de *processos industriais* do setor de *produção de metais* nacional foi responsável pela emissão de 36.852.264 tCO₂e. Uma vez que, nessa categoria, a SINFERSI, em 2022, foi responsável pela emissão de aproximadamente 358.819,60 tCO₂e, estima-se que a SINFERSI foi responsável por aproximadamente 0,97% das emissões nacionais associadas à produção de metais.

5.3 Estratégias e projetos para a gestão de emissões de GEE

Este é o 1º Relatório de Emissões de Gases de Efeito Estufa da SINFERSI. Ele poderá ser usado como ferramenta para a gestão das emissões do setor, podendo ser utilizado como base de comparação para os relatórios dos próximos anos, uma vez que já foi possível identificar, em relação as emissões do ano de 2022, os pontos críticos e vulnerabilidades da produção.

Os indicadores apresentados na **Tabela 12** mostram o volume das emissões (toneladas) para cada tonelada de produto fabricado no ano de 2022. Esses indicadores serão melhores avaliados ao longo do tempo, refletindo melhorias na gestão das emissões ou necessidades de melhorias a cada ano.

5.4 Ações internas para melhoria da qualidade do inventário de GEE

Dentre as ações que poderão ser tomadas, com o intuito de promover uma melhor gestão das informações necessárias para realização dos cálculos anuais de emissão e redução das incertezas das informações, há a possibilidade de desenvolvimento de um sistema padronizado de alimentação e coleta de dados para o setor, a partir das informações utilizadas para a elaboração deste primeiro inventário. A partir desse sistema, será possível visualizar e extrair os dados necessários para o cálculo das emissões, facilitando o processo de coleta de dados para empresas que possuem menor maturidade de gestão de suas informações relativas à GEE.

Esse controle possibilitará uma gestão mais eficiente das emissões e de suas respectivas fontes, o que possibilitará que ações mais assertivas sejam tomadas para redução de emissões e dados mais confiáveis de emissão sejam gerados.

5.5 Incertezas e exclusões de fontes de dados

A contabilização foi realizada em conformidade com os cinco princípios de contabilização de emissões requeridos pelo GHG *Protocol* e ABNT NBR ISO 14064-1:2022. No entanto, sabe-se que todo inventário traz um grau de incerteza associado e que elas fazem parte do processo e são reduzidas à medida que os dados são levantados e geridos de forma mais eficiente ao longo dos anos.

O inventário de GEE da SINFERSI, referente a 2022, foi elaborado relatando as fontes obrigatórias (Escopo 1 e Escopo 2) aplicáveis as atividades em todas as categorias, com exceção das categorias de *Combustão Estacionária*, *Combustão Móvel* e *Mudança de uso do solo*, que foram relatadas de forma incompleta. Além disso, o inventário apresentou as maiores incertezas relacionadas à categoria *Processos Industriais (PI)*, que também foi classificada como incompleta.

Em *PI*, os cálculos das emissões foram feitos por meio da realização de balanço de massa de carbono, conforme descrito no **Item 3.4.3**. As incertezas nessa categoria se devem à alguns fatores, dentre os quais está a indisponibilidade do teor de carbono de algumas matérias primas, insumos e subprodutos tanto por parte das empresas inventariantes quanto por parte da literatura científica disponível, o que exigiu que alguns teores de carbono de materiais fossem estimados a partir de teores de materiais similares.

Ainda em *PI*, algumas empresas não conseguiram disponibilizar todas as fichas dos eletrodos revestidos utilizados em seus processos de soldagem de arco elétrico, de modo que não foi possível calcular as emissões associadas a alguns eletrodos conforme metodologia de cálculo explicitada no **Item 3.4.3**. No entanto, as emissões associadas à eletrodos revestidos são insignificantes (< 5% das emissões da categoria), de modo que essa incerteza não comprometeu a contabilização das emissões da categoria.

Para o cálculo de emissão de CH₄, o IPCC (2006) disponibiliza metodologia de cálculo contendo fatores padrão de emissão do gás para alguns produtos do setor produtivo de ferro silício e silício metálico. No entanto, por ser uma metodologia pouco precisa (*Tier 1*), por não apresentar fatores de

Contabilização de Emissões de Gases de Efeito Estufa

emissão para todos os produtos fabricados pelos grupos industriais da SINFERSI e por não ser compatível com a metodologia aplicada para o cálculo de emissões de CO₂ e por balanço de massa de carbono, ela não foi utilizada. Por isso, apenas foi possível estimar as emissões de CH₄ geradas a partir da combustão dos redutores utilizados nos fornos (carvão vegetal, lenha, coque metalúrgico e coque de petróleo), utilizando-se os fatores de emissão de CH₄ disponibilizados pelo *GHG Protocol*, de maneira superestimada e conservadora, por não considerar possíveis conversões desse GEE em CO₂ sob as condições dos fornos.

Conforme IPCC (2006), os erros associados às estimativas ou medições das emissões de N₂O da indústria de ferroligas são muito grandes e, portanto, não é fornecida uma metodologia para tal. Os empreendimentos também não realizam a medição desses gases nas chaminés, embora suas quantidades sejam bem inferiores às quantidades emitidas dos demais gases. Dessa maneira as emissões do óxido nitroso oriundas da queima de carvão vegetal, lenha, coque metalúrgico e coque de petróleo, os redutores utilizados nos fornos, foram calculadas a partir de fatores de emissão disponibilizados pelo *GHG Protocol*, de maneira superestimada e conservadora, por não considerar possíveis conversões desse GEE em nitrogênio (N₂) sob as condições dos fornos.

A categoria *Combustão Móvel* apresentou incertezas associadas ao fato de que algumas das empresas inventariantes não disponibilizaram informações do consumo de combustível de seus veículos segregadas por tipo e ano do veículo, de modo que essas informações foram desconsideradas para a realização dos cálculos, reduzindo a precisão dos resultados de emissão encontrados para esses veículos.

Uma das empresas inventariantes também não realizou, no ano de 2022, o controle de abastecimento de seus veículos leves utilizados em uma de suas unidades, de modo que as emissões associadas ao uso desses veículos não foram contabilizadas, uma vez que também não foi possível estimar a quilometragem percorrida por eles no ano inventariado. Apesar de ser uma frota pequena, como não é possível saber com certeza se as emissões associadas à esses veículos corresponderiam ou não à mais de 5% das emissões da categoria, não é possível saber se são significantes ou não, de modo que se considerou, dessa forma, a contabilização das emissões na categoria *Combustão Móvel* como incompleta.

Além disso, como as empresas Palmyra do Brasil Indústria e Comércio de Silício Metálico e Recursos Naturais Ltda e Nova Era Silicon S/A não relataram suas emissões biogênicas, não foi possível estimar

Contabilização de Emissões de Gases de Efeito Estufa

a contribuição dessas emissões nas categorias de *Combustão Estacionária*, *Combustão Móvel* e *Processos Industriais* (superior ou inferior a 5%) que, por isso, foram classificadas como categorias incompletas.

A categoria *Efluentes Sanitários* da SINFERSI também apresentou incertezas devido ao fato de que, conforme pontuado no **Item 3.4.4**, algumas empresas não possuem dados sobre a vazão de entrada e saída de efluente de seus sistemas, além de informações de concentração de *DBO*, *DQO* e *Nitrogênio total* de seus efluentes, necessárias para os cálculos das emissões associadas aos tratamentos realizados. Para esses casos, os volumes de efluentes destinados foram estimados a partir de valores fornecidos pela *NBR 7229/1993 Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos*. As concentrações de *DBO*, *DQO* e *Nitrogênio total* nas entradas dos sistemas foram estimadas a partir dos valores padrão disponibilizados por Von Sperling (2014) e pelo IPCC (2019) e suas concentrações no efluente tratado foram estimadas a partir de dados de eficiência de tratamento de efluentes também disponibilizados pelo IPCC (2019) e por Von Sperling (2014).

Na categoria *Mudança de uso do solo*, conforme descrito no **Item 3.4.5**, para os cálculos de remoção e estoque de áreas plantadas com Eucalipto, são necessárias as informações de área (ha), idade do plantio e uso anterior da terra. Algumas unidades não souberam informar o uso anterior de suas áreas cobertas com Eucalipto. Nesses casos, foram selecionados os fatores de remoção e estoque para o uso anterior *vegetação nativa*, dentre as opções oferecidas pela tabela A4 da Ferramenta de cálculo do GHG *Protocol* para florestas plantadas no Brasil, evidenciada na **Figura 14**.

Além disso, como as empresas Palmyra do Brasil Indústria e Comércio de Silício Metálico e Recursos Naturais Ltda e Nova Era Silicon S/A não relataram suas remoções de CO₂, não foi possível estimar a contribuição dessas remoções na categoria de *Mudança de uso do solo*.

5.6 Estoque e remoção de carbono

As unidades integrantes da SINFERSI, em sua maioria, estão localizadas no estado de Minas Gerais, mas, dentre as empresas integrantes que foram inventariadas, há também a unidade de Corumbá da Granha Ligas Ltda, no estado de Mato Grosso do Sul, a Libra Ligas do Brasil S/A, localizada em Banabuiú, no Ceará, a Maringá Ferro-Ligas S.A, localizada em Itapeva, no estado de São Paulo e a unidade da Palmyra do Brasil Ltda localizada em Breu Branco, no estado do Pará.

Diante dessa abrangência geográfica, as diferentes unidades integrantes da SINFERSI se distribuem ao longo de áreas de bioma Cerrado, Mata Atlântica e Caatinga e ao longo de diversas

Contabilização de Emissões de Gases de Efeito Estufa

fitofisionomias, que foram identificadas através do IDE-SISEMA, o BDIA-IBGE e informações e documentos enviados pelas próprias organizações inventariantes, conforme pontuado no **Item 3.4.5**.

As áreas de vegetação nativa das unidades foram responsáveis por um estoque de 53.846,09 toneladas de carbono no solo, no ano de 2022 e as áreas plantadas com Eucalipto foram responsáveis por um estoque de 9.621,68 toneladas de carbono, resultando em um estoque total de 63.467,77 toneladas de carbono. Os trechos de vegetação em crescimento há menos de 20 anos nas unidades, somados, foram responsáveis pela remoção de 3.004,63 tCO₂e no ano de 2022. O estoque de carbono e a remoção de CO₂e dessas áreas foram calculados utilizando-se os fatores e métodos evidenciados na **Tabela 7**.

6. Compensações e reduções

As emissões podem ser compensadas ou reduzidas, conforme detalhamento.

6.1 Compensação de emissão

A SINFERSI não relatou a aquisição de crédito de carbono ou de outros projetos para compensação de suas emissões. Entretanto, as áreas de cobertura vegetal de suas unidades removeram ou neutralizaram 3.004,63 tCO₂e das emissões totais de 529.212,67 tCO₂e no ano de 2022, o que corresponde a 0,57% das emissões totais.

6.2 Redução de emissão

Conforme mencionado no **Item 4**, as emissões provenientes dos *Processos Industriais* das unidades da SINFERSI são responsáveis pela maior parte de suas emissões diretas. As emissões de Escopo 2, associadas ao consumo de energia elétrica não rastreada, corresponderam à 22,25% das emissões totais da SINFERSI no ano de 2022.

No processo produtivo, o setor já avançou, com a utilização de carvão vegetal e lenha nos fornos. Mas várias unidades da SINFERSI ainda utilizam coque de petróleo e coque metalúrgico, combustíveis fósseis, como redutores em sua produção.

Nas emissões associadas ao consumo de eletricidade, o cenário brasileiro é mais sustentável que outras partes do mundo, uma vez que possui matriz predominantemente hidroelétrica, em contraponto à outros países, em que predomina a termelétrica a base de combustíveis fósseis. No entanto, atualmente, várias unidades integrantes ainda adquirem energia elétrica a partir da abordagem de *localização*, aplicada a empresas que adquirem energia a partir do Sistema Interligado Nacional (SIN) ou a partir de compra de energia não certificada. Com adesão integral das unidades à *compra certificada* ou autoprodução de energia verde, a SINFERSI tem o potencial de eliminar suas emissões de Escopo 2.

Diante disso, foram apresentados 4 cenários distintos para a SINFERSI:

- Cenário fóssil: emissões totais e indicadores da SINFERSI de 2022 considerando um cenário em que todo o carvão vegetal utilizado em 2022 fosse substituído por coque metalúrgico e coque de petróleo, levando em conta os teores de carbono dos redutores e as proporções de

Contabilização de Emissões de Gases de Efeito Estufa

cada combustível fóssil utilizado pelo grupo. Nesse cenário, também foi considerado que toda a energia consumida pelo grupo seria gerada por termelétricas a base de coque de carvão mineral. Para o cálculo das emissões associadas ao consumo de energia, foram utilizados os fatores de emissão disponibilizados pelo PBGHG *Protocol* (**Figura 17**).

- Cenário atual: emissões totais e indicadores da SINFERSI de 2022 considerando a realidade atual, em que parte das empresas utiliza carvão vegetal e adquire energia limpa rastreada, enquanto outra parte não.
- Cenário descarbonização: emissões totais e indicadores da SINFERSI de 2022 considerando um cenário em que 100% dos redutores fósseis utilizados atualmente seriam substituídos por carvão vegetal, levando em conta os teores de carbono dos redutores. Nesse cenário, também foi considerado que 100% da energia adquirida seria limpa de fonte rastreada (0 tonCO₂e).
- Cenário cal virgem: emissões totais e indicadores da SINFERSI de 2022 considerando todas as alterações feitas no *Cenário descarbonização* somadas à substituição do calcário e da dolomita por cal virgem, levando em conta os teores de carbono dos insumos.

As emissões totais da SINFERSI para cada cenário são apresentadas na **Tabela 13** e os indicadores são apresentados na **Tabela 14**. Como as empresas Palmyra do Brasil Indústria e Comércio de Silício Metálico e Recursos Naturais Ltda e Nova Era Silicon S/A não disponibilizaram seus dados para cálculos de emissões, suas emissões de E1 permaneceram inalteradas em todos os cenários e suas emissões de E2 permaneceram inalteradas no *Cenário fóssil* e foram zeradas nos demais cenários.

Nota-se, conforme **Tabela 13**, que o *Cenário atual*, considerando a realidade brasileira, de geração de energia a partir, principalmente, de matriz hidroelétrica, e de uso parcial de carvão vegetal como redutor, gerou 79,54% menos emissões que o *Cenário fóssil*, muito comum na realidade produtiva em outras regiões do mundo. Além disso, caso a SINFERSI implemente a utilização de 100% de biorredutores na produção, compre 100% de energia limpa rastreada e substitua o calcário e a dolomita utilizados na produção por cal virgem (*Cenário cal virgem*), poderá alcançar emissões 62,32% menores em relação ao *Cenário atual*.

Contabilização de Emissões de Gases de Efeito Estufa

Além disso, considerando todo o volume de lenha e carvão vegetal que a SINFERSI utiliza no *Cenário atual* e que ela utilizaria no *Cenário descarbonização* e no *Cenário cal virgem*, estimou-se o tamanho das áreas (ha) plantadas com Eucalipto pelos integrantes do grupo que, convertidas em lenha e carvão para a SINFERSI, supririam a necessidade de lenha e carvão vegetal do ano de 2022 nesses três cenários. Com isso, calculou-se também o volume de CO₂ removido da atmosfera ao ano por essas áreas, ao longo de 7 anos, durante o ciclo de crescimento das árvores, a partir dos fatores de remoção apresentados para o uso anterior *terra degradada* (cenário mais próximo da realidade) na **Figura 14**.

A produtividade média nacional de plantações de Eucalipto é de 41m³/ha/ano (EMBRAPA, 2014). Além disso, os métodos de carbonização na produção de carvão vegetal, atualmente, apresentam uma eficiência média de 55% de aproveitamento da madeira em forma de carvão vegetal (EMBRAPA, 2021). Dessa forma, uma área equivalente a 52.839,81 ha de Eucalipto é capaz de suprir as necessidades de consumo de carvão vegetal e lenha do setor no *Cenário cal virgem* referente ao ano de 2022. Essa área, anualmente, é capaz de remover 81.373,30 tonCO₂ da atmosfera, ao longo dos 7 anos do ciclo de corte. Como as emissões de 2022 da SINFERSI no *Cenário cal virgem* são de 199.428,23 tonCO₂e, as remoções dessa área equivalem a 40,80% das emissões totais.

Em relação ao *Cenário atual* de 2022, uma área equivalente a 43.728,63 ha de Eucalipto é capaz de suprir as necessidades de consumo de carvão vegetal e lenha do setor. Essa área, anualmente, é capaz de remover 67.342,08 tonCO₂ da atmosfera, ao longo dos 7 anos do ciclo de corte. Como as emissões de 2022 da SINFERSI no *Cenário atual* são de 529.212,67 tonCO₂e, as remoções dessa área correspondem a 15,38% das emissões totais.

Tabela 13- Emissões da SINFERSI em cada cenário

CENÁRIO	Escopo 1 (tonCO ₂ e)	Escopo 2 (tonCO ₂ e)	Total (tonCO ₂ e)
Cenário fóssil	1.450.430,67	1.136.690,13	2.587.120,80
Cenário atual	419.805,86	109.406,81	529.212,67
Cenário descarbonização	224.212,59	0,00	224.212,59
Cenário cal virgem	199.428,23	0,00	199.428,23

Fonte: os autores (2024).

Contabilização de Emissões de Gases de Efeito Estufa

Figura 17-Fator de emissão para coque de carvão mineral

Combustível	Fatores de Emissão convertidos t / MWh			
	Setor - Energia			
	t CO ₂ /MWh	t CH ₄ / MWh	t N ₂ O / TJ	t CO ₂ biogênico / MWh
Alcatrão	0,29	0,000004	0,000005	-
Asfaltos	0,29	0,000011	0,000002	-
Carvão Metalúrgico Importado	0,34	0,000004	0,000005	-
Carvão Metalúrgico Nacional	0,34	0,000004	0,000005	-
Carvão Vapor 3100 kcal / kg	0,36	0,000004	0,000005	-
Carvão Vapor 3300 kcal / kg	0,36	0,000004	0,000005	-
Carvão Vapor 3700 kcal / kg	0,36	0,000004	0,000005	-
Carvão Vapor 4200 kcal / kg	0,35	0,000004	0,000005	-
Carvão Vapor 4500 kcal / kg	0,35	0,000004	0,000005	-
Carvão Vapor 4700 kcal / kg	0,34	0,000004	0,000005	-
Carvão Vapor 5200 kcal / kg	0,35	0,000004	0,000005	-
Carvão Vapor 5900 kcal / kg	0,34	0,000004	0,000005	-
Carvão Vapor 6000 kcal / kg	0,34	0,000004	0,000005	-
Carvão Vapor sem Especificação	0,36	0,000004	0,000005	-
Coque de Carvão Mineral	0,39	0,000004	0,000005	-
Coque de Petróleo	0,35	0,000011	0,000002	-

Fonte: Tabela 19 da ferramenta de cálculo v2023.0.3 (Fatores de emissão) – FGV/GHG (2023).

Tabela 14- Indicadores de emissão para cada cenário

Produto	Emissões de tonCO ₂ e (E1 + E2)			
	Cenário fóssil	Cenário atual	Cenário descarbonização	Cenário cal virgem
FeMn (FeSiMn + FeMnAC + FeMnMc)	3,01	1,18	0,37	0,30
FeSiMn	2,98	1,17	0,37	0,31
FeMnAC	3,16	1,16	0,38	0,27
FeMnMc	2,99	1,51	0,30	0,28
FeSi	7,11	0,68	0,47	0,47
CaSi	7,61	1,15	0,72	0,46
SiMe	5,78	0,72	0,39	0,39
Produção total	4,68	0,96	0,41	0,36

Fonte: os autores (2024).

6.2.1 Tecnologias Alternativas para Desenvolvimento e Inovação

Além do explicitado no **Item 6.2.1**, aplicações mais tecnológicas podem ser pensadas, tais como a utilização de H₂V (hidrogênio verde) como matriz energética ou alternativas compensatórias de captura de CO₂. Os itens abaixo detalham alguns projetos de descarbonização que podem ser aplicados para a redução das emissões.

Contabilização de Emissões de Gases de Efeito Estufa

a. Hidrogênio

Projetos voltados para a utilização do hidrogênio em processos industriais, sendo o foco principal o uso hidrogênio em processos térmicos com a substituição parcial ou total dos gases ou combustíveis usados atualmente no processo pelo hidrogênio. Esses projetos atuam na avaliação do potencial de uso do hidrogênio no processo e propõe formas da viabilização técnica do seu uso. A depender da solução encontrada, é possível desenvolvê-la visando sua implementação no processo industrial.

Alguns exemplos de projetos:

- Substituição de gás natural pelo hidrogênio em processos térmicos;
- Usos de hidrogênio em células combustível.

b. Combustíveis Sustentáveis

Projetos voltados para a produção e/ou obtenção de combustíveis sustentáveis para uso industrial, especialmente a partir de biomassas ou resíduos de biomassa.

Alguns exemplos:

- Produção de combustíveis a partir de biomassa residual usando processos de gaseificação e pirólise;
- Produção de combustíveis sintéticos a partir de produtos de gaseificação de biomassa;
- Produção de hidrogênio por meio de reforma catalítica do etanol.

c. Captura e Usos de CO₂

Nesta linha o objetivo principal é capturar/remover o CO₂ gerado por processos industriais visando a compensação das emissões da empresa e, quando possível, a neutralização delas.

7. Considerações finais

Diante do apresentado neste primeiro relatório de contabilização das emissões de gases de efeito estufa (GEE), foi possível coletar informações de cada fonte de emissão classificando-as conforme a metodologia do *Programa Brasileiro GHG Protocol*. Nota-se que as principais fontes de emissão da SINFERSI são oriundas do Escopo 1, na categoria de *Processos Industriais* e do Escopo 2. Percebe-se, no entanto, que o cenário brasileiro, em que se utiliza o carvão vegetal como redutor nos fornos e a energia elétrica oriunda de matriz hidroelétrica, traz benefícios para a produção brasileira quando comparada com os redutores e matrizes energéticas fósseis utilizadas em outros países. Nota-se ainda que há oportunidades de melhoria a curto prazo para que as emissões da SINFERSI caiam ainda mais.

Dessa maneira, recomenda-se analisar a viabilidade das sugestões relatadas, com foco na busca de inovação e desenvolvimentos que permitam processos industriais de baixa emissão de GEE. Sugere-se também que sejam realizadas quantificações dos gases de combustão nas saídas das chaminés, para minimizar as incertezas e melhorar a precisão dos dados.

Sugere-se a manutenção da realização de inventários anuais em concomitância de uma gestão ambiental ativa para buscar a redução dos impactos gerados pelo setor, gerando reconhecimento do mercado por tal iniciativa. Destaca-se ainda a relevância de incluir, nos próximos inventários, categorias de Escopo 3, avaliando a cadeia de fornecedores e as emissões indiretas de responsabilidade compartilhada, uma vez que as atividades de fabricação de carvão vegetal para atendimento ao setor e transporte terceirizado das matérias primas e produtos do setor também podem ser relevantes para contabilização e gestão.

Destaca-se também, que apesar de não serem contabilizados nas emissões totais do empreendimento, a utilização dos gases refrigerante (não Quioto) HCFC-22 (R22) e HCFC-141b são de grande impacto ambiental, por possuírem potenciais de aquecimento global elevado, devendo ser preferencialmente substituídos por outros gases de menor impacto e descritos no protocolo de Quioto.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAFE – Sobre a ABRAFE. Disponível em: <https://abrafe.ind.br/abrafe/sobre-a-abrafe> >. Acesso em 10 de janeiro de 2024.

ABNT NBR ISO: 14064-1:2002, 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.

ABNT NBR ISO 7229/1993, Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos

BEN - Balanço Energético Nacional 2023: Ano base 2022. Empresa de Pesquisa Energética/Ministério de Minas e Energia. Rio de Janeiro: EPE, 2022.

BDiA – IBGE, Banco de Informações Ambientais. Acesso em 10 de janeiro de 2024, disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/home>

CENTRO DE ESTUDOS EM SUSTENTABILIDADE (FGVces); WORLD RESOURCES INSTITUTE (WRI), Especificações do Programa Brasileiro GHG *Protocol*: Contabilização, Quantificação e Publicação de Inventários Corporativos de Emissões de Gases de Efeito Estufa, 2ª ed., 2008.

CENTRO DE ESTUDOS EM SUSTENTABILIDADE (FGVces), Especificações do Programa Brasileiro GHG *Protocol*: Nota técnica - equação para cálculo das emissões de N₂O provenientes do uso de fertilizante nitrogenado sintético – versão 1.0, 2016

CENTRO DE ESTUDOS EM SUSTENTABILIDADE (FGVces), Especificações do Programa Brasileiro GHG *Protocol*: Nota técnica - Uso do GHG *Protocol Agricultural Guidance* e contabilização de emissões resultantes das práticas agrícolas e de mudanças no uso do solo – versão 4.0, 2023

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Transferência de tecnologia florestal: cultivo de eucalipto em propriedades rurais: diversificação da produção e renda / Emiliano Santarosa, Joel Ferreira Penteado Júnior, Ives Clayton Gomes dos Reis Goulart, editores técnicos. – Brasília, DF : Embrapa, 2014.138 p.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Carvão Vegetal. Acesso em 02 de abril de 2024, disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacaotecnologica/tematicas/agroenergia/socioeconomia/florestas/carvao-vegetal>

Contabilização de Emissões de Gases de Efeito Estufa

GHG Protocol & World Resources Institute Brasil, *Agricultural Guidance for Brazil - Portuguese* (Diretrizes Agropecuárias) - Ferramenta de Cálculo Brasil, 2020.

IDE – SISEMA, Infraestrutura de Dados Espaciais. Acesso em 20 de dezembro de 2023, disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>

IPCC (2018) Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (Brasil). Organização das Nações Unidas (org.). **Aquecimento Global de 1,5°C**. Brasília: MCTIC, 2019. 28 p.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, 2006.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), *Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, 2019

MANAHAN, S. E. **Química ambiental**. 9.ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 912 p.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (MCTI). Quarto Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa – Relatório de Referência, 2020.

PBGHG - Programa Brasileiro GHG Protocol. *Uso do GHG Protocol Agricultural Guidance e contabilização de emissões resultantes das práticas agrícolas e de mudanças no uso do solo – versão 4.0*, 2023.

SEEG - Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa. Acesso em 20 de janeiro de 2024, disponível em: <https://plataforma.seeg.eco.br/>

SEEG - Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa. *Nota Metodológica Processos Industriais e Uso de Produtos*, 2014.

VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 4ª ed. Belo Horizonte: UFMG, 472p. 2014.

WORLD RESOURCES INSTITUTE (WRI), *Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol: Nota técnica - Diretrizes para verificação de emissões de GEE por aquisição de energia elétrica (Escopo 2) a partir da abordagem baseada na escolha de compra (market-based): versão 1.0.*, 2018.

APÊNDICE A – Checklists de visita técnica

Contabilização de Emissões de Gases de Efeito Estufa



CHECKLIST VISITA TÉCNICA GEE	Revisão 01 janeiro/2024
Razão Social:	
Data:	
Preenchido por:	
Contato na empresa:	
1. Dados gerais da empresa inventariada	
Escopos previstos em proposta: <input type="checkbox"/> Escopo 1 e 2 <input type="checkbox"/> Escopo 3 – básico <input type="checkbox"/> Escopo 3 – completo <input type="checkbox"/> Remoção	
Modelo de indicador: t CO ₂ e por <input type="checkbox"/> Produção total ou fracionada (por produto). Quais? _____ <input type="checkbox"/> Faturamento <input type="checkbox"/> Unidades produzidas <input type="checkbox"/> Outro: _____	
Sugestão de concorrentes:	
Limite Geográfico: <input type="checkbox"/> Brasil <input type="checkbox"/> Outro: _____	
Limite Organizacional: <input type="checkbox"/> Controle operacional <input type="checkbox"/> Participação societária (ver se o cliente aluga)	
Ano inventariado:	
Número de funcionários (Ano inventariado):	
Dias trabalhados (Ano inventariado):	
2. Escopo 1 (Emissões diretas e de relato obrigatório)	
Combustão Estacionária:	
Fontes	
<input type="checkbox"/> Caldeiras <input type="checkbox"/> Gerador <input type="checkbox"/> Botijões <input type="checkbox"/> Soldas (acetileno e GLP) <input type="checkbox"/> Roçadeira <input type="checkbox"/> Fornos <input type="checkbox"/> Motosserra <input type="checkbox"/> Maçarico <input type="checkbox"/> Outros: _____	
Fósseis	
<input type="checkbox"/> Acetileno <input type="checkbox"/> Carvão <input type="checkbox"/> GLP <input type="checkbox"/> Gasolina <input type="checkbox"/> Diesel <input type="checkbox"/> Óleos <input type="checkbox"/> Resíduos Industriais <input type="checkbox"/> Querosene <input type="checkbox"/> Solventes <input type="checkbox"/> Outros: _____	
Biomassa	
<input type="checkbox"/> Etanol <input type="checkbox"/> Bagaço de cana <input type="checkbox"/> Biodiesel <input type="checkbox"/> Biogás <input type="checkbox"/> Carvão Vegetal <input type="checkbox"/> Lenha comercial <input type="checkbox"/> Resíduos vegetais <input type="checkbox"/> Outros: _____	
Informações requeridas: fonte; tipo de combustível; consumo anual; densidade para conversão (caso necessário); composição em caso de misturas (%).	
Combustão Móvel:	
<input type="checkbox"/> Automóvel (gasolina, etanol, GNV) <input type="checkbox"/> Motocicleta (gasolina ou etanol) <input type="checkbox"/> Veículo Comercial Leve (gasolina, etanol, diesel) <input type="checkbox"/> Ônibus (diesel) <input type="checkbox"/> Caminhão a diesel (semileve, leve, médio, semipesado, pesado) <input type="checkbox"/> Maquinário <input type="checkbox"/> Empilhadeiras <input type="checkbox"/> Veículos alugados com domínio do abastecimento <input type="checkbox"/> Transporte Ferroviário <input type="checkbox"/> Transporte Hidroviário <input type="checkbox"/> Transporte Aéreo <input type="checkbox"/> Outros: _____	

Contabilização de Emissões de Gases de Efeito Estufa



<p>Efluentes Líquidos:</p> <p><input type="checkbox"/> Quantidade de ETE: _____ <input type="checkbox"/> ETE com emissão de GEE associada: _____</p> <p><input type="checkbox"/> ETE - Tratamento anaeróbico <input type="checkbox"/> ETE - Tratamento aeróbico</p> <p>• Tratamentos:</p> <p><input type="checkbox"/> Digestor anaeróbico <input type="checkbox"/> Lodo ativado <input type="checkbox"/> Reator anaeróbico <input type="checkbox"/> Lagoa anaeróbia <input type="checkbox"/> Lagoa facultativa</p> <p><input type="checkbox"/> Lagoa mista <input type="checkbox"/> Lagoa de maturação <input type="checkbox"/> Fossa séptica condominial <input type="checkbox"/> Fossa séptica <input type="checkbox"/> Fossas secas</p> <p><input type="checkbox"/> Vala aberta <input type="checkbox"/> Lançamento em cursos d'água com coleta <input type="checkbox"/> Lançamento em cursos d'água sem coleta</p> <p>Informações requeridas: Tipos e quantidade de tratamentos aplicados na ETE; Quantidade de efluente gerado; Composição orgânica do efluente; Recuperação de metano; Fatores de emissão para cálculo em outra ferramenta (tratamento aeróbico); Para a estimativa: Consumo de água (COPASA e poços cartesianos), dias trabalhados, número de funcionários, tipologia industrial).</p>
<p>3. Escopo 2 (Emissões indiretas e de relato obrigatório)</p>
<p><input type="checkbox"/> Localização <input type="checkbox"/> Perdas e T&D (localização) <input type="checkbox"/> Compra de Energia Térmica (Vapor)</p> <p><input type="checkbox"/> Compra <input type="checkbox"/> Perdas e T&D (compra)</p> <p>• Matriz: <input type="checkbox"/> Renovável <input type="checkbox"/> Termoeleétrica</p> <p>Informações requeridas: Consumo de energia (SIN, Sistema Isolado Amazonas, energia renovável); Fonte de energia; Perda de eletricidade (se aplicável); Quantidade de vapor comprado (se aplicável); Combustível utilizado para a geração de energia (se aplicável); Eficiência da planta geradora de energia (se for termoeleétrica).</p>
<p>4. Anotações</p>
<p> </p>



CENTRO DE
INOVAÇÃO E TECNOLOGIA

SENAI