

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
ÁREA DE CONHECIMENTO DAS CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIA
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

TATIANA ORO DA ROSA

**ELABORAÇÃO DE INVENTÁRIO DE GASES DE EFEITO ESTUFA ATRAVÉS DA
METODOLOGIA GHG PROTOCOL PARA IMPLANTAÇÃO DE UM
LOTEAMENTO URBANO NO MUNICÍPIO DE BENTO GONÇALVES**

CAXIAS DO SUL

2023

TATIANA ORO DA ROSA

**ELABORAÇÃO DE INVENTÁRIO DE GASES DE EFEITO ESTUFA PARA
IMPLANTAÇÃO DE UM LOTEAMENTO URBANO ATRAVÉS DA
METODOLOGIA GHG PROTOCOL NO MUNICÍPIO DE BENTO GONÇALVES**

Trabalho apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão do Curso II do curso de Engenharia Ambiental da Universidade de Caxias do Sul.

Orientador: Prof. M.e Eng. Amb. Tiago Panizzon

CAXIAS DO SUL

2023

TATIANA ORO DA ROSA

**ELABORAÇÃO DE INVENTÁRIO DE GASES DE EFEITO ESTUFA ATRAVÉS DA
METODOLOGIA GHG PROTOCOL PARA IMPLANTAÇÃO DE UM
LOTEAMENTO URBANO NO MUNICÍPIO DE BENTO GONÇALVES**

Trabalho apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão do Curso II do curso de Engenharia Ambiental da Universidade de Caxias do Sul.

Orientador: Prof. M.e Eng. Amb. Tiago Panizzon

Aprovada em: ___/___/_____

Banca Examinadora

Prof. M.e Eng. Amb. Tiago Panizzon
Universidade de Caxias do Sul

M.e Eng. Civil Bruno Susin
Universidade de Caxias do Sul

Eng. Ambiental Bianca Breda
Universidade de Caxias do Sul
Instituto de Saneamento Ambiental

RESUMO

O processo de urbanização está relacionado ao crescimento da cidade, seja de maneira populacional como em extensão territorial e uma das alternativas para atender a esta demanda é a implantação de loteamentos urbanos que dispõe da infraestrutura básica para atendimento a futuras moradias. Entretanto, essa atividade contribui com o aumento das emissões de gases do efeito estufa – GEE associado às mudanças climáticas, assunto que vem sendo pauta de importantes discussões nacionais e internacionais. O presente estudo teve como objetivo a identificação e quantificação das fontes geradoras de GEE na etapa de implantação do loteamento urbano, localizado no município de Bento Gonçalves, seguindo as metodologias em Escopo 1, o GHG protocol para as fontes de combustão móvel e Nota Metodológica SEEG-9 para estoque e emissão de carbono e *Forest Land* para remoção de carbono, devido a mudança no uso do solo e em Escopo 3, o GHG protocol para transporte e distribuição (*upstream*) e a base de dados *Ecoinvent* para ICV da matéria-prima. De maneira geral, as emissões totais de GEE, estimadas para a implantação do loteamento urbano, foram 2.744,48 tCO_{2e} para Escopo 1 e 564,51 tCO_{2e} para Escopo 3, totalizando 3.308,99 tCO_{2e}. A principal fonte de emissão dos GEE, que apresentou 2.416,52 tCO_{2e}, representando 76% das emissões totais inventariadas, foi a mudança no uso do solo de Escopo 1. Com relação ao Escopo 3, a categoria de matéria-prima representou a maior parte das emissões de GEE, com 475,31 tCO_{2e}. O presente estudo foi fundamental para que a empresa, proprietária da área de implantação do loteamento, conhecesse quais as categorias de fonte emissão de GEE, bem como a que apresentava maior parte das emissões, possibilitando que estudos futuros apresentem medidas de minimização e compensação das emissões geradas nessa atividade.

Palavras-chave: Loteamento urbano, Gases de efeito estufa, IGEE.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Contribuição dos GEE global da era pré-industrial até 2021	14
Figura 2 - Fluxo de CO ₂ entre atmosfera e os ecossistemas.....	16
Figura 3 - Emissão de gases de efeito estufa do Brasil de 1990 a 2020 (CO _{2e} GWP)	17
Figura 4 - Limite e representatividade dos biomas brasileiros	18
Figura 5 - Emissões do setor MUT em CO _{2e} entre 1990 a 2016.....	20
Figura 6 - Linha do tempo em relação as conferência.....	23
Figura 7 - Linha do tempo em relação as conferência.....	24
Figura 8 - Dados referente ao total de membros do Programa Brasileiro GHG Protocol.....	26
Figura 9 - Princípios de contabilização dos GEE	27
Figura 10 - Visão geral dos escopos e emissões ao longo da cadeia de valor.....	28
Figura 11 - Fases do ciclo de vida de um produto.....	35
Figura 12 - Processo de implantação e geração de impactos ambientais	44
Figura 13 - Fluxograma representativo da metodologia.....	45
Figura 14 - Localização do loteamento a ser inventariado	46
Figura 15 - Polígono da área total inventariada.....	47
Figura 16 - Projeto urbanístico do loteamento inventariado	48
Figura 17 - Emissões totais de combustão móvel por etapa.....	73
Figura 18 - Emissões totais, por empresa, de combustão móvel.....	74
Figura 19 - Emissões totais, por etapa, da matéria-prima	80
Figura 20 - Resultado as emissões totais do transporte da matéria-prima por etapa.....	83
Figura 21 - Resumo das emissões de GEE inventariadas.....	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Equivalência dos principais GEE's.....	15
Tabela 2 - Etapas e organização responsável	49
Tabela 3 - Identificação das fontes geradoras de GEE	50
Tabela 4 - Coeficientes adotados para cálculo de remoção de carbono	53
Tabela 5 - Coeficientes de emissão adotados para os materiais	54
Tabela 6 - Valores para conversão das unidades de medida	55
Tabela 7 - Identificação das fontes geradoras de GEE	58
Tabela 8 - Consumo de combustível das fontes de combustão móvel da empresa matriz.....	61
Tabela 9 – Consumo de combustível das fontes de combustão móvel da empresa terceirizada	63
Tabela 10 - Vegetação suprimida na implantação do loteamento	65
Tabela 11 - Quantitativos de matérias-primas	66
Tabela 12 - Consumo de combustível quanto ao transporte e distribuição da matéria-prima..	67
Tabela 13 - Consumo total de diesel das fontes de combustão móvel por etapa	70
Tabela 14 - Emissões totais de combustão móvel por etapa	72
Tabela 15 - Emissões totais, por empresa, de combustão móvel	74
Tabela 16 - Estimativas do estoque de carbono	75
Tabela 17 - Incremento médio anual na biomassa	76
Tabela 18 - Aumento anual nos estoques de carbono da biomassa.....	77
Tabela 19 - Valores de amortização dos estoques de carbono	78
Tabela 20 - Emissões dos GEE para as matérias-primas.....	79
Tabela 21 - Emissões totais da matéria-prima por etapa	80
Tabela 22 - Emissões totais do transporte e distribuição da matéria-prima por etapa	81
Tabela 23 - Emissões totais do transporte da matéria-prima por etapa.....	82
Tabela 24 - Resumo das emissões de GEE inventariadas	84
Tabela 25 - Estoques, emissões e remoções da mudança no uso do solo.....	83

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVOS	11
2.1. OBJETIVO GERAL	11
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
3 REFERENCIAL TEÓRICO	12
3.1 MUDANÇAS CLIMÁTICAS	12
3.1.1 Gases do efeito estufa	13
3.1.2 Estimativa das emissões de GEE no Brasil	16
3.1.3 Mudança de uso da terra e florestas (MUT).....	18
3.1.4 Impactos Ambientais.....	20
3.2 CONFERÊNCIAS CLIMÁTICAS	21
3.3 INVENTÁRIO DE EMISSÃO DOS GASES DE EFEITO ESTUFA	24
3.3.1 Limites Organizacionais	27
3.3.2 Limites Operacionais	28
3.3.3 Quantificação das emissões de GEE	30
3.3.4 Cálculo das emissões de GEE	30
3.3.4.1 Ferramenta GHG Protocol	31
3.3.5 Cálculo do estoque de carbono.....	32
3.3.6 Cálculo de remoção de carbono	32
3.3.7 Categorias de qualificação.....	33
3.4 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA – ACV	34
3.4.1 Base de dados para ACV	37
3.5 LOTEAMENTO URBANO	40
3.5.1 Sistema Viário.....	42
3.5.2 Rede de Drenagem Pluvial	42
3.5.3 Rede de Abastecimento de Água.....	42

3.5.4 Rede Coletora de Esgoto	43
3.5.5 Rede Elétrica e Iluminação Pública	43
4 METODOLOGIA	45
4.1 LOTEAMENTO INVENTARIADO.....	46
4.2 LIMITE ORGANIZACIONAL.....	48
4.3 LIMITE OPERACIONAL.....	49
4.4 IDENTIFICAÇÃO DAS FONTES GERADORAS DE GEE.....	50
4.5 QUANTIFICAÇÃO DAS EMISSÕES DE GEE.....	50
4.5.1 Escopo 1 – Combustão móvel	51
4.5.2 Escopo 1 – Mudança no uso do solo	51
4.5.3 Escopo 3 – Matéria-prima	53
4.5.4 Escopo 3 – Transporte e distribuição (<i>upstream</i>)	56
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	58
5.1 IDENTIFICAÇÃO DAS FONTES GERADORAS DE GEE.....	58
5.2 INVENTÁRIO DAS FONTES DE EMISSÕES.....	60
5.2.1 Escopo 1 – Combustão móvel	60
5.2.2 Escopo 1 – Mudança no uso do solo	65
5.2.3 Escopo 3 – Matéria-prima	66
5.2.4 Escopo 3 – Transporte e distribuição (<i>upstream</i>)	66
5.3 ESTIMATIVAS DAS EMISSÕES DE GEE.....	70
5.3.1 Escopo 1 - Combustão Móvel	70
5.3.2 Escopo 1 – Mudança no Uso do Solo	75
5.3.3 Escopo 3 - Matéria - Prima	78
5.3.4 Escopo 3 - Transporte e Distribuição (<i>Upstream</i>)	81
5.4 RESULTADOS SÍNTESE DAS EMISSÕES DE GEE INVENTARIADAS.....	83
6 CONCLUSÕES	87

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a investigação sobre as alterações climáticas tem sido intensiva e abrangente, envolvendo várias áreas do conhecimento com destaque para a urgência de uma ação imediata no combate as mudanças climáticas e seus impactos. Neste contexto, uma ação urgente terá que ser capaz de desenvolver ferramentas que avaliem, isto é, que qualifiquem e quantifiquem o território, compreendendo a melhor forma de acomodar os eventos climáticos, determinando simultaneamente ações que diminuam as emissões de gases com efeito de estufa - GEE (Gomes, 2017).

Conforme descrito por Ambrizzi e Lacerda (2012), os GEE são importantes para o equilíbrio térmico do planeta, possibilitando a existência da vida como é conhecida atualmente. No entanto, um aumento no volume desses gases pode influenciar no aumento da temperatura média global e, dessa forma, causar um desequilíbrio no balanço (Cortese e Natalini, 2014).

Os dados apresentados no Sexto Relatório de Avaliação do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) – AR6, mostram que as atividades humanas, principalmente por meio de emissões de gases de efeito estufa, causaram inequivocamente o aquecimento global, com a temperatura da superfície global atingindo 1,1°C acima de 1850–1900 em 2011–2020. As emissões globais de gases de efeito estufa continuarão a aumentar, com contribuições históricas e contínuas desiguais decorrentes do uso insustentável de energia, mudança no uso da terra, estilos de vida e padrões de consumo e produção entre regiões, países e indivíduos (IPCC, 2023).

Dentre as modificações irreversíveis causadas pelas ações humanas, as mudanças climáticas mostram-se intimamente ligadas ao meio urbano e ao modo de vida das pessoas que nele habitam. A urbanização está ligada ao aumento de emissões dos GEE pelo crescimento do uso de energia que este meio necessita (Hogan, 2009) *apud* (Garcias e Silva, 2011).

No Brasil, o processo de urbanização consolidou-se a partir de 1965, quando 50% da população passou a ocupar espaços urbanos (Silva, 2020). É relevante observar as alterações no meio ambiente causados pela urbanização, com crescente incremento populacional, agrupamentos de edificações dos mais diversos portes, pavimentações do acesso e consumo de energia, resultando em uma importante alteração dos aspectos climáticos (Dziura e Carmo, 2020).

A urbanização está relacionada ao crescimento da cidade, quer seja em população como em extensão territorial, e para atender a esta demanda uma das alternativas é a implantação de loteamentos urbanos, que dispõe de uma infraestrutura básica como abertura de novas vias, coleta e tratamento de esgoto, abastecimento de água, drenagem pluvial, além da energia elétrica e iluminação pública.

Ocorre que para cada uma das etapas executadas são geradas emissões de gases do efeito estufa por fontes de combustão móvel, emissão e remoção de carbono da biomassa proveniente da supressão de vegetação nativa, processo de fabricação da matéria-prima, deslocamento de funcionários, tratamento e disposição de efluente líquido e resíduos sólidos, entre outros, contribuindo com as mudanças climáticas.

De acordo com o Manual de Especificações GHG Protocol, a elaboração de inventários é o primeiro passo para que uma instituição ou empresa possa contribuir para o combate às mudanças climáticas, fenômeno crítico que aflige a humanidade neste início de século. Conhecendo o perfil das emissões, a partir do diagnóstico garantido pelo inventário, qualquer organização pode dar o passo seguinte: o de estabelecer estratégias, planos e metas para redução e gestão das emissões de gases de efeito estufa, engajando-se na solução desse enorme desafio para a sustentabilidade global (Monzoni *et al.*, 2008).

A realização de inventários de gases de efeito estufa (GEE) também permite às organizações visualizar oportunidades de novos negócios no mercado de carbono, atrair novos investimentos, ou ainda planejar processos que garantam eficiência econômica, energética ou operacional (Monzoni *et al.*, 2008).

Trata-se, portanto, de um primeiro passo para a organização beneficiar-se dessas oportunidades e colaborar para a resolução de problemas na direção de uma nova economia de baixo carbono, em respeito às futuras gerações. Tal ação também demonstra a responsabilidade da empresa com a resolução de problemas que afligem a sociedade como um todo e torna transparente e público seu compromisso.

Sendo assim o presente estudo foi desenvolvido em um loteamento residencial urbano localizado no município de Bento Gonçalves/RS, o qual se encontra implantado. Neste sentido, foram avaliadas as etapas de implantação do loteamento, como supressão da vegetação, execução da terraplanagem e redes de infraestrutura, identificadas e quantificadas as fontes de emissões de gases do efeito estufa para os Escopos 1 e 3 e por fim, aplicando as ferramentas de cálculo foram estimadas as emissões de GEE.

2 OBJETIVOS

Na sequência estão detalhados o objetivo geral e os objetivos específicos do presente estudo.

2.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar as Emissões dos Gases de Efeito Estufa (GEE) seguindo a metodologia GHG Protocol, contemplando os Escopos 1, 2 e 3 de forma parcial, para etapa de implantação do loteamento residencial urbano localizado no município de Bento Gonçalves.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Identificar as fontes e quantificar as emissões de GEE para os Escopos 1 e 2, através do método GHG protocol;
- b) Identificar as fontes e estimar as emissões de GEE para o Escopo 3, através da utilização de bases de dados de ICV;
- c) Calcular o estoque, emissão e remoção de carbono, relacionado à mudança de uso do solo, através do SEEG e IPCC;
- d) Elaborar um Inventário de Emissões dos Gases de Efeito Estufa (GEE) através dos Escopos contemplados nesse estudo.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico do presente estudo discute conceitos relacionados as mudanças climáticas e efeito estufa, bem como os dados de emissão referente aos gases de efeito estufa no Brasil, estado do Rio Grande do Sul e município de Bento Gonçalves e seus impactos ambientais. Além disso é explanado as conferências sobre mudanças climáticas, resultante das preocupações ambientais, que ocorreram em diversos países de todo o mundo.

Também é abordado sobre o inventário de emissões dos gases de efeitos estufa, o qual contribui para mitigação das mudanças climáticas bem como o modelo padronizado, programa brasileiro GHG protocol, que permite mensurar o impacto climático de suas atividades, possibilitando o planejamento para ações de mitigação,

Sobre a avaliação do ciclo de vida dos produtos, que consideram todas as fases relativas a extração das matérias-primas, produção, distribuição, consumo e disposição final, juntamente as bases de dados, além de métodos para estimar estoque, remoção e emissão de carbono da vegetação nativa.

Por fim será apresentado, para melhor compreensão, o conceito sobre loteamento urbano bem como as estruturas que o compõe, uma vez que essa atividade, mais especificadamente a etapa de implantação, será a base do presente estudo.

3.1 MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Há muito tempo se sabe que o clima não é constante. A variação climática tem sido debatida nos meios científicos há mais de quarenta anos. As primeiras suposições, no início do século passado, consideravam que as mudanças climáticas ocorriam em escalas de tempo de períodos geológicos. Entretanto, as mudanças observadas a partir de meados do século passado e início do corrente têm sido demasiadamente grandes para serem desprezadas (Cortese e Nataline, 2014).

As mudanças climáticas referem-se à mudança no estado do clima que pode ser identificada por mudanças na média e/ou na variabilidade de suas propriedades, e que persistem por um período prolongado, tipicamente por décadas ou mais tempo. Refere-se a qualquer mudança no clima ao longo do tempo, seja devido a variabilidade natural ou como resultado da atividade humana (IPCC, 2007) *apud* (Carvalho; Machado; Meirelles, 2010).

De acordo com Melo e Sinfrônio (2018), as mudanças climáticas podem ter origens naturais, porém, segundo o IPCC, as mudanças recentes têm origem antropogênica, devido,

principalmente, à emissão de 22 gases de efeito estufa (GEE), que ocorrem nas atividades industriais, no desmatamento, na queima de combustíveis fósseis, entre outras atividades humanas (Dullius, 2022).

O efeito estufa é um mecanismo natural do planeta Terra que é responsável por deixar a temperatura numa média de 15°C no globo terrestre, temperatura ideal para o equilíbrio de grande parte das formas de vida no planeta (Stein *et al.*, 2018). Na ausência do efeito, as oscilações na temperatura entre áreas ensolaradas e de sombra seriam em torno de centenas de graus centígrados, tornando o ambiente bastante hostil e desfavorável às formas de vida adaptadas ao clima do nosso planeta (Bottini, 2022).

As pequenas quantidades de gases como o vapor de água (H₂O), dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O), absorvem e liberam o calor que aquece a atmosfera, desempenhando um papel importante na determinação das temperaturas médias do planeta e seus climas, conhecido como efeito estufa natural (Miller e Spoolman, 2013).

Segundo IPCC (2021), o Sexto Relatório de Avaliação (AR6) projeta que nas próximas décadas as mudanças climáticas aumentarão em todas as regiões para 1,5°C de aquecimento global, haverá ondas de calor crescentes, estações quentes mais longas e estações frias mais curtas e com 2°C os extremos de calor atingiriam com mais frequência os limites críticos de tolerância para a agricultura e a saúde (IPCC, 2021).

Dessa forma, não é o efeito estufa em si que causa preocupação. Na verdade, a sua intensificação, decorrente do incremento de gases do efeito estufa na atmosfera, pode implicar em um aquecimento adicional além do natural (Cunha e Calijuri, 2019), resultado das atividades humanas na atmosfera.

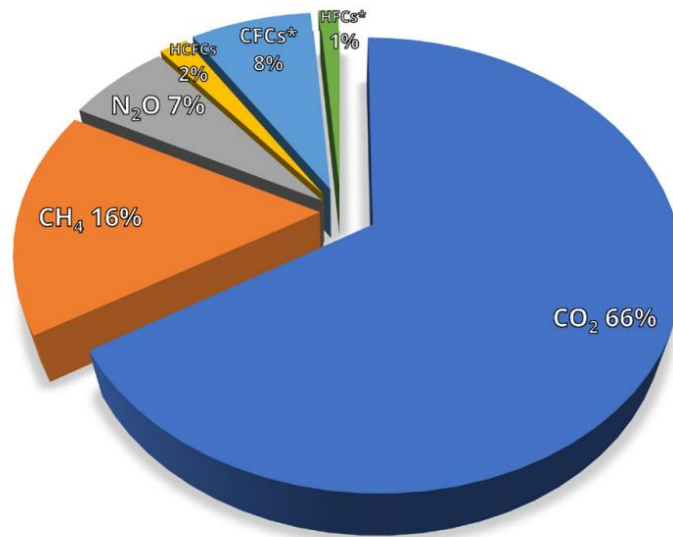
Projeta-se que os impulsionadores socioeconômicos da mudança no uso da terra, como desenvolvimento tecnológico, crescimento populacional e aumento da demanda per capita por múltiplos serviços ecossistêmicos, continuem no futuro. Esses e outros impulsionadores podem ampliar os desafios ambientais e sociais existentes, como a conversão de ecossistemas naturais em terras manejadas, urbanização rápida, poluição pela intensificação do manejo da terra e acesso equitativo aos recursos da terra (Agus *et al.*, 2019).

3.1.1 Gases do efeito estufa

Os principais gases do efeito estufa (GEE's) são vapor d'água (H₂O), dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), alguns dióxidos de nitrogênio como o N₂O e compostos

halogenados, como os clorofluorcarbonos, conhecido como CFC's (Cunha e Calijuri, 2019). Na Figura 1 é apresentada a contribuição percentual global de cada um dos GEE.

Figura 1 - Contribuição dos GEE global da era pré-industrial até 2021



Fonte: WMO (2022).

O vapor d'água presente na atmosfera também absorve parte da radiação emanada pela Terra e é um dos maiores contribuintes para o aquecimento natural do globo. Apesar de não ser produzido em quantidade significativa por atividades antrópicas, considera-se que, com mais calor, haverá mais evaporação d'água e, por conseguinte, um aumento de sua participação no aumento do efeito estufa (CETESB, 2023).

De acordo com IPCC (2014) o metano (CH₄) é o segundo gás de efeito estufa mais abundante depois do dióxido de carbono (CO₂), responsável por 17,6% das emissões globais, sendo o CO₂ responsável por 74,4% (Pinto *et al.*, 2022).

O CO₂ é o gás que tem maior contribuição para o aquecimento global, pois representa a maior parte das emissões de GEE e o seu tempo de permanência é de, no mínimo, 100 anos, resultando em impactos no clima ao longo de séculos. Já a quantidade de metano (CH₄) emitida para a atmosfera é menor, mas seu potencial de aquecimento é 21 vezes superior ao do CO₂ e a concentração de óxido nitroso (N₂O) também é pequena, mas o seu potencial de aquecimento é 265 vezes maior do que o CO₂ (WWF, 2023).

Existem duas principais abordagens para determinação do carbono equivalente: o GWP - *Global Warming Potential* e o GTP - *Global Temperature Change Potential*. O primeiro considera a influência dos gases na alteração do balanço energético da Terra e, o

segundo, a influência no aumento de temperatura. Ambos são usualmente medidos para um prazo de 100 anos, sendo mais comumente utilizado o GWP (OC, 2015).

O GWP é uma medida de quantas vezes mais calor uma determinada quantidade de um gás de efeito estufa retém na atmosfera em relação a uma mesma quantidade de CO₂, em um determinado horizonte de tempo. Ele é expresso como um fator que, multiplicado pela massa do gás, resulta em uma massa equivalente de CO₂ (CO₂e) (MCTI, 2022). Na Tabela 1 estão apresentadas as equivalências para os principais gases de efeito estufa.

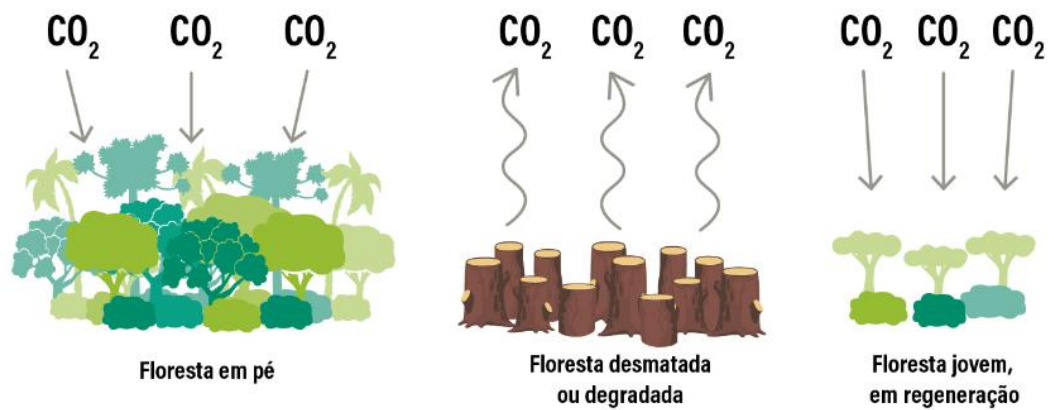
Tabela 1 - Equivalência dos principais GEE's

Gás	Equivalência GWP 100 anos – AR5-2014
CO ₂	1
CH ₄	28
N ₂ O	265

Fonte: Adaptado do MCTI (2022).

Os fluxos de CO₂ entre a atmosfera e os ecossistemas, apresentado na Figura 2, são controlados principalmente pela absorção através da fotossíntese das plantas e pelas liberações através da respiração, decomposição e combustão de matéria orgânica. O N₂O é emitido principalmente pelos ecossistemas como subproduto da nitrificação e desnitrificação, enquanto o CH₄ é emitido através da metanogênese em condições anaeróbicas nos solos e no armazenamento de dejetos de animais, através da fermentação entérica e durante a combustão incompleta durante a queima de matéria orgânica. Outros gases de interesse (da combustão e dos solos) são NO_x, NH₃, NMVOC e CO, por serem precursores da formação de gases de efeito estufa na atmosfera (IPCC, 2006).

Figura 2 - Fluxo de CO₂ entre atmosfera e os ecossistemas



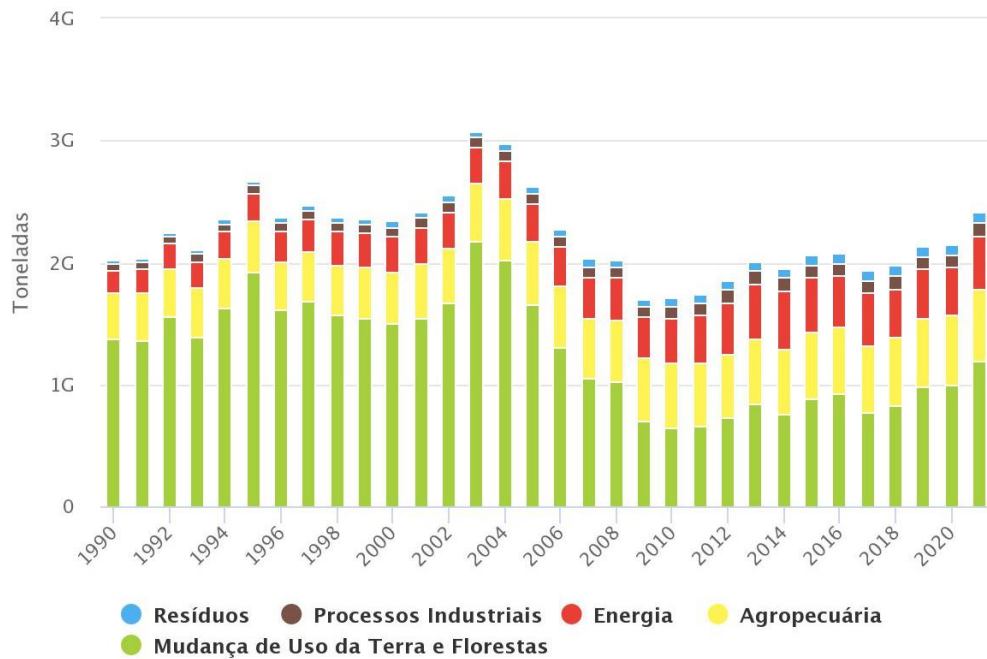
Fonte: WRI BRASIL (2021).

As emissões de carbono biogênico são divididas em uso do solo, proveniente das emissões dos solos, decomposição de matéria orgânica morta e queimadas de resíduos agrícolas e uso de biocombustível proveniente das emissões do uso de biocombustíveis (WRI, 2015).

3.1.2 Estimativa das emissões de GEE no Brasil

Em 2021 o Brasil emitiu 2,4 bilhões de toneladas brutas de gases de efeito estufa, um aumento de 12,5% em relação a 2020, quando o país havia emitido 2,1 bilhões de toneladas (SEEG, 2023), sendo considerado o sétimo maior emissor de GEE do mundo, com uma participação total de 2,92% das emissões globais (Climate Watch, 2023). É o maior aumento de emissões em quase duas décadas, superado apenas por 2003, quando as emissões cresceram 20% e atingiram seu pico histórico. Na Figura 3 é apresentado o histórico referente a emissão de GEE do Brasil (SEEG, 2023).

Figura 3 - Emissão de gases de efeito estufa do Brasil de 1990 a 2020 (CO_{2e} GWP)



Fonte: SEEG (2023).

O compromisso de Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) do Brasil exige a redução das emissões de GEE em 37% abaixo dos níveis de 2005 até 2025 e 43% até 2030 (WRI, 2020). Ainda, destaca-se a Lei nº 12.187/2009 que Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC, o qual define o compromisso nacional voluntário de adoção de ações de mitigação com vistas a reduzir suas emissões de gases de efeito estufa (GEE) entre 36,1% e 38,9% em relação às emissões projetadas para 2020 (MCTI, 2022).

O estado do Rio Grande do Sul, se encontra em oitavo lugar na posição do ranking nacional, emitindo em 2021 um total de 107.764.638 toneladas de CO_{2e} GWP, sendo a agropecuária o setor com maior relevância (Santos *et al.*, 2022). O município de Bento Gonçalves, de acordo com dados atualizados em 2019, emitiu um total de 223.163 toneladas de CO_{2e}, sendo considerado o “setor de energia” com maior contribuição de emissões de GEE (SEEG, 2023).

Os dados do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG) são geradas segundo as diretrizes do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), com base na metodologia dos Inventários Brasileiros de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases do Efeito Estufa, elaborado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), e em dados obtidos junto a relatórios

governamentais, institutos, centros de pesquisa, entidades setoriais e organizações não governamentais (SEEG, 2023).

3.1.3 Mudança de uso da terra e florestas (MUT)

O Brasil é coberto por seis biomas. Além das diferenças biogeográficas que definem estes biomas, há condições específicas quanto aos tipos de vegetação, solos, condições climáticas e pressão humana. Essas características influenciam os estoques de carbono existentes e, conseqüentemente, a contribuição de cada bioma para as emissões do país (SEEG, 2022).

Os maiores biomas brasileiros são a Amazônia (50% da extensão do país), o Cerrado (23%) e a Mata Atlântica (13%) (SEEG, 2022), conforme Figura 4.

Figura 4 - Limite e representatividade dos biomas brasileiros



Fonte: SEEG (2022).

Uma parte significativa das emissões vieram do desmatamento e mudanças no uso da terra e florestas, que ocorrem quando é alterada a cobertura para um uso da terra diminuindo o estoque de carbono por hectare (IPCC, 2003). Este setor, têm grande importância no Brasil, correspondendo 27,1%, respectivamente, do total das emissões líquidas de gases de efeito estufa (GEE) do país em 2016, de acordo com o Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (FGVces, 2023).

O setor de mudança do uso da terra e florestas (LULUCF, no acrônimo em inglês) apresenta as emissões antrópicas por fontes e remoções por sumidouros de CO₂ oriundas de perda ou ganho de carbono (C) associadas a mudança do uso e cobertura da terra (MCTI, 2020), ou seja, está relacionado aos processos de mudanças dos estoques de biomassa e matéria orgânica existentes acima e abaixo do solo (SEEG, 2022). Conforme IPCC (2006), estes processos são organizados por componentes do ecossistema, como:

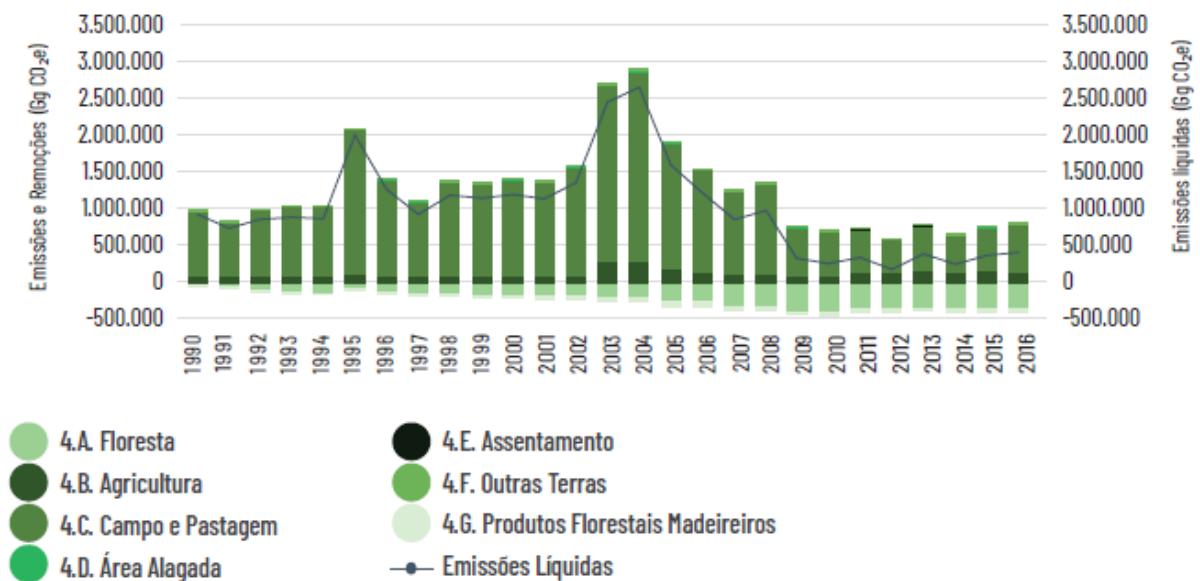
- a) Biomassa vegetal: compreende partes acima e abaixo do solo e é considerado o principal canal para a remoção de CO₂ da atmosfera, pois grandes quantidades de CO₂ são transferidas entre a atmosfera e os ecossistemas terrestres através da fotossíntese, sendo que metade é absorvida pelas plantas e devolvido a atmosfera e outra metade constitui a produção total de biomassa e matéria orgânica morta.
- b) Matéria orgânica morta: inclui toda biomassa lenhosa morta na superfície, raízes mortas e tocos. A maior parte da produção de biomassa contida no material vegetal vivo é eventualmente transferida para reservatórios de matéria orgânica morta, sendo que alguns se decompõem rapidamente, devolvendo carbono à atmosfera, mas uma parte é retida por meses, anos ou décadas. O uso e manejo da terra influenciam os estoques de carbono de matéria orgânica morta, afetando as taxas de decomposição e a entrada de detritos frescos.
- c) Solos: à medida que a matéria orgânica morta é fragmentada e decomposta, vai sendo transformada em matéria orgânica do solo que inclui uma grande variedade de materiais o qual diferem muito o seu tempo de permanência no solo. Os estoques de carbono orgânico do solo são influenciados pelas atividades de uso e manejo da terra que afetam as taxas de entrada de insumos e as taxas de perda de matéria orgânica do solo.

Geralmente, as mudanças nos estoques de carbono induzidas pelo manejo se manifestam ao longo de um período de vários anos a algumas décadas, até que os estoques de carbono do solo se aproximem de um novo equilíbrio. Além da influência das atividades humanas, a variabilidade climática e outros fatores ambientais afetam a dinâmica do carbono do solo (IPCC, 2006).

Os resultados são representados por emissões ou remoções líquidas. Essas estimativas são resultantes do balanço entre as emissões brutas e as remoções de CO₂. Os subsetores desse setor são: Floresta (4.A), Agricultura (4.B), Campo e Pastagem (4.C), Área Alagada

(4.D), Assentamento (4.E), Outras Terras (4.F) e Produtos Florestais Madeireiros (4.G), conforme as diretrizes do IPCC 2006 (MCTI, 2020), conforme Figura 5.

Figura 5 - Emissões do setor MUT em CO_{2e} entre 1990 a 2016



Fonte: MCTI (2020).

Em 2016, as emissões mais representativas do setor foram advindas do subsetor campo e pastagem (4.C) (640.377 Gg CO_{2e}), enquanto as maiores remoções foram oriundas do subsetor floresta (4.A), que contribuiu com -347.821 Gg CO_{2e} (MCTI, 2020).

3.1.4 Impactos Ambientais

A Resolução CONAMA n° 001/1986 que dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental considera que:

Impacto ambiental é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;

II - as atividades sociais e econômicas;

III - a biota;

IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;

V - a qualidade dos recursos ambientais.

Devido ao aumento da emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) pelas ações antrópicas, há formação de uma camada de poluentes que funcionam como um isolante

térmico, dificultando que o calor seja devolvido ao espaço, conseqüentemente, eleva a temperatura do planeta (Cunha e Calijuri, 2019). Dentre os inúmeros impactos causado por esse fenômeno, destacam-se os recursos hídricos, segurança alimentar e energética, infraestrutura portuária, saúde e desastres geo-hidrológicos (MCTI, 2023).

As mudanças climáticas vem intensificando o ciclo da água, através de chuvas mais intensas e inundações associadas, bem como secas mais intensas em muitas regiões, além disso vem afetando os padrões de chuvas, tendo em vista que em altas latitudes é provável que a precipitação aumente, enquanto em grandes partes dos subtrópicos diminua. Para as cidades alguns aspectos podem ser amplificados como as altas temperaturas (IPCC, 2021).

Nas áreas costeiras haverá o aumento contínuo do nível do mar ao longo do século 21, contribuindo para inundações. O aquecimento adicional amplificará o degelo e a perda da cobertura de neve sazonal, bem como o derretimento de geleiras e nos oceanos ocorrerá ondas de calor marinhas mais frequentes, acidificação e níveis reduzidos de oxigênio, afetando os ecossistemas oceânicos bem como as pessoas que dependem deles (IPCC, 2021).

Os eventos climáticos extremos estão entre as razões por trás do crescimento global da fome e da subnutrição. A pesca, a agricultura e a criação de gado podem ser destruídas ou se tornarem menos produtivas. Para a saúde também pode se tornar um risco maior, através da poluição do ar, doenças, deslocamento forçado e pressões a saúde mental (ONU, 2023).

As conseqüências do aumento de temperatura são graves para todos os seres vivos, incluindo o homem. As mudanças climáticas tem impactos profundos no planeta: extinção de espécies animais e vegetais, alteração na frequência e intensidade de chuvas, elevação do nível do mar e intensificação de fenômenos meteorológicos, entre outros. Essas conclusões foram obtidas após análise dos diversos cenários de emissões de gases de efeito estufa para os próximos 100 anos, feitas por cientistas do IPCC (INPE, 2023).

3.2 CONFERÊNCIAS CLIMÁTICAS

Resultante da preocupação com as questões ambientais, principalmente no que diz respeito as mudanças climáticas, foi organizada pelas Nações Unidas – ONU no ano de 1972, em Estocolmo na Suécia, a primeira reunião de chefes de estado conhecida como Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano ou Conferência de Estocolmo, com temas relacionados a poluição atmosférica e recursos naturais (Duarte, 2022).

No campo da política internacional, a Conferência de Estocolmo representou um marco para as discussões mais específicas sobre os problemas ambientais e suas

consequências globais. Ao final da conferência, foi produzida a Declaração de Estocolmo sobre o Ambiente Humano. Além disso se deu a criação do Programa das Nações Unidas sobre Meio Ambiente (PNUMA), com o objetivo de coordenar as ações internacionais de proteção do meio ambiente e promover o conceito de desenvolvimento sustentável (Capinzaiki, 2015).

Em 1988 aconteceu em Toronto no Canadá, a primeira Conferência Climatológica Mundial, conhecida como Conferência de Toronto, onde foi proposto, como principal medida, a redução dos gases de efeito-estufa em cerca de 60%, o que acabou gerando a criação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), cujo intuito é avaliar os riscos das mudanças climáticas decorrentes de atividades antrópicas (Barbosa e Viana, 2014).

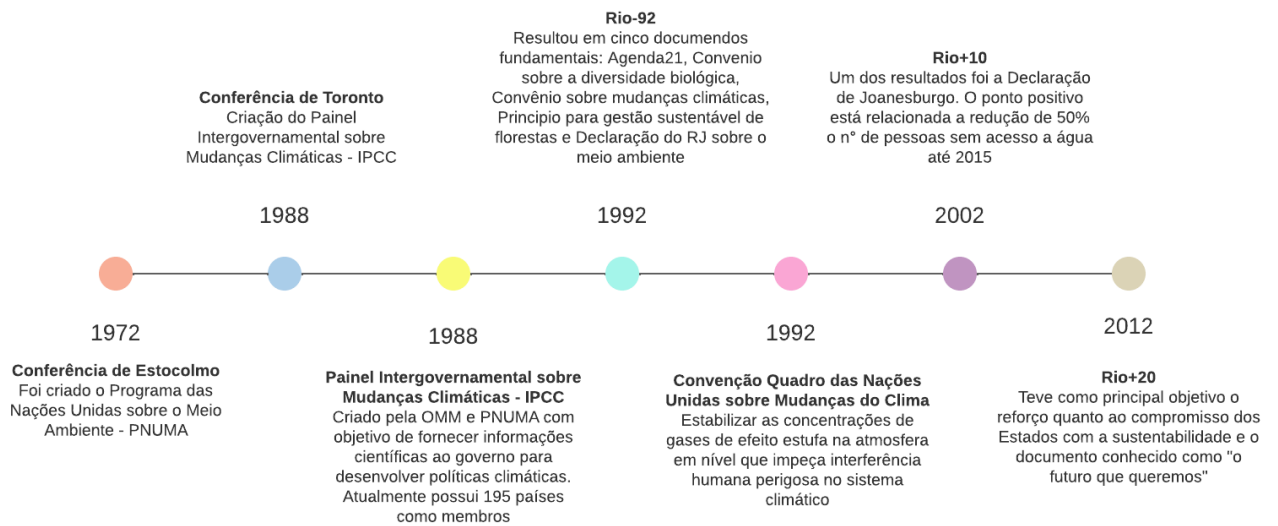
Atualmente, o IPCC possui 195 países como membros, entre eles o Brasil (IPCC, 2023), o qual possui uma força-tarefa sobre os Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa, cujo principal objetivo é desenvolver e refinar a metodologia para o cálculo e relatório de emissões e remoções nacionais de gases de efeito estufa.

Já em 1992, foi realizada no Rio de Janeiro a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Desenvolvimento (CNUMAD) também como Eco 92 ou Rio-92. O evento foi marcado por algumas divergências entre países desenvolvidos e sub desenvolvidos e resultou em compromissos acordados em cinco documentos fundamentais para os avanços e as conquistas da preservação da biosfera como Agenda21, Convênio sobre a diversidade biológica (CDB), Convênio sobre as mudanças climáticas, Princípio para a gestão sustentável das florestas e Declaração do Rio de Janeiro sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Barbosa e Viana, 2014).

A intenção desse encontro era de introduzir a ideia do desenvolvimento sustentável, um modelo de crescimento econômico menos consumista e mais adequado ao equilíbrio ecológico (Miranda, 2017). Nesse cenário foi elaborada a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (em inglês, *United Nations Framework Convention on Climate Change* ou UNFCCC) que teve como objetivo estabilizar as concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera em um nível que impeça uma interferência humana perigosa no sistema climático (MMA, 2023).

Na Figura 6 está apresentada uma representação visual na sequência cronológica das principais conferências destacando sobre a Rio+10 e Rio+20.

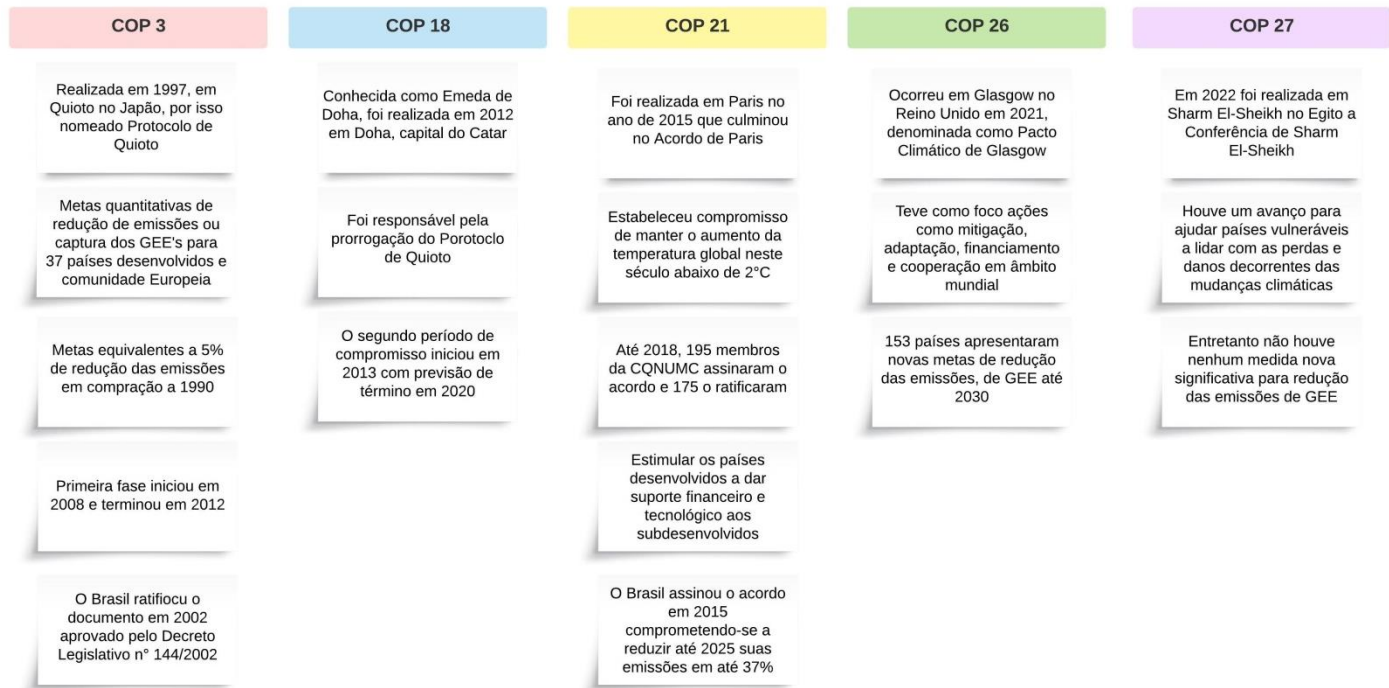
Figura 6 - Linha do tempo em relação as conferência



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Os países membros da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima passaram a se reunir anualmente e realizar a partir de 1995, as Conferências das Partes, conhecidas como COP, para avaliar a situação das mudanças climáticas e propor mecanismos a fim de garantir a efetividade da mesma. Entre todas que foram realizadas, destaca-se na Figura 7, algumas edições relevantes:

Figura 7 - Linha do tempo em relação as conferência



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A conferência mais relevante se trata da COP21 – Acordo de Paris com objetivo central de fortalecer a resposta global a ameaça da mudança do clima e de reforçar a capacidade dos países para lidar com os impactos decorrentes dessas mudanças, o acordo foi aprovado para reduzir emissões de gases de efeito estufa no contexto do desenvolvimento sustentável (MMA, 2023).

Entre os meses de Novembro a Dezembro de 2023 está previsto ocorrer nos Emirados Árabes Unidos, em Abu Dhabi, a COP 28 com intuito de apresentar o primeiro balanço global dos progressos (UNFCCC, 2023).

3.3 INVENTÁRIO DE EMISSÃO DOS GASES DE EFEITO ESTUFA

Os Inventários Nacionais são mecanismos de transparência que apresentam as emissões e remoções antrópicas dos gases de efeito estufa. São ferramentas importantes para monitorar o progresso dos compromissos das políticas do clima dos países e servem como subsídio para a tomada de decisões sobre ações de mitigação de emissões (MCTI, 2022).

É um instrumento gerencial que permite quantificar as emissões de GEE de uma determinada organização. A partir da definição de sua abrangência, da identificação das fontes e sumidouros de GEE, e da contabilização de suas respectivas emissões ou remoções, o

inventário possibilita conhecer o perfil das emissões resultantes das atividades da organização (CEMIG, 2018).

Conforme a FGV (2009), o inventário é uma espécie de raio-x que se faz em uma empresa, grupo de empresas, setor econômico, cidade, estado ou país para se determinar fontes de gases de efeito estufa nas atividades produtivas e a quantidade de GEE lançada à atmosfera. Fazer a contabilidade significa quantificar e organizar dados sobre emissões com base em padrões e protocolos e atribuir essas emissões corretamente a uma unidade de negócio, operação, empresa, país ou outra entidade.

O Guia para elaboração de Inventários de Emissões de Gases do Efeito Estufa, orienta que:

A elaboração de inventários de emissão dos gases de efeito estufa é o primeiro passo para que uma instituição ou empresa possa contribuir para o combate às mudanças climáticas. Conhecendo o perfil das emissões, a partir do diagnóstico garantido pelo inventário, qualquer organização pode dar o passo seguinte: o de estabelecer estratégias, planos e metas para redução e gestão das emissões de gases de efeito estufa, engajando-se na solução desse enorme desafio para a sustentabilidade global (FGV-GVces, 2009).

Os inventários também permitem às organizações visualizar oportunidades de novos negócios no mercado de carbono, atrair novos investimentos no mercado internacional, redução de custos, melhora quanto a competitividade ou ainda planejar processos que garantam eficiência econômica, energética ou operacional (FGV, 2008).

Dessa forma, as ABNT NBR ISO 14064-1, ABNT NBR ISO 14064-2 e ABNT ISO/TR 14069/2015, foram elaboradas no Comitê Brasileiro de Gestão Ambiental (ABNT/CB-38), pela Comissão de Estudo de Mudanças Climáticas (CE- 38:009.01) sendo adotada também pelo GHG Protocol que é uma ferramenta, reconhecida internacionalmente, para contabilização das Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), aplicável a qualquer organização de todos os tipos de atividades e setores (Barros, 2022).

A ABNT NBR ISO 14064-1, detalha os princípios a fim de desenvolver e planejar o inventário de GEE nas empresas, a ABNT NBR ISO 14064-2 aplica-se em projetos ou atividades relacionadas a estes gases, designadamente na redução das emissões e remoção dos gases e a ABNT ISO 14069/2015 refere-se a Gases de efeito estufa – Quantificação e elaboração de relatórios de emissões de gases de efeito estufa para as organizações – Orientação para aplicação da ABNT ISO 14064-1 (Silva, 2022).

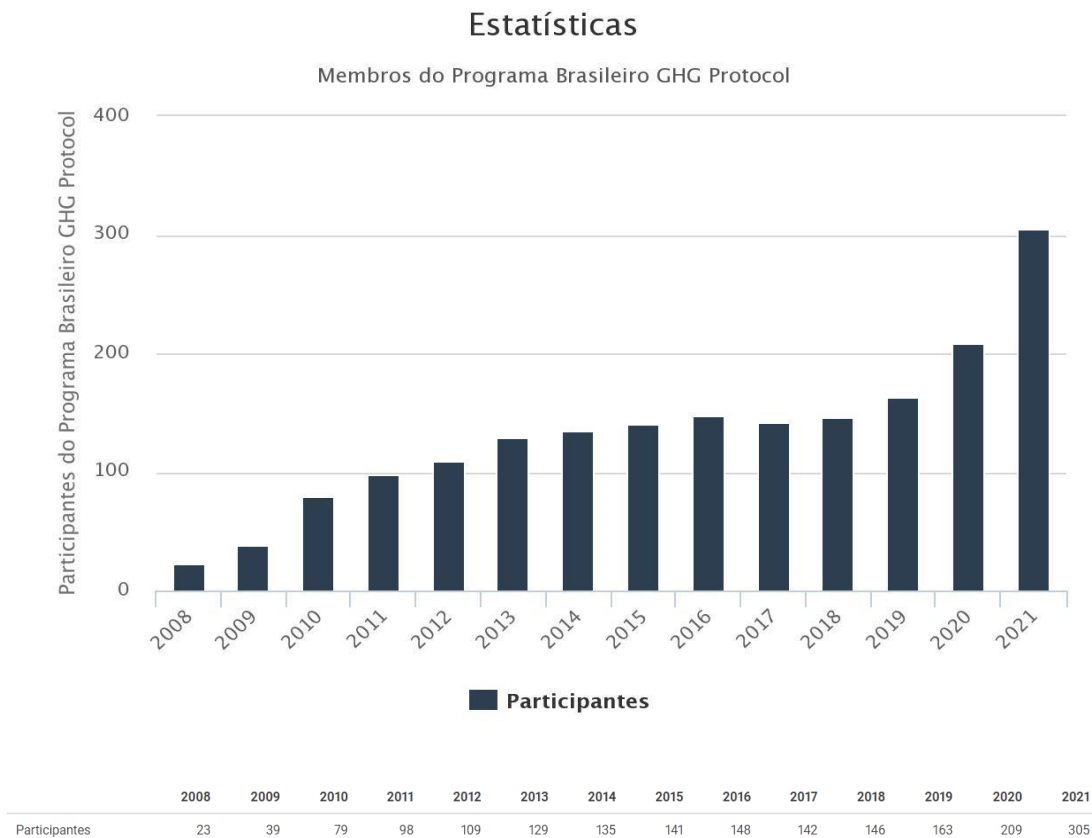
A metodologia do GHG Protocol é compatível com as normas da *International Organization for Standardization* (ISO) e com as metodologias de quantificação do Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCC), e sua aplicação no Brasil, a partir do

início do Programa Brasileiro GHG Protocol, em 2008, acontece de modo adaptado ao contexto nacional (FGV-GVces, 2008).

A implementação do Programa no Brasil é uma iniciativa do Centro de Estudos em Sustentabilidade, da Fundação Getulio 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 (FGV-GVces, 2008).

De acordo com FGV (2023), o Programa Brasileiro GHG Protocol possui em 2021, 305 membros. Conforme Figura 8, entre os anos de 2020 e 2021 houve um crescimento considerável dos participantes com relação aos anteriores.

Figura 8 - Dados referente ao total de membros do Programa Brasileiro GHG Protocol



Fonte: FGV (2023).

O principal objetivo do programa é promover, por meio de engajamento e capacitação técnica e institucional, o cálculo e a elaboração de inventários de emissões de GEE (FGV-GVces, 2008), o qual deverá estar em conformidade com os cinco princípios apresentados na Figura 9.

Figura 9 - Princípios de contabilização dos GEE

Relevância	Assegura que o inventário de GEE reflita, com exatidão, as emissões da empresa e que sirva as necessidades de decisão dos usuários, tanto no nível interno como externo da organização.
Integralidade	Orienta o registro e a comunicação de todas as fontes e atividades de emissão de GEE dentro dos limites do inventário para que o mesmo seja abrangente e significativo.
Consistência	A aplicação consistente de abordagens de contabilização, limites de inventário e metodologias de cálculo é essencial para produção de dados emissões de GEE que sejam comparáveis no tempo.
Transparência	Informações sobre processos, procedimentos, pressupostos e limitações do inventário devem ser reveladas com transparência com base em documentação e arquivos claros.
Exatidão	Os dados devem ser precisos permitindo que os usuários tomem decisões com confiança tendo em vista que as informações relatadas tem credibilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Os princípios formam a base para as justificativas e para as explicações exigidas, e convém que seja feito referência de como eles foram aplicados durante todas as atividades realizadas. É recomendado que seja documentada a aplicação dos princípios nas atividades relacionadas à contabilização, gestão e remoção das emissões de GEE (ABNT e BID, 2013).

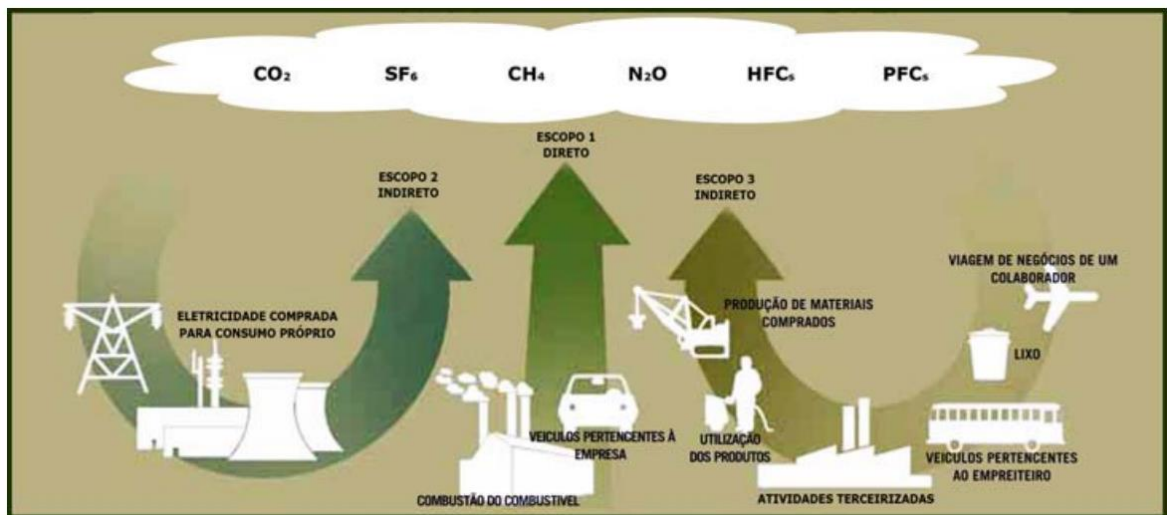
3.3.1 Limites Organizacionais

A organização deve definir seus limites organizacionais, estabelecendo que unidades ou instalações serão contempladas pelo inventário e deve consolidar suas emissões e remoções pela abordagem de controle, onde a organização é responsável por todas as emissões e/ou remoções de GEE de instalação sobre as quais possui controle financeiro ou operacional e pela participação acionária, considerando as respectivas instalações (ABNT, 2022).

3.3.2 Limites Operacionais

Depois de estabelecidos os limites organizacionais, deve ser estabelecido e documentado os seus limites operacionais. Estabelecer limites operacionais significa identificar emissões e remoções de GEE associadas às operações da organização, categorizando as emissões e remoções de GEE em emissões diretas - Escopo 1, emissões indiretas por uso de energia - Escopo 2 e outras emissões indiretas - Escopo 3 (ABNT e BID, 2013), conforme Figura 10.

Figura 10 - Visão geral dos escopos e emissões ao longo da cadeia de valor



Fonte: Guia para a elaboração de inventários corporativos de emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE).

O Escopo 1 são fontes que pertencem ou são controladas pela empresa, normalmente associadas as emissões diretas como geração de eletricidade, calor ou vapor, em fontes estacionárias como caldeiras, fornos e turbinas; processamento ou fabricação de produtos químicos e materiais como cimento e alumínio; transporte de materiais, produtos, resíduos e colaboradores em veículos de organização que representam as fontes móveis e fuga de emissões, intencionais ou não, de fontes próprias como descarga de GEE na ligação de equipamentos, tampas, embalagens e tanques, bem como emissões de metano de minas de carvão e ventilação, entre outros (FGV-GVces, 2008).

O Programa Brasileiro GHG Protocol recomenda a classificação das emissões diretas em seis categorias de Escopo1: a) combustão estacionária, b) combustão móvel, ambos proveniente da queima de combustível em que ocorre sua oxidação, c) processos industriais, proveniente da transformação química ou física de algum material (com exceção da sua

combustão); d) resíduos sólidos e efluentes líquidos, proveniente do tratamento de resíduos; e) fugitivas, liberações de GEE; f) agrícolas, emissões não mecânicas de atividade agrícola ou pecuária e g) mudança no uso do solo, emissões não mecânicas (FGVces, 2018).

As fontes mecânicas são as que consomem combustíveis ou eletricidade, portanto emitem emissões de GEE pelo processo de combustão, as não mecânicas são as que emitem GEE por processos bioquímicos e possuem uma grande variação de acordo com as condições bioclimáticas, que por muitas vezes estão ligadas aos ciclos de nitrogênio e carbono e mudança no uso do solo ocorre quando há supressão de vegetação nativa para uso posterior da área para outros fins e são consideradas não renováveis, pois há uma substituição permanente de um reservatório de carbono antigo (WRI, 2015).

O Escopo 2 consiste nas emissões indiretas de GEE de eletricidade, o qual contabiliza a geração adquirida ou consumida pela empresa, ou seja, a eletricidade comprada ou trazida para dentro dos limites organizacionais da empresa (FGV-GVces, 2008).

Para tanto são adotadas três categorias: a) aquisição de energia elétrica, emissões relacionadas a aquisição de energia; b) aquisição de energia térmica, emissões relacionadas ao consumo de energia térmica gerada por terceiros; e c) perdas por transmissão e distribuição, emissões relacionadas a parcela de energia elétrica perdida pelos sistemas de transmissão e distribuição, sendo aplicável somente a empresas que possuam tais sistemas em suas operações (FGVces, 2018).

E o Escopo 3 permite a abordagem de todas as outras emissões indiretas, ou seja, as decorrentes das atividades da empresa que são produzidas em fontes que não pertencem ou não são controladas pela empresa. Por exemplo, utilização de produtos e serviços vendidos, transporte de materiais de veículos que não sejam da organização ou bens comprados, atividades terceirizadas, tratamento de resíduos produzido em operações e etc (FGV-GVces, 2008).

Estas emissões podem ser classificadas em *Upstream*, emissões indiretas de GEE relacionadas a bens e serviços comprados ou adquiridos e *Downstream*, emissões indiretas de GEE relacionadas bens e serviços que não foram comprados ou adquiridos, essa distinção é baseada nas transações financeiras da organização inventariante (FGVces, 2018).

A organização pode excluir da quantificação as fontes ou sumidouros de GEE diretos ou indiretos cuja contribuição para as emissões e remoções não sejam materiais ou cuja quantificação não seja técnica ou economicamente viável. A organização deve explicar por que determinadas fontes ou sumidouros de GEE foram excluídos da quantificação (ABNT e BID, 2013).

3.3.3 Quantificação das emissões de GEE

A organização deve selecionar e utilizar metodologias de quantificação que minimizem a incerteza e produzam resultados precisos, consistentes e reproduzíveis. A abordagem de quantificação também deve considerar a viabilidade técnica e o custo (ABNT, 2022).

Para fins comparativos a organização deve estabelecer um ano-base histórico para emissões de GEE. Estas podem ser quantificadas com base em um período específico, por exemplo, um ano ou parte de um ano em que a sazonalidade é uma característica da atividade da organização ou média de vários períodos (ABNT, 2022).

3.3.4 Cálculo das emissões de GEE

A organização deve calcular as emissões de GEE através do processo de obtenção de dados por meio de medição ou modelagem, explicando e documentando sua abordagem de quantificação para posterior realização do cálculo. Deverá ser convertido a quantidade de cada tipo de GEE em toneladas de CO₂, também é recomendado utilizar GWP apropriado, preferencialmente, o último do IPCC (ABNT, 2022).

Os valores de referência a serem adotados para GWP estão contidos no Quinto Relatório de Avaliação do IPCC (*Fifth Assessment Report* ou AR5), ou valores contidos em relatórios subsequentes do IPCC, desde que futuramente aprovados pelas partes signatárias do AP (FGVces, 2022).

Conforme estipulado pelo GHG Protocol, os GEE a serem quantificados e reportados são dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hexafluorsulfúrico (SF₆), hidrofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbonos (PFCs) e trifluoreto de nitrogênio (NF₃) (WRI, 2015).

Os cálculos devem incluir apenas as emissões antrópicas por fontes e remoções por sumidouros de GEE não controlados pelo Protocolo de Montreal, por isso, não se deve incluir os gases CFCs e os HCFCs, que destroem a camada de ozônio, os quais já são controlados pelo mesmo (WRI, 2015).

Importante ressaltar que a medida “CO₂ equivalente” é uma forma de quantificar diferentes GEE em uma unidade única. Esta quantificação incorpora a conversão das emissões de diferentes GEE, especialmente dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso

(N₂O), considerando o seu respectivo potencial de aquecimento global (GWP), disponibilizado pelo IPCC (ANP, 2023).

3.3.4.1 Ferramenta GHG Protocol

Normalmente, as emissões podem ser calculadas com base em balanço de massa ou cálculos estequiométricos, específicos para um dado local de trabalho ou processo. Contudo, a abordagem mais comum para calcular emissões de GEE, é através de aplicações de fatores de emissão documentados (WRI e WBCSD).

Há duas categorias principais de ferramentas de cálculo, a de setores cruzados que podem ser aplicadas a diferentes setores, isto inclui combustão estacionária, combustão móvel, utilização de HFC na refrigeração e ar condicionado e na incerteza de medições e estimativas e as específicas de setor que são concebidas para calcular emissões como o alumínio, ferro e aço, cimento, petróleo, empresas de escritório, etc. (WRI e WBCSD).

Para auxiliar no cumprimento destes objetivos, a FGV e o WRI desenvolveram para o programa a “ferramenta de estimativas de gases de efeito estufa para fontes intersetoriais” (Ferramenta GHG Protocol), o qual encontra-se atualmente na versão 2023.0.3 (FGV, 2023).

Os fatores de emissão sugeridos na ferramenta são baseados em publicações reconhecidas internacionalmente como os métodos do IPCC (2006), da US-EPA, da DEFRA, entre outros. Estes fatores sugeridos, são parâmetros gerais e quando utilizados para casos específicos podem não corresponder a realidade. Além disso, tais fatores estão em constante evolução, acompanhando o desenvolvimento das pesquisas, assim o usuário pode editar os fatores de emissão específico para sua organização (FGV, 2023).

O programa disponibiliza uma planilha de cálculo, em arquivo excel, para o cálculo das emissões de GEE, com sugestões metodológicas e fatores de emissão. Ela é dividida por escopos e dentro de cada um deles encontram-se as devidas categorias a serem identificadas e quantificadas (Gomes, 2020).

As emissões totais de cada categoria são apresentadas em dois diferentes resultados na planilha: emissões totais em CO_{2eq} (toneladas métricas) e quando há a utilização de biomassa ou biocombustíveis, emissões totais com CO₂ biogênico (toneladas métricas) (Gomes, 2020).

3.3.5 Cálculo do estoque de carbono

Os estoques de carbono correspondem à quantidade de carbono não disponível na atmosfera, encontrando-se mantidos, por exemplo, na biomassa acima e abaixo do solo, na matéria orgânica morta, na matéria orgânica incorporada ao solo, etc. Estes estoques são reversíveis, sendo que todo carbono sequestrado e estocado eventualmente poderá ser novamente emitido para a atmosfera, gerando novos fluxos de emissões e remoções de CO₂ nestes sistemas (FGVces, 2023).

Os valores de estoque de carbono na vegetação nativa presentes no Quarto Inventário Nacional de emissões e remoções de gases de efeito estufa, são relativos ao estoque total (somando os compartimentos de estoque acima do solo, abaixo do solo, de serrapilheira e madeira morta) estimados para cada classe conforme mapa de fitofisionomias do IBGE (IBGE, 2012) *apud* (SEEG, 2022).

Para compatibilizar as classes de vegetação nativa do IBGE e as classes do MapBiomas, foram agrupados os tipos de vegetação de acordo com sua classificação, baseado em consulta com especialistas de cada bioma e posteriormente calculado através da média ponderada dos estoques de cada tipo de vegetação do IBGE de acordo com sua proporção no bioma. Os valores de estoque originais estão apresentados na tabela 2 da nota metodológica SEEG 9 – Setor Mudança de Uso da Terra e Florestas (versão 4) (SEEG, 2022).

Os estoques de floresta secundária remanescente foram definidos como 44% do estoque de vegetação original em todos os biomas (MCTI, 2020) *apud* (SEEG, 2022).

3.3.6 Cálculo de remoção de carbono

O *Forest Land*, em português, Área Florestal, utiliza métodos para estimar as emissões e remoções de gases do efeito estufa devido às alterações na biomassa, na matéria orgânica morta e no carbono orgânico do solo em terrenos, baseado nas diretrizes revisadas do IPCC de 1996 para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa e nas Orientações de Boas Práticas para Uso do Solo, Mudança no Uso do Solo e Silvicultura - GPG-LULUCF (IPCC, 2006).

As diretrizes fornecem métodos para estimar e relatar fontes e sumidouros de gases de efeito estufa apenas para florestas manejadas, o qual são divididas em duas subcategorias: Terras Florestais Restantes Terras Florestais - *Forest Land Remaining Forest Land*, que estão sob área florestal há mais de 20 anos ou durante um período de transição específico do país e Terras Convertidas em Terras Florestais - *Land Converted to Forest Land*, fornece orientação

metodológica sobre a estimativa anual de emissões e remoções de gases de efeito estufa que ocorrem diferentes usos da terra, incluindo agricultura, assentamentos, zonas úmidas, pastagens e outros usos (IPCC, 2006).

Conforme diretrizes do IPCC (2006) existem três níveis (*Tiers*) no que se refere aos métodos utilizados neste setor:

- a) *Tier 1*: projetado para ser o mais simples de usar, para os quais equações e valores de parâmetros padrão (por exemplo, fatores de emissão e mudança de estoque) são muitas vezes fontes de estimativas de dados de atividades disponíveis globalmente (por exemplo, taxas de desmatamento, estatísticas de produção agrícola, mapas globais de cobertura da terra, uso de fertilizantes, dados de população pecuária, etc.), embora estes os dados geralmente são espacialmente grosseiros;
- b) *Tier 2*: pode utilizar a mesma abordagem metodológica que o *Tier 1*, mas aplica fatores de emissões e de alterações de estoque que se baseiam em dados específicos do país ou da região, apropriado ao clima;
- c) *Tier 3*: são utilizados métodos de ordem superior, incluindo modelos e sistemas de medição de inventário adaptados para responder às circunstâncias nacionais, dados de classe/produção, dados de solos e dados de atividades de uso e manejo da terra, integrando vários tipos de monitoramento.

A estratificação dos tipos de florestas em subcategorias homogêneas, e se possível a nível regional ou sub-regional dentro de um país, reduz a incerteza das estimativas das emissões e remoções de gases com efeito de estufa (IPCC, 2006).

3.3.7 Categorias de qualificação

O Programa Brasileiro GHG Protocol entende que a elaboração de um inventário é um processo contínuo e em constante evolução. Por esse motivo, desenvolveu um sistema de qualificação dos inventários, que são classificados como Bronze, Prata ou Ouro (FGV EAESP, 2022).

Para qualificação do selo bronze as organizações que aderirem ao programa podem optar pela publicação de um relatório parcial, ou seja, podem submeter a um subgrupo de suas operações, fontes e/ou gases e devem informar quais as unidades, fontes e gases que não foram incluídos mas que deveriam fazer parte do inventário completo. Uma vez publicado a

empresa não poderá apresentar ao programa inventários parciais nos anos subsequentes (FGV EAESP, 2022).

A contabilização por completo de todas as emissões de GEE da organização resultante de fontes localizadas dentro dos limites geográficos estabelecidos pelo programa e dentro dos limites organizacionais e operacionais da organização participante qualificará como selo prata. E considerando o cumprimento de todos esses requisitos e a verificação por uma terceira parte independente e acreditada pelo INMETRO, classificará como selo ouro (FGV EAESP, 2022).

3.4 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA – ACV

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) consiste em uma técnica desenvolvida para mensuração dos possíveis impactos ambientais causados como resultado da fabricação e utilização de determinado produto ou serviço. A abordagem sistêmica da ACV é conhecida como do “berço ao túmulo”, na qual são levantados os dados em todas as fases do ciclo de vida do produto, relativas à extração das matérias-primas, passando pela produção, distribuição até o consumo e disposição final, contemplando também reciclagem e reuso quando for o caso (IBICT, 2023).

Devido à crescente conscientização quanto a importância da proteção ambiental e os possíveis impactos associados aos produtos, tanto na sua fabricação quanto no consumo, tem aumentado o interesse no desenvolvimento de métodos para melhor compreender e lidar com os impactos e uma das técnicas é a avaliação do ciclo de vida – ACV (ABNT, 2004).

Esta forma de análise envolve uma abordagem holística que não diz respeito apenas aos limites industriais do processo, mas também à natureza das matérias primas e recursos energéticos, diretos e indiretos, necessários, e ainda ao destino dos resíduos e subprodutos de cada etapa, além do próprio produto após sua vida útil (Tavares, 2006).

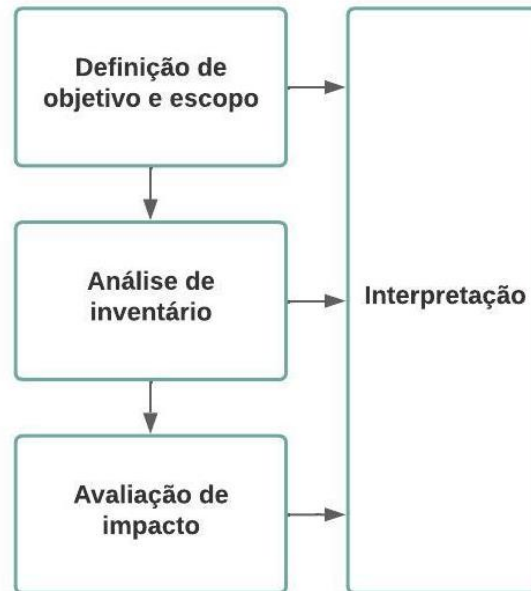
A ACV é utilizada tanto por pesquisadores, que buscam ampliar a base científica de conhecimento sobre sistemas produtivos e suas relações com o meio ambiente, quanto pela indústria, que pode aumentar a eficiência de seus processos, reduzir custos e ainda promover o marketing verde de seus produtos (IBICT, 2023).

A série de normas ISO 14040 determinam a estrutura, os princípios, os requisitos e as diretrizes que devem constar em um estudo ACV. Este se caracteriza pelo alto grau de

interação entre suas quatro grandes fases: definição de objetivo e escopo, a análise de inventários, avaliação de impactos e interpretação (IBICT, 2023).

Na Figura 11 estão apresentadas as etapas de um estudo de ACV, classificado conforme a NBR ISO 14.040/2014.

Figura 11 - Fases do ciclo de vida de um produto



Fonte: Adaptado NBR ISO 14.040 (2014).

Para definição do escopo são definidos os dados e informações que deverão ser coletados, e como serão avaliados, levando em consideração a qualidade e os impactos ambientais relacionados, este servirá como plano inicial para a condução da segunda etapa da ACV (Santiago *et al.*, 2022).

Na segunda etapa é realizada a coleta de dados e procedimentos para quantificar as entradas e saídas relevantes de um sistema de produto, o qual deverá conter entradas de energia, matéria-prima, auxiliares e outras físicas, produtos, coprodutos e resíduos, emissões atmosféricas, descargas para a água e solo entre outros aspectos ambientais (ABNT, 2004).

Em seguida, é realizado o cálculo que inclui a validação dos dados coletados, a correlação dos dados aos processos elementares bem como a dos dados aos fluxos de referência e a unidade funcional, o qual resultará no inventário do sistema definido. Convém ressaltar que o cálculo dos fluxos energéticos deverá considerar os diferentes combustíveis e fontes de energia elétrica utilizados além da eficiência de conversão e distribuição do fluxo de

energia, assim como as entradas e saídas associadas a geração e uso daquele fluxo de energia (ABNT, 2004).

Na fase de avaliação de impacto são desenvolvidos critérios de valoração para riscos e impactos ambientais associados aos fluxos detectados na análise de inventário. Busca-se traçar um perfil de atuação do processo estudado, segundo categorias quantitativas ou qualitativas que seriam normalmente difíceis de mensurar (Tavares, 2006).

Por fim, os resultados de uma análise de ciclo de vida são apresentados em relatórios, em função do objetivo e do solicitante da análise. Pelo menos um relatório deve ser completo e conter, além das etapas e fases descritas acima, todo o inventário com os dados levantados e a validação destes. Outros relatórios são elaborados apenas com os resultados, a interpretação e um resumo da metodologia utilizada (Tavares, 2006).

Entretanto encontrar base de dados de ACV adequado tem sido um trabalho de pesquisa em si. Para tanto foi criado o openLCA Nexus, um repositório online para dados de Avaliação de Ciclo de Vida que combina dados oferecidos pelos principais fornecedores de dados de ACV, como a PE International (base de dados GaBi), o centroecoinvent ou o Centro Comum de Investigação da Comissão Europeia (ELCV) (openLCA Nexus, 2023).

Os conjuntos de dados fornecidos no Nexus podem ser facilmente importados no software LCA. Partilha uma base comum de fluxos elementares e outros dados de referência e foram “ligeiramente harmonizados”, em coordenação com os respectivos fornecedores de dados, para superar diferenças metodológicas (openLCA Nexus, 2023).

Ainda, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e a Sociedade de Toxicologia e Química Ambiental (SETAC) lançaram, em 2002, uma parceria internacional em Avaliação do Ciclo de Vida (ACV IBICT, 2023). Em 2006, o Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia – IBICT apresentou o projeto “Inventário do Ciclo de Vida como competitividade na Indústria Brasileira”. Em seguida em 2008, o IBICT realizou acordos de cooperação com a Life Cycle Initiative da UNEP e a Plataforma Internacional do Ciclo de Vida. Essa plataforma tem o objetivo de compatibilizar os dados internacionalmente, com o intuito de facilitar a intercambialidade e a comparação de dados entre países. Entre 2008 e 2010, o IBICT criou uma infraestrutura de informação para disseminação do “Pensamento do Ciclo de Vida” (Macedo, 2011) *apud* (Vinhai, 2016).

O Pensamento do Ciclo de Vida (LCT) consiste em ir além do foco tradicional no local de produção e nos processos de fabricação para incluir os impactos ambientais, sociais e econômicos de um produto ao longo de todo o seu ciclo de vida. Para tanto forneceu uma base conceptual para fazer avançar a agenda de sustentabilidade nos setores públicos e privados

para auxiliar na tomada de decisões a todos os níveis relativamente ao desenvolvimento de políticas e produtos, produção, aquisição e destinação final (LCI, 2023).

Este se torna operacional através da Gestão do Ciclo de Vida (LCM), sistema de gestão de produtos que ajuda empresas a minimizar os encargos ambientais e sociais associados aos seus produtos durante todo seu ciclo de vida. Esta integração é semelhante as normas ISO 9000 e 14000 que fornece uma base para a melhoria continua (LCI, 2023).

3.4.1 Base de dados para ACV

Um banco de dados é uma coleção de dados relacionados. Este é projetado, montado e preenchido com dados para uma finalidade específica, o qual possui um grupo intencionado de usuários que estão interessados. Um sistema de gerenciamento de banco de dados é um sistema computadorizado, denominado software, que facilita a definição, construção, manipulação e compartilhamento de bancos de dados entre usuários e aplicações (Elmasri e Navathe, 2018).

O Fórum Clima (2013) destaca que os fatores de emissões de GEE são definidos cientificamente, através de cálculos estequiométricos ou outros, com confirmação empírica em laboratórios ou medições esporádicas em instalações de grande escala. Várias entidades se dedicam à construção destes fatores, disponibilizando-os para uso geral.

Geralmente, utilizam-se softwares para os cálculos quantitativos da ACV, que, além de permitirem a organização e a visualização gráfica do sistema, são abastecidos com bases de dados e diferentes métodos de cálculos. As bases de dados suprem o software conforme o sistema a ser analisado e fornecem dados referentes às entradas e saídas de cada processo (Konzen, 2020).

Comumente, as licenças para softwares são pagas, assim como cada uma das bases de dados utilizadas. Entretanto, atualmente, existem raros softwares de livre acesso, como o OpenLCA, que permite acesso gratuito e disponibiliza algumas bases de dados e métodos de cálculo também gratuitos (Konzen, 2020).

Destaca-se neste contexto o IPCC, braço científico da ONU para mudanças climáticas, que mantém e divulga um grande banco de fatores de emissão internacionalmente utilizados em inventários, projetos de créditos de carbono e outras finalidades. No Brasil, o Programa Brasileiro GHG Protocol disponibiliza uma série de fatores de emissão para uso no País. Outras entidades, usualmente ligadas à área ambiental ou a determinados setores da indústria, calculam e divulgam fatores com foco mais específico (FORUM CLIMA, 2013).

3.4.1.1 Ecoinvent

A base de dados ecoinvent abrange uma ampla gama de setores a nível global e regional e o acesso pode ser adquirido através de uma licença. Atualmente contém mais de 18.000 conjuntos de dados de Inventário de Ciclo de Vida que incluem setores da agricultura e pecuária, construção civil, produtos químicos e plásticos, energia, silvicultura e madeira, metais, têxteis, transportes, tratamento e reciclagem de resíduos e abastecimento de água, entre outros setores industriais (Ecoinvent, 2023).

Os conjuntos de dados ecoinvent contêm informações sobre o processo industrial ou agrícola que modelam, medindo os recursos naturais retirados do meio ambiente, as emissões liberadas para a água, o solo e o ar, os produtos demandados por outros processos (eletricidade) e, claro, os produtos, coprodutos e resíduos produzidos (Ecoinvent, 2023).

Os conjuntos de dados de mercado podem referir-se a uma situação global ou local. Os produtos comercializados apenas a nível global são representados por um mercado global (GLO), enquanto os produtos comercializados localmente estão disponíveis num ou mais mercados locais e, muitas vezes, num mercado adicional do Resto do Mundo (RoW) (Ecoinvent, 2023).

A base de dados ecoinvent é atualizada anualmente para incluir dados novos e atualizados, bem como melhorias técnicas. A divulgação dos dados novos e atualizados ocorre no final do verão de cada ano (Ecoinvent, 2023). A versão mais recente é o ecoinvent versão 3.9.1, entretanto a versão 2.2 ainda está em uso que se encontra disponível no Nexus (openLCA Nexus, 2023).

3.4.1.2 GaBi

O software Gabi "*Ganzheitliche Bilanz*", foi desenvolvido pela Alemã Thinkstep, antiga PE International, possui interface mais harmoniosa e de fácil compreensão, além de permitir a utilização académica através do Gabi Educational e uma completa base de dados como, Gabi Databases, Ecoinvent e U.S LCI. (Gabi Software, 2018). É uma ferramenta utilizada para construir balanços de ciclo de vida, suporta o manuseamento de grande quantidade de dados, proporciona realizar a modelagem do ciclo de vida do produto e cálculos de balanços de massa e energia de diferentes produtos (Rodrigues, 2018).

Para tanto o usuário pode escolher qual método de avaliação irá gerar os resultados no momento da compilação e, dependendo da escolha, qual categoria de impacto irá avaliar

(Lira, 2017). O GaBi calcula os potenciais impactos ambientais, bem como outras quantidades importantes de um sistema de produtos baseado em planos, que representam o sistema com seus limites. E os fluxos representam todos os fluxos de material e energia que passam entre os processos e para e do sistema, definindo os fluxos de entrada e saída do sistema (GaBi, 2017) *apud* (Queiroz, 2018).

A base de dados contempla os setores de agricultura, biocombustíveis e biomateriais, madeira e seus derivados, embalagens, materiais de construção, metais de base, químicos, entre outros, com mais de 8.300 conjuntos de dados publicados desde seu surgimento em 1990, com acesso apenas para quem possui uma licença do software (IBICT, 2016).

3.4.1.3 *Life Cycle Initiative*

O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e a Sociedade de Toxicologia e Química Ambiental (SETAC) lançaram, em 2002, uma parceria internacional em Avaliação do Ciclo de Vida (ACV IBICT, 2023). Em 2006, o Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia – IBICT apresentou o projeto “Inventário do Ciclo de Vida como competitividade na Indústria Brasileira”. Em seguida em 2008, o IBICT realizou acordos de cooperação com a Life Cycle Initiative da UNEP e a Plataforma Internacional do Ciclo de Vida. Essa plataforma tem o objetivo de compatibilizar os dados internacionalmente, com o intuito de facilitar a intercambialidade e a comparação de dados entre países. Entre 2008 e 2010, o IBICT criou uma infraestrutura de informação para disseminação do “Pensamento do Ciclo de Vida” (MACEDO, 2011) *apud* (VINHAL, 2016).

O Pensamento do Ciclo de Vida (LCT) consiste em ir além do foco tradicional no local de produção e nos processos de fabrico para incluir os impactos ambientais, sociais e económicos de um produto ao longo de todo o seu ciclo de vida. Para tanto forneceu uma base conceptual para fazer avançar a agenda de sustentabilidade nos setores públicos e privados para auxiliar na tomada de decisões a todos os níveis relativamente ao desenvolvimento de políticas e produtos, produção, aquisição e destinação final (LCI, 2023).

Este se torna operacional através da Gestão do Ciclo de Vida (LCM), sistema de gestão de produtos que ajuda empresas a minimizar os encargos ambientais e sociais associados aos seus produtos durante todo seu ciclo de vida. Esta integração é semelhante às normas ISO 9.000 e 14.000 que fornece uma base para a melhoria continua (LCI, 2023).

3.4.1.4 SICV Brasil

De acordo com o IBICT (2023) o Banco Nacional de Inventários do Ciclo de Vida - SICV é um banco de dados criado para abrigar Inventários do Ciclo de Vida (ICVs) de produtos nacionais. O sistema é um gerenciador de bases de dados que visa um conjunto consolidado dos inventários brasileiros, o que implica diretamente no aumento da competitividade da indústria nacional vinculado a um melhor desempenho ambiental de produtos e serviços.

Foi desenvolvido e mantido pelo Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT/MCTI) e abrange 218 inventários, em que são apresentados dados de entrada e saída para cerca de 30 produtos e processos da economia brasileira, sendo a maior parte do setor agropecuário, como café, cana-de-açúcar, milho, soja, entre outros, e atividades de apoio à produção agrícola. Em segundo lugar estão os inventários de transporte e em terceiro os de plástico (MCTI, 2023).

A ferramenta tem como missão manter e assegurar o acesso aos dados de inventários de produtos e processos da indústria brasileira, bem como validar as informações a serem inseridas. O banco de inventários centraliza as informações de ICVs, possibilitando a diferentes usuários de diversos setores, como governo, indústria, academia, manterem seus inventários dentro de um mesmo vínculo chamado de “Nó”. Esses vínculos se conectam formando uma rede de dados de ACV, baseada em uma estrutura de informações mundialmente integrada (IBICT, 2023).

O objetivo do SICV é implantar no país um sistema reconhecido em âmbito internacional, capaz de organizar, armazenar e disseminar informações padronizadas sobre inventários do Ciclo de Vida da produção industrial brasileira (IBICT, 2023).

3.5 LOTEAMENTO URBANO

Para uma avaliação simples do processo de urbanização, pode-se dizer que em 2008, as populações urbanas em todo o planeta superaram as populações rurais. Conforme estimativas da Organização das Nações Unidas (ONU, 2013) para 2030, mais de 60% da população mundial viverá em cidades e, para 2050, teria cerca de 70% da população do planeta urbanizada (Neto, 2019).

O parcelamento do solo pode ser considerado como o principal instrumento de estruturação do espaço urbano, uma vez que após sua implantação o espaço criado pelo mesmo manterá sua estrutura por muitos anos ou séculos e será ocupado por diversas gerações de habitantes da cidade. Dessa forma, torna-se de importância fundamental que seus projetistas dominem a forma técnica de manusear as variáveis ambientais e criar espaços de qualidade (Mesquita, 2008).

A atividade de parcelamento do solo para fins urbanos é regido pela Lei nº 6.766/1979 que define “loteamento é a subdivisão de gleba em lotes destinados a edificação, com abertura de novas vias de circulação, de logradouros públicos ou prolongamento, modificação ou ampliação das vias existentes” (BRASIL, 1979).

O objetivo do parcelamento de solo é a oferta de lotes para construção de habitações, comércios, indústrias, espaços de lazer ou institucionais. O parcelamento não pode ser considerado apenas como fracionamento de uma antiga gleba de terra em partes menores e comercializáveis; deve torná-la um espaço que apresente boas condições de habitabilidade, facilitando a circulação de bens e pessoas, a existência de redes de abastecimento de água, drenagem de águas pluviais, redes de esgoto e energia, áreas destinadas à recreação, usos institucionais e reservas biológicas (Mesquita, 2008).

Para os procedimentos necessários a realização de um loteamento é preciso considerar desde a aquisição da gleba até a entrega final do empreendimento. Dessa forma anterior a qualquer tipo de estudo dos aspectos legais, urbanísticos, e ambientais é necessário conhecer a área, a fim de verificar topografia, córregos, nascentes, vegetação, passivos ambientais, caso houver, atestando viabilidade para o empreendimento (Amadei, 2014).

De acordo com a Lei nº 6.766/1979 “a infraestrutura básica dos parcelamentos é constituída pelos equipamentos urbanos de escoamentos das águas pluviais, iluminação pública, esgotamento sanitário, abastecimento de água potável, energia elétrica e domiciliar e vias de circulação” (BRASIL, 1979). Além disso, é importante ter conhecimento do entorno da área a fim de que o projeto venha a integrar com o contexto urbano, aproveitando os componentes estruturais específicos locais (Amadei, 2014).

3.5.1 Sistema Viário

Este sistema deve se moldar a configuração topográfica a ser delineada, tendo em vista os deslocamentos fáceis e rápidos, com comunicações imediatas entre os bairros, propiciar as melhores condições técnicas e econômicas para implantação, a constituição racional dos quarteirões, praças e logradouros públicos (Mascaró, 2003).

Além disso, é composto de uma ou mais redes de circulação, de acordo com o tipo de espaço urbano, para receber veículos automotores, transporte público, caminhões, bicicletas, pedestres, entre outros. Normalmente abrange mais de 50% do custo total de urbanização e ocupa uma parcela importante do solo urbano, entre 20 e 25% (Mascaró, 2003).

3.5.2 Rede de Drenagem Pluvial

Esse sistema tem como função promover o adequado escoamento das massas líquidas provenientes das chuvas que caem nas áreas urbanas, assegurando o trânsito público e a proteção das edificações, bem como a prevenção quanto aos efeitos danosos das inundações.

Para tanto, o sistema é constituído por ruas pavimentadas, incluindo meios-fios, que são elementos utilizados entre o passeio e o leito carroçável, dispostos paralelamente ao eixo da rua, construídos geralmente de pedra ou concreto pré-moldado (Mascaró, 2003).

Também é composto por bocas-de-lobo, que são caixas de captação das águas com a finalidade de conduzi-las ao interior das galerias, estas ao receber as águas pluviais captadas encaminham ao seu destino final. As galerias, em geral, são pré-moldadas em concreto, com diâmetros entre 400 e 1500 mm (Mascaró, 2003).

O sistema dispõe de elementos que possibilitam o acesso as canalizações, para limpeza e inspeção, denominados como poços de visitas. Estes são necessários quando há mudança de direção ou declividade na galeria, nas junções de galerias, na extremidade de montante, ou quando há mudança de diâmetro das galerias. Geralmente, são executadas em tijolos ou concreto, e a tampa em ferro fundido (Mascaró, 2003).

3.5.3 Rede de Abastecimento de Água

A água destinada a alimentação e higiene pessoal apresentam maior exigência de qualidade, para tanto são executados sistemas de distribuição, que captam a água tratada, e pela rede de tubos a conduzem para o consumo. Estas redes são constituídas por uma sequência de tubulações de diâmetros decrescentes, em PVC, peças de conexão dos trechos ou

ramais, válvulas, registros, hidrantes, aparelhos medidores e outros acessórios necessários completam-na (Mascaró, 2003).

3.5.4 Rede Coletora de Esgoto

Este sistema constitui-se no complemento necessário da rede de abastecimento de água. São formados por canalizações de diversos diâmetros e funções, entre as quais se destacam por ordem crescente de vazão e de sequência de escoamento: ligações prediais, coletores secundários, coletores primários, coletores-tronco, interceptores e emissários (Mascaró, 2003).

Normalmente são utilizados tubos de seção circular, cujo material mais comum é de PVC (Mascaró, 2003).

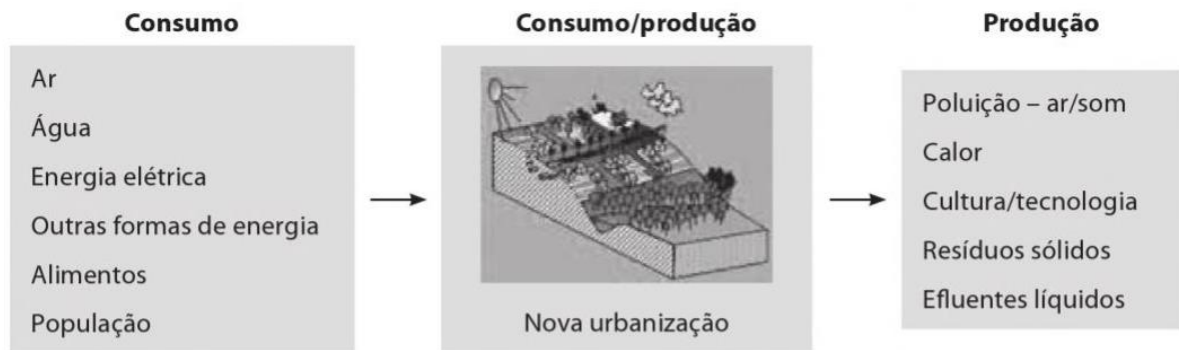
3.5.5 Rede Elétrica e Iluminação Pública

Com relação às redes que compõem este subsistema, a elétrica pode ser aérea ou subterrânea, sendo esta última solução a mais cara. Nas áreas urbanas de baixa densidade e nas de pouco poder aquisitivo, a rede elétrica aérea é a solução obrigatória pelo seu menor custo, embora produza poluição visual e apresente menor segurança que a subterrânea (Mascaró, 2003).

Os sistemas de distribuição são compostos, basicamente, pelas redes, sendo uma primária e uma secundária, e pelo posteamento, utilizado para sustentação da rede, quando aérea, normalmente de concreto tubular (Mascaró, 2003).

Entretanto a implantação de um loteamento tem direta influência no meio ambiente natural ou construído e gera impactos sobre a coletividade. Esses impactos são de diversas naturezas e vão desde os aspectos relativos a fauna e flora do local, passando pela saúde e infraestrutura e chegando as questões inerentes a paisagem da cidade. Além disso, os impactos ambientais fazem relação entre o consumo dos recursos naturais e a produção de efeitos sobre o meio onde se inseriu (Mesquita, 2008), conforme apresentado na Figura 12.

Figura 12 - Processo de implantação e geração de impactos ambientais



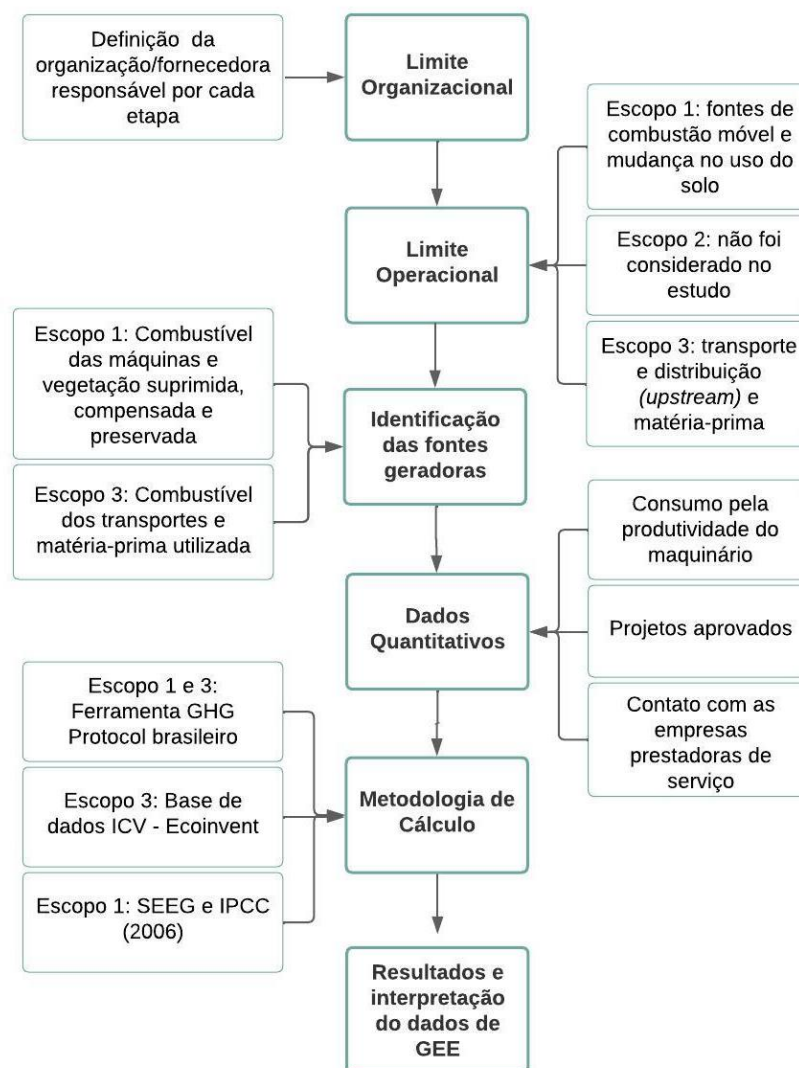
Fonte: Mesquita (2008).

A regulação do uso do solo urbano é uma questão chave para as estratégias de adaptação das cidades às mudanças climáticas. A forma como são tomadas as decisões sobre o uso do solo e o crescimento das cidades envolve um sistema complexo, no qual atuam agentes públicos e privados. Esse sistema abrange, de um lado, o mercado imobiliário, para o qual o solo urbano é uma mercadoria, cuja produção deve ser ampliada, e por outro, estruturas legais, administrativas e fiscais, através das quais o Estado deve regular a produção e o uso do solo, visando o interesse coletivo, ou a função social da cidade (Braga, 2012).

4 METODOLOGIA

Para o presente estudo, desenvolvido na fase de implantação do loteamento residencial, a fim de identificar, quantificar e elaborar o estudo de emissões de gases do efeito estufa, foram utilizadas metodologias como a ferramenta GHG Protocol, coeficiente de estoque de carbono, bem como cálculo de emissão e remoção de carbono para mudança no uso do solo e bases de dados de ICV. Na Figura 13 está apresentado o fluxograma representativo das etapas que foram desenvolvidas neste estudo.

Figura 13 - Fluxograma representativo da metodologia



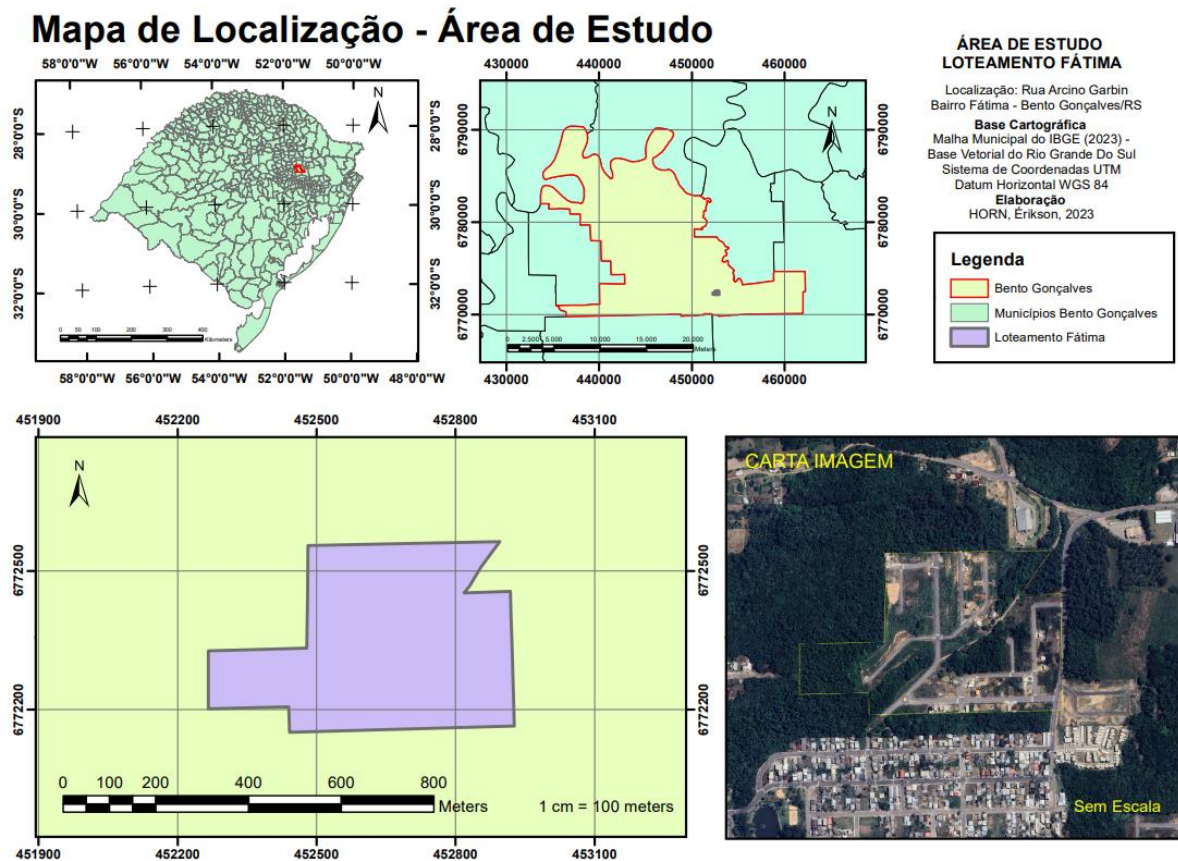
Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Usualmente, conforme à ABNT NBR ISO 14064-1 (ABNT, 2022), deve ser definido um ano-base, ou seja, período específico de emissões dos GEE, porém, neste caso a avaliação foi desenvolvida, de forma similar a uma ACV, para uma Unidade Funcional, sendo avaliado o período de produção do loteamento, em atendimento à ABNT NBR ISO 14040/2009 (ABNT, 2022).

4.1 LOTEAMENTO INVENTARIADO

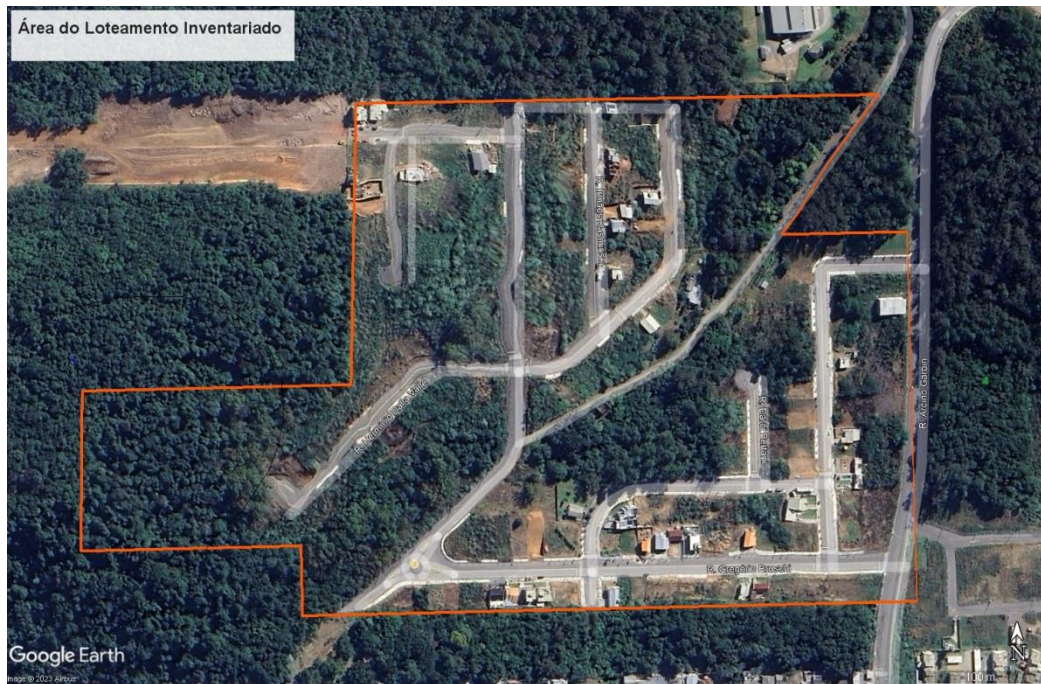
O loteamento inventariado no presente estudo está localizado na Rua Arcino Garbin, S/N, Bairro Fátima no município de Bento Gonçalves/RS, conforme Figuras 14 e 15, e teve como finalidade o parcelamento de solo para ocupação residencial em uma área total de 199.747,67 m². Atualmente encontra-se em operação, autorizado pela Licença de Operação n° 232/2021 – Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Bento Gonçalves.

Figura 14 - Localização do loteamento a ser inventariado



Fonte: HORN (2023).

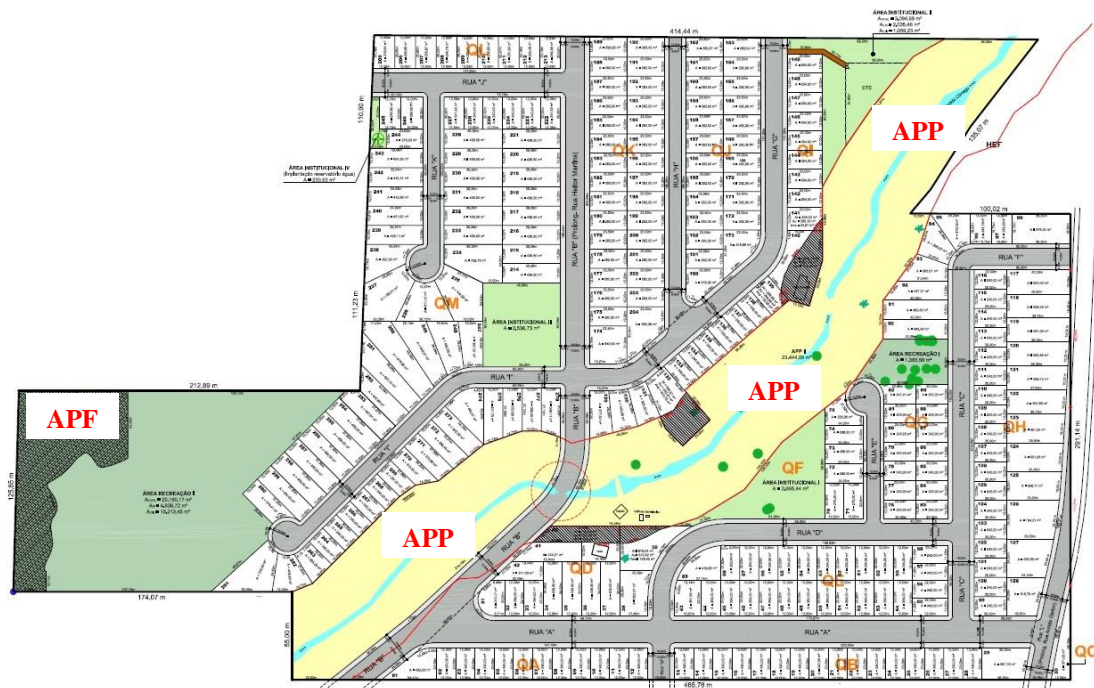
Figura 15 - Polígono da área total inventariada



Fonte: Google Earth (2023).

O projeto urbanístico foi aprovado no ano de 2017 pelo setor do Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano – IPURB de Bento Gonçalves, contemplando 278 lotes, três áreas destinadas ao uso institucional e duas para recreação pública, conforme apresentado na Figura 16. Também foram executadas as redes de abastecimento de água, coletora de esgoto, drenagem pluvial, elétrica e iluminação pública, bem como a pavimentação asfáltica do sistema viário.

Figura 16 - Projeto urbanístico do loteamento inventariado



Fonte: Elaborado pela empresa inventariada (2021).

A gleba apresenta uma área de 4.936,72 (30,02%) coberta por vegetação nativa secundária em estágio médio de regeneração, destinada à Área de Preservação Florestal - APF, em atendimento ao Art. 31º da Lei 12.428/2006 que dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, bem como uma área de 34.135,47 m² destinada a Área de Preservação Permanente - APP devido à existência de um curso hídrico que cruza o loteamento sentido sudoeste/nordeste, em atendimento ao Art. 4º, inciso I, alínea “a” da Lei 12.651/2012 que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa.

4.2 LIMITE ORGANIZACIONAL

Para estabelecer o limite organizacional, foi abordado o controle operacional, no qual a organização é responsável por todas as emissões de GEE de instalações sobre as quais possui controle financeiro ou operacional.

Sendo assim, foram consideradas as fontes de emissão de GEE da empresa matriz, unidade relatora, sobre a qual possui controle operacional e as fontes das empresas terceiras, sobre a qual a empresa matriz possui controle operacional, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Etapas e organização responsável

Etapas	Organização executora/fornecedora
Matéria-prima (pavimentação do sistema viário)	Empresa terceirizada
Matéria-prima (rede de água, esgoto, pluvial e elétrica/iluminação pública)	Fornecedores de materiais
Pavimentação do Sistema Viário	Empresa terceirizada
Rede Coletora de Esgoto	Empresa matriz e Empresa terceirizada
Rede de Abastecimento de Água	Empresa matriz e Empresa terceirizada
Rede de Drenagem Pluvial	Empresa matriz e Empresa terceirizada
Rede Elétrica/Iluminação	Empresa terceirizada
Supressão da Vegetação Nativa Secundária	Empresa matriz
Terraplanagem	Empresa terceirizada

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Conforme observado na Tabela 2, a empresa terceirizada é responsável pela maior parte de execução do loteamento inventariado.

4.3 LIMITE OPERACIONAL

O estudo trata da fase de implantação do loteamento residencial e considerando a identificação das etapas como, a supressão da vegetação, terraplanagem, rede de abastecimento de água, rede coletora de esgoto, rede de drenagem pluvial e pavimentação, foram realizadas para definição do limite operacional, os Escopos 1, 2 e 3, as emissões diretas e indiretas e a descrição das fontes de emissões.

Cabe ressaltar que não existem emissões de Escopo 2 no estudo, pois contabiliza as emissões de GEE provenientes da aquisição de energia elétrica e térmica consumida, seja ela comprada ou trazida para dentro dos limites organizacionais da empresa, que não é o caso para a etapa considerada no presente estudo.

E quanto ao Escopo 3, foram contabilizadas as emissões de gases de efeito estufa de forma parcial, conforme a disponibilidade de dados.

4.4 IDENTIFICAÇÃO DAS FONTES GERADORAS DE GEE

Considerando que a implantação do loteamento ocorreu entre os anos de 2017 e 2021 e com base no limite operacional, a identificação das fontes geradoras de GEE foram realizadas conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Identificação das fontes geradoras de GEE

Escopo	Fonte de emissão	Categoria	Empresa	Registros
Escopo 1	Combustível dos maquinários	Combustão móvel	Matriz	Planilha .xls
	Combustível dos maquinários	Combustão móvel	Terceirizada	Contato com Gerente do setor comercial
	Supressão da vegetação	Mudança no uso do solo	Matriz	Projeto de manejo florestal
	Compensação Florestal	Mudança no uso do solo	Matriz	Projeto de compensação florestal
Escopo 3	Extração/Produção da Matéria-prima	Matéria-prima	Terceirizada	Projetos aprovados pela concessionária
	Combustível dos transportes	Transporte e distribuição (<i>upstream</i>)	Terceirizada	Notas fiscais e contato com as empresas fornecedoras

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

4.5 QUANTIFICAÇÃO DAS EMISSÕES DE GEE

Considerando a identificação das fontes de emissão dos gases de efeito estufa, a etapa seguinte foi o levantamento dos dados quantitativos em relação ao consumo de combustível durante a execução da infraestrutura do loteamento bem como do transporte da matéria-prima, área total para cada tipologia de vegetação nativa secundária suprimida e compensada e quantidade de matérias-primas selecionadas para estudo, bem como a metodologia de cálculo utilizada para estimas as emissões de GEE.

A quantificação e metodologia de cálculo, para cada uma das fontes, adotou diferentes critérios o qual são descritos, detalhadamente, na sequência.

4.5.1 Escopo 1 – Combustão móvel

Para obter os dados quantitativos de combustão móvel foram consideradas duas situações: as emissões geradas pela empresa matriz e as emissões geradas pelas empresas terceirizadas. Sendo assim, para a empresa matriz os dados reais foram obtidos através de uma planilha .xls onde consta o controle de custos de obra do loteamento, com informações exatas de descrição da atividade, data de execução, equipamento, horímetro inicial, final bem como a diferença e o consumo real do equipamento em L/h.

Com base nesses dados foi possível obter o consumo total em litros, multiplicando o valor do horímetro total pelo consumo em L/h para cada uma das fontes de emissão.

Quanto aos dados da empresa terceirizada, foi elaborado com base nos dados fornecidos pela empresa, no qual pelo volume total em m³ de movimentação do solo (corte e aterro) bem como pela quantidade de matéria-prima determinados em projeto, foi possível estimar o consumo de combustível pela produtividade de cada maquinário.

Cabe ressaltar que na ausência destas informações, as estimativas podem ser avaliadas de acordo com a Distância Média de Transporte – DMT, que corresponde a distância percorrida pelos caminhões da origem ao destino, medida em tonelada por quilômetro por hora dos maquinários (Lopes et al., 2023).

Para estimar as emissões de GEE, foi utilizada a ferramenta de cálculo intersetorial GHG protocol, versão 2023.0.3 (FGV, 2023), aba Combustão móvel, Subseção transporte rodoviário, Item 1, para os veículos com descrição, ano de fabricação da frota e quantidade de combustível consumido no ano.

4.5.2 Escopo 1 – Mudança no uso do solo

Com relação à mudança no uso do solo os dados foram obtidos no projeto e planta de manejo vegetal e compensação florestal, apresentados pelo Engenheiro Florestal responsável e aprovado pela Secretaria Municipal de Meio Ambiental de Bento Gonçalves no processo de licenciamento ambiental, que contempla a caracterização de cada tipologia vegetal, bem como a metragem quadrada de cada uma.

Para as estimativas de emissões referente à mudança no uso do solo do Escopo 1, foram consideradas as metodologias da “Nota Metodológica SEEG 9 – Setor Mudança de Uso da Terra e Florestas (SEEG, 2021)” e o “*Chapter Forest Land*” – Setor AFOLU (IPCC, 2006).

Existem diversas metodologias utilizadas para mudança no uso do solo, como por exemplo, a “Nota Técnica Internacional - *Greenhouse Gas Protocol Calculation Tool For Forestry In Brazil* (WRI, 2020) e a “Quarta Comunicação Nacional do Brasil a UNFCC” (MCTI, 2020), porém foi utilizado o SEEG tendo em vista que esse sistema é baseado nas diretrizes do IPCC, na metodologia dos Inventários Brasileiros de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases do Efeito estufa, elaborado pelo MCTI, além de dados obtidos junto a relatórios governamentais, institutos, centros de pesquisas, entre outros.

Para o estoque de carbono da vegetação nativa secundária suprimida, foi considerado o valor de 56,23 tC/ha, referente a 44% do estoque da vegetação original do Bioma Mata Atlântica da classe floresta (SEEG, 2021).

A conversão de estoque de carbono para CO₂, foi utilizado o valor do estoque de carbono total multiplicado pelo fator de conversão 3,67 tCO₂ (razão entre a massa molar do CO₂ e do C), equivalente a uma tonelada de carbono (IPCC, 2006).

Também foram estimadas as remoções de carbono, referente às áreas de compensação florestal, plantio de mudas nativas, Preservação Florestal e Preservação Permanente, seguindo as orientações para inventários nacionais de gases de efeito estufa do setor “AFOLU – *Agriculture, Forestry and Other Land Use*, categoria *Forest Land*” (IPCC, 2006).

Para tanto, foram utilizadas a Equação 1 que trata do aumento anual nos estoques de carbono e a Equação 2, que se refere ao incremento médio anual na biomassa, *Tier 1*.

$$\Delta CG = \sum_{i,j} (A * G_{Total} * CF) \quad (1)$$

Onde:

ΔCG = aumento anual da biomassa de carbono estocada devido ao crescimento da biomassa remanescente na área (t C/ano)

A = área remanescente da vegetação (ha)

G_{TOTAL} = crescimento médio anual de biomassa (d.m/ha.ano)

CF = fração de C da matéria seca (td.m)⁻¹

$$G_{Total} = \sum \{Gw * (1 + R)\} \quad (2)$$

Onde:

G_{TOTAL} = crescimento médio anual de biomassa (d.m/ha.ano)

G_w = média anual de crescimento da biomassa acima do solo (d.m/ha.ano)

R = taxa biomassa abaixo e acima do solo (t^{-1})

Na Tabela 4 são apresentados os valores adotados para cada coeficiente das equações apresentadas.

Tabela 4 - Coeficientes adotados para cálculo de remoção de carbono

Coeficiente	Valor adotado	Fonte
A	6,1	Projeto
CF	0,47	Tabela 4.3 (IPCC, 2006)
G_w (Floresta subtropical úmida ≤ 20 anos)	7	Tabela 4.9 (IPCC, 2006)
G_w (Floresta subtropical úmida > 20 anos)	2	Tabela 4.9 (IPCC, 2006)
R	0,24	Tabela 4.4 (IPCC, 2006)

Fonte: Elaborado pelo autor com base em *Forest Land* (IPCC, 2006).

Com relação à justificativa do valor adotado para os coeficientes, o CF foi definido o valor padrão, para o G_w foi considerado o Domínio Subtropical, a Zona Ecológica Floresta Subtropical Úmida e Continente América do Norte e do Sul ≤ 20 anos e > 20 anos e para R , o mesmo Domínio e Zona Ecológica, levando em conta a biomassa acima do solo $> 125 t/ha^{-1}$ (para esta informação foi consultada a Tabela 4.7 do “*Forest Land*”) (IPCC, 2006).

4.5.3 Escopo 3 – Matéria-prima

Para a quantificação da matéria-prima utilizada na execução da infraestrutura do loteamento foram consideradas as informações contidas nos projetos aprovados pelas concessionárias e prefeitura municipal, como memoriais descritivos e plantas para cada uma das etapas de implantação.

Cabe salientar que para o estudo não foram considerados todos os materiais inventariados, optou-se em avaliar os que apresentaram quantidade significativa em relação

ao total e também a sua composição, que foram a brita graduada, CBUQ, tubos de PVC, TEE PVC, curvas PVC, tubos de concreto e postes de Rede Elétrica e Iluminação Pública.

Dessa forma, a partir da quantificação da matéria-prima foram verificadas bases de dados de ICV disponíveis na plataforma openLCA Nexus para obtenção dos dados de emissão de gases do efeito estufa, contudo foram adotados somente fatores de emissão da base Ecoinvent, versão 3.9.1 (Ecoinvent, 2023). E o método de avaliação de impacto adotado é do IPCC 2021 – GWP100.

Tendo em vista que não foi possível encontrar as matérias-primas conforme referência de projeto, foi feita a pesquisa considerando a composição que mais se aproximava de cada uma elencadas nesse estudo. Isso é uma limitação da metodologia utilizada, visto que tem impactos na transformação dos materiais que não estão contabilizados.

Sendo assim, de maneira geral, foram considerados os dados do cloreto de polivinila (*polyvinylchloride*), concreto 30 MPa e 40MPa, aço (*reinforcing steel*), base de brita (*gravel, crushed*) e a produção de asfalto (*mastic asphalt*). Na Tabela 5 são apresentados os coeficientes e datasets adotados para os materiais.

Tabela 5 - Coeficientes de emissão adotados para os materiais

Material	Valor	Unidade	Datasets	Origem
Aço	2,14714	kgCO ₂ eq/kg	market for reinforcing steel reinforcing steel	S - GLO
Brita (base pavimentação)	0,00501	kgCO ₂ eq/kg	gravel production, crushed gravel, crushed	S - BR
Cloreto de polivinila (PVC)	2,44515	kgCO ₂ eq/kg	market for polyvinylchloride, suspension polymerised polyvinylchloride, suspension polymerised	S - GLO
Concreto 30MPa	300,54819	kgCO ₂ eq/m ³	market for concrete, 30MPa concrete, 30MPa	S - RoW
Concreto 40MPa	346,50905	kgCO ₂ eq/m ³	market for concrete, 40MPa concrete, 30MPa	S - RoW
Produção de asfalto	0,12378	kgCO ₂ eq/kg	mastic asphalt production mastic asphalt	S - RoW

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em Ecoinvent (2023).

Para os tubos seção circular de concreto armado da rede de drenagem pluvial, foram considerados os dados apresentados no estudo de “Avaliação do Ciclo de Vida Energético” e de Emissões de CO₂ de tubos de concreto para sistemas de drenagem pluvial urbana: Estudo de caso no Distrito Federal através de simulação de Monte Carlo (Beltrão *et al.*, 2016).

Para o desenvolvimento de ACV desenvolvida por Beltrão *et al.* (2016), o sistema analisado para a produção dos tubos foi limitado como sendo “do berço ao portão”, ou seja, da extração das matérias primas até o portão da fábrica, com o produto acabado. A Unidade Funcional (UF) adotada como referência para as entradas e saídas do sistema foi o metro (m).

Os valores adotados para o estudo foram 11,82 KgCO₂/m para tubos PA-2 DN 300 mm, 19,05 KgCO₂/m para tubos PA-2 DN 400 mm, 52,10 KgCO₂/m para tubos PA-2 DN 600 mm e 76,05 KgCO₂/m para tubos PA-2 DN 800 mm.

Tendo em vista que nos coeficientes de ICV adotados, foi necessária a conversão das unidades de medida. Para isso, foi realizada a consulta junto a ficha técnica do material, o qual apresenta as características gerais do produto, e também contato com o responsável técnico da empresa fornecedora, que informou as estimativas baseado no conhecimento do processo produtivo. Os valores adotados estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Valores para conversão das unidades de medida

(continua)

Etapa	Matéria-prima	Peso/ Volume	Fonte
Pavimentação	Brita Graduada (simples)	1.400 kg/m ³	Responsável Técnico
Pavimentação	Concreto Betuminoso Usinado a Quente CBUQ	2.100 kg/m ³	Responsável Técnico
Rede de Água	Tubo PVC PBA JEI DN 50 (classe 15)	5,22 kg/un	Tubozan
Rede de Água	Tubo PVC PBA JEI DN 100 (classe 15)	17,7 kg/un	Tubozan
Rede de Água	Tubo PVC DEFOFO DN 150 (1Mpa)	32,3 kg/un	Multilit
Rede de Água	Tubo PVC PBA JEI DN 75 (classe 15)	10,56 kg/un	Tubozan
Rede de Água	Tubo PVC-0 DN 150 PN 12,5	9,21 kg/un	Tigre
Rede de Esgoto	Tubo PVC Vinilfort DN 150	11,3 kg/un	Tigre
Rede de Esgoto	Tubo PVC Vinilfort DN 100	5,18 kg/un	Tigre
Rede de Esgoto	TEE PVC Ocre DN 150	2,24 kg/un	Amanco-Wavin

(conclusão)

Etapa	Matéria-prima	Peso/ Volume	Fonte
Rede de Esgoto	Curva PVC Ocre 90° DN 150	0,32 kg/un	Amanco-Wavin
Rede de Esgoto	Caixa de Calçada (30MPa)	0,06 m³/un	Responsável Técnico
Rede de Drenagem Pluvial	Tubo PVC Rígido DN 200 mm	14 kg/un	Amanco-Wavin
Rede Elétrica/ Iluminação	Poste Rede Elétrica e Iluminação Pública (concreto 40 MPa)	0,345 m³/un	Responsável Técnico
Rede Elétrica/ Iluminação	Poste Rede Elétrica e Iluminação Pública (aço)	35 kg/un	Responsável Técnico

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos projetos aprovados (2023).

Cabe ressaltar que os dados quanto ao peso/volume informados pelos responsáveis técnicos das empresas, em algumas etapas, foram estimados com base no conhecimento do processo produtivo.

4.5.4 Escopo 3 – Transporte e distribuição (*upstream*)

Os dados quantitativos em relação ao transporte e distribuição da matéria-prima foram obtidos através do contato com cada um dos fornecedores, com informações referentes ao transporte utilizado para entrega dos materiais, capacidade de carga e consumo de combustível em km/L.

Com base nesses dados e visando determinar o consumo total de combustível, foi dividida a capacidade de carga por viagem pela quantidade de matéria-prima, determinada em projeto, obtendo o número total de viagens (ida e volta) necessárias para transportar o material.

O resultado foi multiplicado pela distância do fornecedor até o loteamento, obtida através do *software* Google Maps (2023), indicando a quilometragem total percorrida, e em seguida foi multiplicado pelo consumo de km/L.

Uma observação importante de ser feita é quanto à capacidade de carga da matéria-prima por viagem, que dependendo do tamanho da peça e a quantidade, são transportados junto a outros materiais. Essa situação ocorreu em três momentos do estudo, para a rede de esgoto, rede de drenagem pluvial e rede elétrica/iluminação pública.

Para rede de esgoto não foi determinada à capacidade por viagem para o transporte do TEE DN 150, as curvas ocre DN 150, os prolongamentos de PV e os poços de visita, pois estes foram considerados no transporte junto aos tubos PVC, levando em consideração o espaço disponível entre uma viagem de tubos DN 150 e outra de tubos DN 100.

No transporte da matéria-prima para a rede de drenagem pluvial, ocorrem situações em que a quantidade de material excede a capacidade por viagem, e outras em que fica abaixo do limite. Para esses casos, as cargas foram compensadas, considerando o aproveitamento do transporte.

A mesma situação ocorre na etapa de rede elétrica e iluminação pública as demais matérias-primas são transportadas junto com os postes de concreto.

Posteriormente, para o cálculo de estimativas das emissões de GEE, foi utilizada a ferramenta de cálculo intersetorial GHG protocol, versão 2023.0.3 (FGV, 2023), aba transporte e distribuição (*upstream*), que contempla as emissões de transporte e distribuição de produtos comprados pela organização inventariante, Subseção transporte rodoviário, Item 1 para os veículos com descrição, ano de fabricação da frota e quantidade de combustível consumido no ano.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo estão apresentados os resultados obtidos no presente estudo, com base no limite organizacional e operacional, identificação das fontes geradoras, levantamento dos dados quantitativos, bem como na metodologia de cálculo aplicada para cada uma das etapas, categorias e fontes de emissão dos gases de efeito estufa, e as discussões pertinentes.

5.1 IDENTIFICAÇÃO DAS FONTES GERADORAS DE GEE

Considerando a definição dos Escopos e tendo em vista a metodologia aplicada para identificação das fontes geradoras de emissões de gases do efeito estufa, são apresentadas na Tabela 7 as fontes de emissão identificadas para cada escopo.

Tabela 7 - Identificação das fontes geradoras de GEE

(continua)

Escopo	Descrição	Etapa	Fonte de Emissão
Escopo 1	Combustão móvel	Supressão da Vegetação Nativa Secundária	Trator Konatsu D61 EX;
			Escavadeira Hyundai 220
			Escavadeira Hidraulica SDLG 230;
			Retroescavadeira Caterpillar;
			Caminhão Cargo Ford 1517;
		Terraplanagem	Escavadeira Hidraulica CAT 320;
			Trator Esteira CAT D6M;
			Rolo Compactador CAT 533
		Implantação das redes: Água, Esgoto e Pluvial	Escavadeira Hidraulica SDLG 230;
			Retroescavadeira Caterpillar 416G;
			Escavadeira Hyundai 220;
		Implantação da rede Elétrica e Iluminação Pública	Caminhão Munck Ford 1723
Implantação da Pavimentação	Rolo Compactador Caterpillar 533;		

(conclusão)

Escopo	Descrição	Etapa	Fonte de Emissão
Escopo 1	Combustão móvel	Implantação da Pavimentação	Caminhão Pipa;
			Motoniveladora;
			Caminhão Caçamba Mercedes;
			Trator Esteira Caterpillar D6M;
			Caminhão Espargidor;
			Vibroacabadora de Esteira Vogele;
			Rolo Pneu Hamm;
			Rolo Tandem Caterpillar
Mudança de uso no solo	Supressão da vegetação nativa	Emissão de carbono	
Escopo 3	Matéria-prima	Rede de Abastecimento de Água	Rede PVC PBA JEI;
			Rede PVC DEFOFO;
			Rede PVC-O;
		Rede Coletora de Esgoto	Rede PVC Vinilfort;
			TEE PVC Ocre;
			Curva PVC Ocre
		Rede Drenagem Pluvial	Tubo de Concreto;
			Tubo PVC rígido;
	Rede Elétrica e Iluminação Pública	Postes de concreto;	
	Pavimentação	Brita graduada;	
		Concreto Betuminoso Usinado a Quente - CBUQ	
	Transporte e distribuição (<i>upstream</i>)	Rede de Abastecimento de Água	Carreta Scanea P340
			Caminhão Truck Mercedes Benz
		Rede Coletora de Esgoto	Caminhão Truck Mercedes Benz
			Caminhão Munck Constellation Vw 24-250
		Rede Drenagem Pluvial	Caminhão Munck Iveco Tector
Caminhão Truck Mercedes Benz			
Caminhão Munck Constellation Vw 24-250			
Pavimentação		Caminhão Caçamba Mercedes Benz	
Rede Elétrica e Iluminação Pública	Caminhão Munck Ford 1723		

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

5.2 INVENTÁRIO DAS FONTES DE EMISSÕES

Posteriormente à identificação das fontes de emissão de GEE, foi realizado o levantamento dos quantitativos em relação ao consumo total de combustível dos maquinários para implantação do loteamento, bem como do transporte da matéria-prima, a área de cada tipologia de vegetação nativa suprimida, preservada e compensada e as matérias-primas consideradas no estudo.

5.2.1 Escopo 1 – Combustão móvel

Considerando a metodologia aplicada para quantificação dos dados quanto ao consumo de combustível diesel dos equipamentos da empresa matriz bem como da empresa terceirizada, são apresentados os resultados nas Tabelas 8 e 9.

Tabela 8 - Consumo de combustível das fontes de combustão móvel da empresa matriz

(continua)

Etapas	Data Execução	Equipamento	Horímetro			Consumo total de diesel	
			Inicial	Final	Diferença	L/h	L
Supressão da Vegetação Nativa Secundária	31/12/2016	Trator Konatsu D61 EX / 2015	1.716	1741	25	21	525
	31/03/2017	Escavadeira Hidraulica Hyundai 220 / 2016	575,5	584,2	8,7	18	156,6
	31/03/2017	Escavadeira Hidraulica Volvo SDLG 230 / 2016	198,5	209,5	11	16	176
	30/04/2017	Escavadeira Hidraulica Hyundai 220 / 2016	605	624	19	18	342
	30/05/2017	Retroescavadeira Caterpillar 416G / 2015	1.688	1.698	10	7	70
	30/06/2017	Trator Konatsu D61 EX / 2015	2.290,5	2.300	9,5	21	199,5
	30/06/2017	Escavadeira Hidraulica Hyundai 220 / 2016	715,7	770,2	54,5	18	981
	30/06/2017	Escavadeira Hidraulica Volvo SDLG 230 / 2016	379,5	389	9,5	16	152
	30/07/2017	Escavadeira Hidraulica Hyundai 220 / 2016	789,2	815	25,8	18	464,4
	30/08/2017	Escavadeira Hidraulica Hyundai 220 / 2016	897,7	933,7	36	18	648
	30/09/2017	Trator Konatsu D61 EX / 2015	2.605,5	2.663	57,5	21	1.207,5
	30/09/2017	Escavadeira Hidraulica Hyundai 220 / 2016	1.032,6	1.086,3	53,7	18	966,6
	30/09/2017	Escavadeira Hidraulica Volvo SDLG 230 / 2016	539	546	7	16	112
	30/09/2017	Retroescavadeira Caterpillar 416G / 2015	2.141	2.194	53	7	371
	30/09/2017	Caminhão Cargo Ford 1517 / 2009	746	770	24	3,5	84
	30/10/2017	Trator Konatsu D61 EX / 2015	2.701	2.753,5	52,5	21	1.102,5

(conclusão)

Etapas	Data Execução	Equipamento	Horímetro			Consumo total de diesel	
			Inicial	Final	Diferença	L/h	L
Supressão da Vegetação Nativa Secundária	30/10/2017	Escavadeira Hidraulica Hyundai 220 / 2016	1.097,6	1.157,7	60,1	18	1.081,8
Rede de Esgoto Sanitário	30/10/2017	Escavadeira Hidraulica Volvo SDLG 230 / 2016	560,6	607	46,4	16	742,4
Rede de Drenagem Pluvial	30/11/2017	Escavadeira Hidraulica Volvo SDLG 230 / 2016	619,5	657,3	37,8	16	604,8
Rede de Drenagem Pluvial	30/03/2018	Retroescavadeira Caterpillar 416G / 2015	2.611,6	2.671	59,4	7	415,8
Rede de Esgoto Sanitário	30/03/2018	Escavadeira Hidraulica Volvo SDLG 230 / 2016	803	583	50	16	800
Rede de Drenagem Pluvial	30/03/2018	Escavadeira Hidraulica Hyundai 220 / 2016	1.606,1	1.638,9	32,8	18	590,4
Rede de Água	30/04/2018	Escavadeira Hidraulica Volvo SDLG 230 / 2016	866	880	14	16	224
Rede de Drenagem Pluvial	30/04/2018	Retroescavadeira Caterpillar 416G / 2015	2.686	2747	61	7	427
Rede de Drenagem Pluvial	30/01/2018	Escavadeira Hidraulica Volvo SDLG 230 / 2016	728	750	22	16	352
Rede de Drenagem Pluvial	30/02/2018	Escavadeira Hidraulica Volvo SDLG 230 / 2016	763	789	26	16	416
Rede de Água	30/06/2018	Retroescavadeira Caterpillar 416G / 2015	2.853	2.878	25	7	175
Total	-	-	-	-	-	-	13.808,10

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da empresa matriz (2023).

Tabela 9 – Consumo de combustível das fontes de combustão móvel da empresa terceirizada

(continua)

Etapa	Atividade	Equipamento	Produção	Horas Totais	Consumo de diesel	
					L/h	L
Pavimentação	Regularização sub-leito	Motoniveladora	150 m ² /h	187,46	25	4.686,50
		Caminhão Pipa	300 m ² /h	93,73	12	1.124,76
		Rolo Compactador Caterpillar 533	200 m ² /h	140,6	18	2.530,80
	Base (brita graduada)	Motoniveladora	30 m ³ /h	187,46	22	4.124,12
		Caminhão Pipa	60 m ³ /h	468,66	12	5.623,92
		Rolo Compactador Caterpillar 533	40 m ³ /h	702,99	15	10.544,85
		Caminhão Caçamba Mercedes Benz	7,09 m ³ /h	3.968,60	12	47.623,20
	Imprimação	Trator de Esteira Caterpillar D6M	1800 m ² /h	15,62	12	187,44
		Caminhão Espargidor Mercedes Benz	2100 m ² /h	13,39	12	160,68
	Pintura de ligação	Trator de Esteira Caterpillar D6M	1500 m ² /h	3,75	12	45,00
		Caminhão Espargidor Mercedes Benz	2500 m ² /h	11,25	12	135,00
	Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ)	Vibroacabador de Esteiras Voegle	31,06 m ³ /h	36,22	17	615,74
		Rolo Pneu Hamm	18,12 m ³ /h	62,09	12	745,08
		Rolo Tandem Caterpillar	31,06 m ³ /h	36,22	12	434,64
	Redes de Água e de Esgoto	Escavação e Reaterro	Caminhão Caçamba Mercedes Benz	6,52 m ³ /h	172,47	12
Retroescavadeira Caterpillar 416G			30 m/h	321,17	15	4.817,55

(conclusão)

Etapa	Atividade	Equipamento	Produção	Horas Totais	Consumo de diesel	
					L/h	L
Rede de Drenagem Pluvial	Escavação e Reaterro (DN 300 e 400)	Retroescavadeira Caterpillar 416G	15 m/h	151,33	15	2.269,95
	Escavação e Reaterro (DN 600)	Retroescavadeira Caterpillar 416G	10 m/h	49	15	735,00
	Escavação e Reaterro (DN 800)	Retroescavadeira Caterpillar 416G	7 m/h	10,71	15	160,65
Rede Elétrica / Iluminação Pública	Rede Elétrica / Iluminação Pública	Caminhão Munck Ford 1723	6 h/dia	132	13	1.716,00
Terraplanagem	Escavação mecânica em solo	Escavadeira Hidráulica Caterpillar 320	50 m³/h	649,62	20	12.992,40
	Transporte do solo	Caminhão Caçamba Mercedes Benz	30 m³/h	1.082,71	12	12.992,52
	Espalhamento do solo	Trator de Esteira Caterpillar D6M	120 m³/h	270,68	25	6.767,00
	Compactação de aterro	Rolo Compactador Caterpillar 533	60 m³/h	541,35	15	8.120,25
Total	-	-	-	-	-	131.227,07

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da empresa terceirizada (2023).

Conforme apresentado nas Tabelas 8 e 9, o consumo total de combustível das fontes de combustão móvel foi de 145.035,17 litros, sendo que 13.808,10 litros corresponde à empresa matriz, representando 9,52% do total e 131.227,07 litros corresponde a empresa terceirizada, representando 90,48% do total.

5.2.2 Escopo 1 – Mudança no uso do solo

As quantidades no que se refere à área suprimida na implantação do loteamento urbano são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 - Vegetação suprimida na implantação do loteamento

Tipologia	Área total (ha)
Vegetação Nativa Secundária em Estágio Inicial	10,50
Espécies frutíferas	0,06
Vegetação Nativa Secundária em Estágio Médio	1,15
Total	11,71

Fonte: Elaborado pelo autor com base no projeto de supressão da vegetação (2023).

Para a vegetação suprimida, foi realizada a compensação florestal através do plantio de mudas nativas e outra por averbação de área equivalente a do corte, ambas com base na Instrução Normativa SEMA nº 01/2018, que estabelece procedimentos a serem observados para a Reposição Florestal Obrigatória no Estado do Rio Grande do Sul, tendo como critério o Art. 4º, §1º e §2º, que corresponde a quantificação da Reposição Florestal Obrigatória (RFO) e Art. 8º, referente a compensação florestal por área equivalente.

Para compensação florestal da Vegetação Nativa Secundária em Estágio Inicial de Regeneração suprimida bem como as espécies frutíferas, foi realizado um plantio de 1.891 mudas nativas, como forma de enriquecimento da Área de Preservação Permanente do loteamento inventariado, que corresponde a uma área de 1,95 hectares, coberta por vegetação nativa secundária.

Em relação a Vegetação Nativa Secundária em Estágio Médio de Regeneração, foi realizada a compensação por área equivalente, ou seja, 1,15 hectares, em uma área adquirida pela empresa, no mesmo município e com as mesmas características ecológicas da vegetação suprimida.

5.2.3 Escopo 3 – Matéria-prima

São apresentadas na Tabela 11 a quantidade de cada matéria-prima selecionada para o estudo, conforme critérios metodológicos descritos no item 4.5.3.

Tabela 11 - Quantitativos de matérias-primas

Etapa	Matéria-prima	Quantidade
Pavimentação	Brita Graduada (simples)	5.623,90 m ³
	Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ)	1.124,78 m ³
Rede de Água	Tubo PVC PBA JEI DN 50 (classe 15)	633 tubos
	Tubo PVC PBA JEI DN 100 (classe 15)	34 tubos
	Tubo PVC DEFOFO DN 150 (1Mpa)	159 tubos
	Tubo PVC PBA JEI DN 75 (classe 15)	51 tubos
	Tubo PVC-0 DN 150 PN 12,5	77 tubos
	Tubo PVC Vinilfort DN 150	674 tubos
	Tubo PVC Vinilfort DN 100	234 tubos
Rede de Esgoto	TEE PVC Ocre DN 150	278 un.
	Curva PVC Ocre 90° DN 150	278 un.
	Caixa de Calçada (30MPa)	278 un.
	Tubo PVC Rígido DN 200 mm	64 tubos
	Tubo de Concreto PA2 DN 300 mm	255 m
Rede Drenagem Pluvial	Tubo de Concreto PA2 DN 400 mm	880 m
	Tubo de Concreto PA2 DN 600 mm	245 m
	Tubo de Concreto PA2 DN 800 mm	38 m
Rede Elétrica/Iluminação	Poste elétrico/iluminação	87 un.

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos projetos aprovados (2023).

5.2.4 Escopo 3 – Transporte e distribuição (*upstream*)

Com base na metodologia adotada para quantificação do consumo de diesel no transporte e distribuição da matéria-prima pelos fornecedores, são apresentadas na Tabela 12 o consumo total de combustível diesel para o transporte.

Tabela 12 - Consumo de combustível quanto ao transporte e distribuição da matéria-prima

(continua)

Etapa	Matéria-prima	Local de origem	Fonte de emissão	Rendimento	Quantidade	Capacidade por viagem	Total de viagens	Distância por viagem (km)	Total (km)	Consumo de diesel (L)
Rede de Esgoto	Tubo PVC Vinilfort DN 150	Caxias do Sul	Caminhão Truck Mercedes Benz / 2018	2,8	674 tubos	300 tubos	10	46,80	468	1.310,40
	Tubo PVC Vinilfort DN 100				234 tubos	580 tubos				
	TEE Ocre DN 150				278 un.	Transportado junto com os tubos				
	Curva Ocre 90° DN 150				278 un.					
	Poço de Visita				71 un.					
Prolongamento PV 600 mm e 1000 mm	19 un.									
Rede Drenagem Pluvial	Caixa de Calçada (padrão CORSAN)	São Leopoldo	Caminhão Munck Constellation Vw 24-250	2,3	278 un.	100 unidades	6	82,60	495,60	1.139,88
	Poço de visita padrão DEP-POA	Flores da Cunha	Caminhão Munck Iveco Tector / 2013	3,7	54 un.	100 unidades	2	57	114	421,80
	Caixa coletora (boca de lobo tipo grelha)	Flores da Cunha	Caminhão Munck Iveco Tector / 2013	3,7	59 un.	12.000 Kg	2	57	114	421,80
	Caixa de passagem de coletor de fundo	Flores da Cunha	Caminhão Munck Iveco Tector / 2013	3,7	130 un.	12.000 Kg	2	57	114	421,80
	Tubo PVC DN 200 mm	Caxias do Sul	Caminhão Truck Mercedes Benz / 2018	2,8	64 tubos	270 tubos	8	46,80	374,40	1.048,32

(continuação)

Etapa	Matéria-prima	Local de origem	Fonte de emissão	Rendimento	Quantidade	Capacidade por viagem	Total de viagens	Distância por viagem (km)	Total (km)	Consumo de diesel (L)
Rede Drenagem Pluvial	Tubo de Concreto DN 300 mm	São Leopoldo	Caminhão Munck Constellation Vw 24-250	2,3	255 tubos	150 tubos	4	82,60	330,40	759,92
	Tubo de Concreto DN 400 mm	São Leopoldo	Caminhão Munck Constellation Vw 24-250	2,3	880 tubos	92 tubos	20	82,60	1.652	3.799,60
	Tubo de Concreto DN 600 mm	São Leopoldo	Caminhão Munck Constellation Vw	2,3	245 tubos	48 tubos	10	82,60	826	1.899,80
	Tubo de Concreto DN 800 mm	São Leopoldo	Caminhão Munck Constellation Vw 24-250	2,3	38 tubos	22 tubos	4	82,60	330,40	759,92
Rede de Água	Tubo PVC PBA JEI DN 50 (classe 15)	Santa Catarina	Carreta Scanea P340 / 2010	3,2	633 tubos	3000 tubos	2	336	672	2.150,40
	Tubo PVC PBA JEI DN 100 (classe 15)				34 tubos	1100 tubos				
	Tubo PVC DEFOFO DN 150 (1Mpa)	Caxias do Sul	Caminhão Truck Mercedes Benz / 2018	2,8	159 tubos	460 tubos	2	46,80	93,60	262,08
	Tubo PVC PBA JEI DN 75 (classe 15)				51 tubos	620 tubos				
Tubo PVC-0 DN 150					77 tubos	300 tubos				

(conclusão)

Etapa	Matéria-prima	Local de origem	Fonte de emissão	Rendimento	Quantidade	Capacidade por viagem	Total de viagens	Distância por viagem (km)	Total (km)	Consumo de diesel (L)
Rede Elétrica e Iluminação Pública	Poste de Concreto	Garibaldi	Caminhão Munck Ford 1723	4,5	87 un.	Indefinido	44	16,30	717,20	3.227,40
Pavimentação	Brita Graduada Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ)	Bento Gonçalves	Caminhão Caçamba Mercedes Benz	2	5.623,90 m ³	6,82 m ³	825	10	8.250	16.500
					1.124,78 m ³	6,73 m ³	167	10	1.670	3.340
Total									16.221,60	37.463,12

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados de fornecedores (2023).

A partir dos resultados obtidos estima-se o consumo total de diesel para o transporte e distribuição da matéria-prima é de 22.613,12 litros.

5.3 ESTIMATIVAS DAS EMISSÕES DE GEE

As estimativas de emissões dos gases de efeito estufa, foram obtidos a partir dos dados quantitativos de cada uma das fontes de emissão bem como a metodologia de cálculo aplicada.

5.3.1 Escopo 1 - Combustão Móvel

Para calcular as emissões de gases do efeito estufa na ferramenta GHG Protocol é necessária a fonte de emissão, ano de fabricação, quando conhecido, tipo de combustível e consumo total em litros. Dessa forma, optou-se em cada uma das etapas, em que os equipamentos utilizados fossem os mesmos, somar as horas de consumo, obtendo o consumo total de diesel em litros, conforme apresentado na Tabela 13.

Tabela 13 - Consumo total de diesel das fontes de combustão móvel por etapa

(continua)

Etapa	Fonte de Emissão	Empresa	Horas Totais	Consumo de diesel	
				Unitário (L/h)	Total (L)
Pavimentação	Rolo Compactador Caterpillar 533	Terceirizada	140,60	18	2.530,80
	Rolo Compactador Caterpillar 533		702,99	15	10.544,85
	Caminhão Pipa		562,39	12	6.748,68
	Motoniveladora		187,46	25	4.686,50
	Motoniveladora		187,46	22	4.124,12
	Caminhão Caçamba Mercedes Benz		4.141,07	12	49.692,84
	Trator de Esteira Caterpillar D6M		19,37	12	232,44
	Caminhão Espargidor		24,64	12	295,68

(continuação)

Etapa	Fonte de Emissão	Empresa	Horas Totais	Consumo de diesel	
				Unitário (L/h)	Total (L)
Pavimentação	Vibroacabador de Esteiras Vogele	Terceirizada	36,22	17	615,74
	Rolo Pneu Hamm		62,09	12	745,08
	Rolo Tandem Caterpillar		36,22	12	434,64
Redes de Água / Esgoto / Drenagem Pluvial	Escavadeira Hidráulica Volvo SDLG 230/2016	Matriz	149,80	16	2.396,80
	Retroescavadeira Caterpillar 416G/2015		145,40	7	1.017,80
	Escavadeira Hidraulica Hyundai 220/2016	Terceirizada	32,80	18	590,40
	Retroescavadeira Caterpillar 416G		532,21	15	7.983,15
Rede Elétrica / Iluminação Pública	Caminhão Munck Ford 1723	Terceirizada	136	13	1.768,00
Supressão da Vegetação Nativa	Trator Konatsu D61 EX / 2015	Matriz	144,50	21	3.034,50
	Escavadeira Hidraulica Hyundai 220 / 2016		257,80	18	4.640,40
	Escavadeira Hidraulica Volvo SDLG 230 / 2016		100,20	16	1.603,20
Terraplanagem	Retroescavadeira Caterpillar 416G / 2015	Matriz	63	7	441,00
	Caminhão Cargo Ford 1517 / 2009		24	3,5	84,00
	Escavadeira Hidráulica Caterpillar 320	Terceirizada	649,62	20	12.992,40
	Caminhão Caçamba Mercedes Benz		1.082,71	12	12.992,52

(conclusão)

Etapa	Fonte de Emissão	Empresa	Horas Totais	Consumo de diesel	
				Unitário (L/h)	Total (L)
Terraplanagem	Trator de Esteira Caterpillar D6M	Terceirizada	270,68	25	6.767,00
	Rolo Compactador Caterpillar 533		541,35	15	8.120,25

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da empresa matriz e terceirizada (2023).

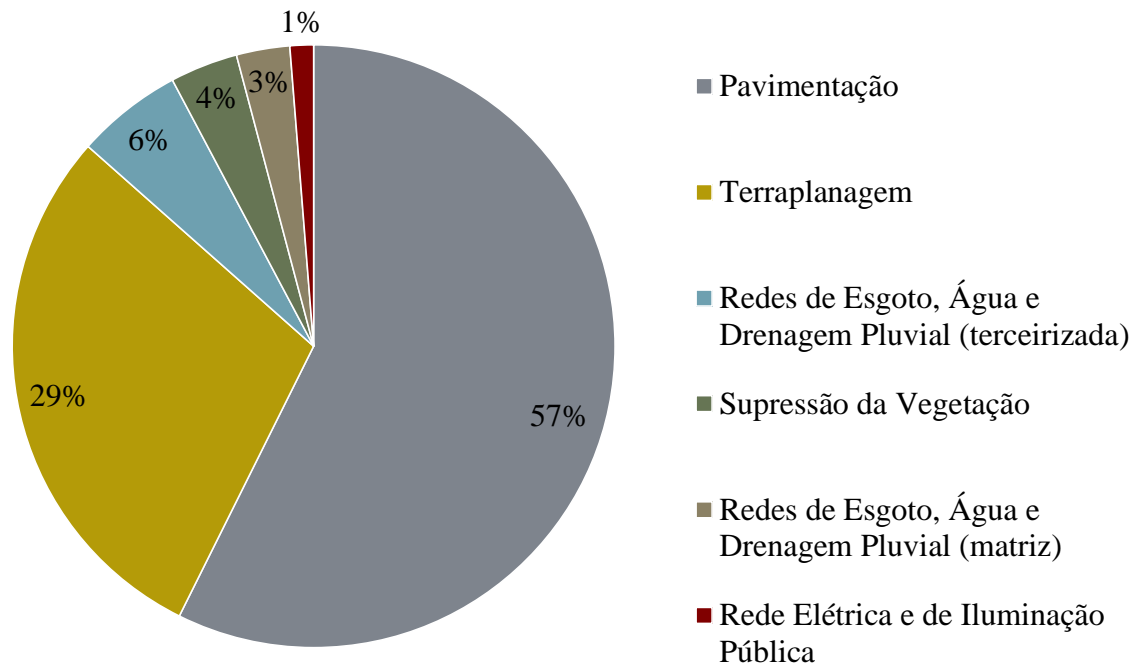
Com base nos dados obtidos foi calculado através da ferramenta GHG protocol, versão 2023.0.3 (FGV, 2023), as emissões totais por combustão móvel, em CO₂ equivalente, no período de implantação do loteamento. Os resultados estão apresentados na Tabela 14 e Figura 17.

Tabela 14 - Emissões totais de combustão móvel por etapa

Etapa	Empresa	Emissões Totais por tipo de GEE			Emissões Totais (unidade de medida)	
		kg/CO ₂	kg/CH ₄	Kg/N ₂ O	tCO ₂ e	tCO ₂ biogênico
Pavimentação	Terceirizada	188,31	0,01	0,01	191,36	19,54
Terraplanagem	Terceirizada	95,82	0,01	0,01	97,38	9,94
Redes de Esgoto, Água e Drenagem Pluvial	Terceirizada	18,7	0	0	19,01	1,94
Supressão da Vegetação	Matriz	11,61	0,0012	0,0017	12,14	2,96
Redes de Esgoto, Água e Drenagem Pluvial	Matriz	9,38	0	0	9,55	0,97
Rede Elétrica e de Iluminação Pública	Terceirizada	4,14	0	0	4,21	0,43
Total		327,96	0,0212	0,0217	333,65	35,78

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 17 - Emissões totais de combustão móvel por etapa



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

No que diz respeito ao Escopo 1, conforme pode ser observado na Tabela 13, as etapas que representam maior emissão de gases do efeito estufa de combustão móvel durante o período de implantação do loteamento é a pavimentação com 191,36 de tCO₂e, correspondendo a 57% do total. A etapa da pavimentação dispõe de uma quantidade maior tanto dos equipamentos utilizados como também do período de execução, o que explica representar maior parte das emissões de GEE, do Escopo 1.

Seguido das emissões de terraplanagem com 97,38 tCO₂e, correspondendo a 29% do total e por fim a execução das redes de água, esgoto e drenagem pluvial (escavação e assentamento), que somadas as empresas matriz e terceirizada, emitem 28,56 tCO₂eq, correspondendo a 6% do total.

Quanto às etapas de supressão da vegetação e a rede elétrica e iluminação pública, não consideram-se menos importantes, porém são as que emitem menor volume de emissões de Escopo 1, sendo respectivamente 4% e 1% do total das emissões de GEE do Escopo 1.

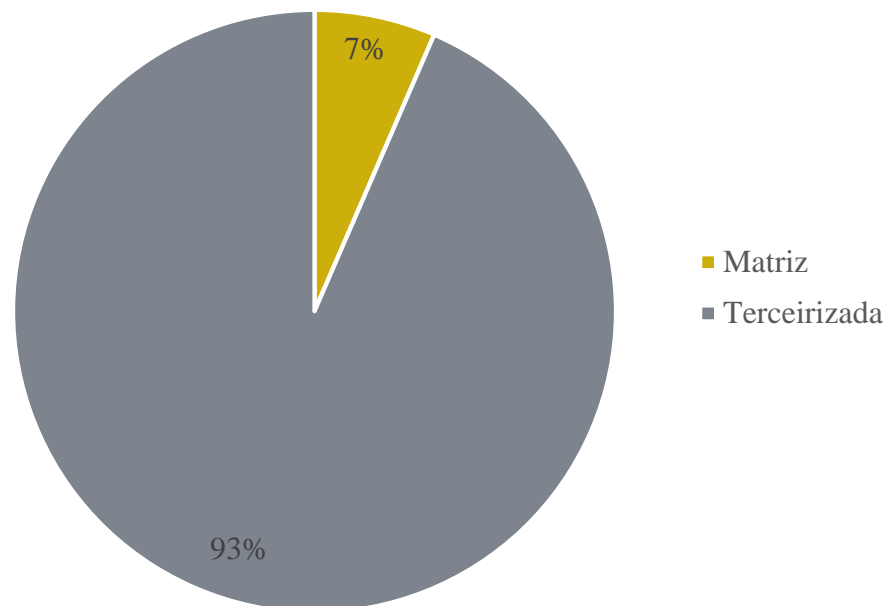
É importante observar também que as emissões por combustão móvel se refere a duas empresas, matriz e terceirizada, sendo assim são apresentadas na Tabela 15 e Figura 18, as emissões totais em cada uma das organizações. Quanto as emissões totais de CO₂ biogênico, totalizaram 35,78 toneladas.

Tabela 15 - Emissões totais, por empresa, de combustão móvel

Empresa	Emissões totais tCO_{2e}
Matriz	20,99
Terceirizada	306,97
Total	333,65

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 18 - Emissões totais, por empresa, de combustão móvel



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Todas as emissões de Escopo 1 são da empresa matriz, a diferença é que enquanto a empresa matriz é responsável por todas as emissões, somente 7% ocorrem diretamente por equipamentos dela. A maior parte das emissões de Escopo 1, ocorrem pelas empresas terceirizada, que representam 93% do total.

5.3.2 Escopo 1 – Mudança no Uso do Solo

Com vistas a estimar as emissões de GEE da mudança no uso do solo foram consideradas metodologias para calcular o estoque de carbono na vegetação nativa secundária no loteamento urbano, anterior à supressão da vegetação, as emissões quando houve a supressão e a remoção de carbono da atmosfera realizada pela área mantida como compensação florestal.

5.3.2.1 Estoque e emissão de carbono

Inicialmente foi definido o estoque de carbono na vegetação nativa secundária, anterior à supressão, a de compensação florestal, pela área equivalente a do corte, de Preservação Florestal do Bioma Mata Atlântica e da Área de Preservação Permanente. O cálculo foi realizado, multiplicando o coeficiente de carbono do item 4.6.2.1 (56,23 tC/ha), pela área, estimando o valor em tC. Na Tabela 16 é apresentada a quantidade de estoque de carbono relativa a cada área.

Tabela 16 - Estimativas do estoque de carbono

Definição	Área total (ha)	Estoque	
		(tC)	(tCO _{2e})
Área de vegetação suprimida	11,71	658,45*	2.416,52*
Área de Preservação Permanente	1,46	82,09	301,29
Área de compensação florestal equivalente	1,15	64,66	237,31
Área de Preservação Florestal(Bioma Mata Atlântica)	4,93	277,21	1.017,37
Total		1.081,87	3.972,49

*valor correspondente a emissão da supressão de vegetação

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Com relação a emissão de carbono, foi considerada somente para área de vegetação suprimida, as demais permaneceram preservadas. Dessa forma, considerando o estoque de carbono, anterior a supressão da vegetação, de 2.416,52 tCO_{2e}, as emissões após a supressão da vegetação será equivalente ao estoque.

5.3.2.2 Remoção de carbono

De acordo com a “Nota Técnica Uso do *GHG Protocol Agricultural Guidance* e contabilização de emissões resultantes das práticas agrícolas e de mudanças no uso do solo – versão 3.0”, as remoções ou emissões (reflorestamento ou desmatamento) decorrentes do atendimento de condicionantes e licenças ambientais ou ocorridas em áreas de proteção e preservação, deverão ser contabilizadas da mesma forma que demais fontes (FGV Eaesp, 2022).

No primeiro momento foi realizado o cálculo do fluxo de estoque de carbono, ou seja, o incremento anual de carbono na biomassa das plantas através da remoção de CO₂ da atmosfera, pelo método *Gain-Loss*, abordagem *Tier 1*, baseada em fatores de emissão padronizada internacionalmente, de acordo com o estágio sucessional da vegetação, o bioma e o clima da região. Na Tabela 17 é apresentado o incremento médio anual na biomassa.

Tabela 17 - Incremento médio anual na biomassa

Tipo de Floresta	Subcategoria	Gw (t/ha.ano)	R (t)	G^{total} (t/ha.ano)
Subtropical	Floresta subtropical úmida > 20 anos	2	0,24	2,48
	Floresta subtropical úmida ≤ 20 anos	7	0,24	8,68

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Posteriormente foi realizado, para cada área florestal preservada e compensada, o cálculo do aumento anual no estoque de carbono da biomassa. Ainda, para fins comparativos do total das emissões de GEE, foi realizada a conversão para tCO_{2e}/ano, conforme apresentado na Tabela 18.

Tabela 18 - Aumento anual nos estoques de carbono da biomassa

Tipo de Floresta	Subcategoria	Definição	Área (ha)	Gtotal (t/ha.ano)	CF (C/t)	ΔCG (tC/ano)	ΔCG (tCO_{2e}/ano)
Subtropical	Floresta subtropical úmida ≤ 20 anos	Área de Preservação Permanente	1,46	8,68	0,47	5,95	21,83
	Floresta subtropical úmida ≤ 20 anos	Área do plantio de compensação florestal	1,95	8,68	0,47	7,95	29,17
	Floresta subtropical úmida > 20 anos	Área de compensação florestal equivalente	1,15	2,48	0,47	1,34	4,91
	Floresta subtropical úmida > 20 anos	Área de Preservação Florestal (Bioma Mata Atlântica)	4,93	2,48	0,47	5,75	21,10

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Os ecossistemas florestais podem necessitar de um certo tempo para regressarem ao nível de biomassa, solo estável e reservas em estado não perturbado. O período de transição necessário para atingir novos níveis de carbono no solo é 20 anos, intervalo considerado para mudanças nos estoques de carbono após mudanças no uso do solo (IPCC, 2006).

Este valor de 20 anos é o horizonte temporal padrão nos inventários nacionais de GEE submetidos à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas – UNFCCC (GHG PROTOCOL, 2022).

Tendo em vista que o estudo foi realizado na etapa de implantação do loteamento urbano, a amortização quanto o estoque e à remoção de carbono foi estabelecido para o período de 20 anos, conforme apresentado na Tabela 19.

Tabela 19 - Valores de amortização dos estoques de carbono

Definição	Estoque (tCO_{2e})	Remoção (tCO_{2e}/ano)	Remoção Amortizada (tCO_{2e}), em 20 anos
Área de Preservação Permanente	301,29	21,83	737,89
Área do plantio de compensação florestal	-	29,17	583,40
Área de compensação florestal equivalente	237,31	4,91	335,51
Área de Preservação Florestal (Bioma Mata Atlântica)	1.017,37	21,10	1.439,37

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Ressalta-se que, no âmbito do Programa Brasileiro GHG Protocol, o desmatamento evitado não deve ser contabilizado nos inventários de GEE, assim como créditos gerados por projetos de REDD+ (FGV Eaesp, 2022). Dessa forma, as áreas correspondentes a Preservação Permanente, compensação florestal equivalente e Preservação Florestal do Bioma Mata Atlântica, apresentam benefício somente no que se refere ao estoque de carbono.

5.3.3 Escopo 3 - Matéria - Prima

Para quantificar as emissões de gases do efeito estufa da matéria-prima elencadas nesse estudo, foram considerados os dados obtidos na Tabela 11, que apresenta as quantidades dos projetos, multiplicado aos dados da Tabela 6, peso/volume de cada item.

As quantidades totais estão apresentadas na Tabela 20, que multiplicado ao coeficiente de emissão obtêm-se o resultado das emissões de GEE.

Tabela 20 - Emissões dos GEE para as matérias-primas

Etapa	Matéria-prima	Quantidade total	Unidade	Coefficiente de emissão (CO_{2e}/kg)	Total (kgCO_{2e})
Pavimentação	Brita Graduada (simples)	7.873.460	kg	0,00501	39.446,03
	CBUQ	2.362.038	kg	0,12378	292.373,06
	Tubo PVC PBA JEI DN 50 (classe 15)	3.304,26	kg	2,44515	8.079,41
	Tubo PVC PBA JEI DN 100 (classe 15)	601,80	kg	2,44515	1.471,49
Rede de Água	Tubo PVC DEFOFO DN 150 (1Mpa)	5.135,7	kg	2,44515	12.557,56
	Tubo PVC PBA JEI DN 75 (classe 15)	538,56	kg	2,44515	1.316,86
	Tubo PVC-0 DN 150 PN 12,5	709,17	kg	2,44515	1.734,03
	Tubo PVC Vinilfort DN 150	7.616,2 kg	kg	2,44515	18.622,75
Rede de Esgoto	Tubo PVC Vinilfort DN 100	1.212,12 kg	kg	2,44515	2.963,82
	TEE PVC Ocre DN 150	622,72 kg	kg	2,44515	1.522,64
	Curva PVC Ocre 90° DN 150	88,96 kg	kg	2,44515	217,52
	Caixa de Calçada (30MPa)	16,68 m ³	m ³	300,54819	5.013,14
Rede Drenagem Pluvial	Tubo PVC Rigido DN 200 mm	896 kg	kg	2,44515	2.190,85
	Tubo de Concreto PA2 DN 300 mm	510 m	m	11,82	6.028,20
	Tubo de Concreto PA2 DN 400 mm	1760 m	m	19,05	33.528,00
Rede Drenagem Pluvial	Tubo de Concreto PA2 DN 600 mm	490 m	m	52,1	25.529,00
	Tubo de Concreto PA2 DN 800 mm	76 m	m	76,05	5.779,80
Rede Elétrica/Iluminação	Poste Rede Elétrica e Iluminação Pública (concreto 40 MPa)	30,01 m ³	m ³	346,50905	10.400,47
	Poste Rede Elétrica e Iluminação Pública (aço)	3.045 kg	kg	2,14714	6.538,04
Total					475.312,68

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

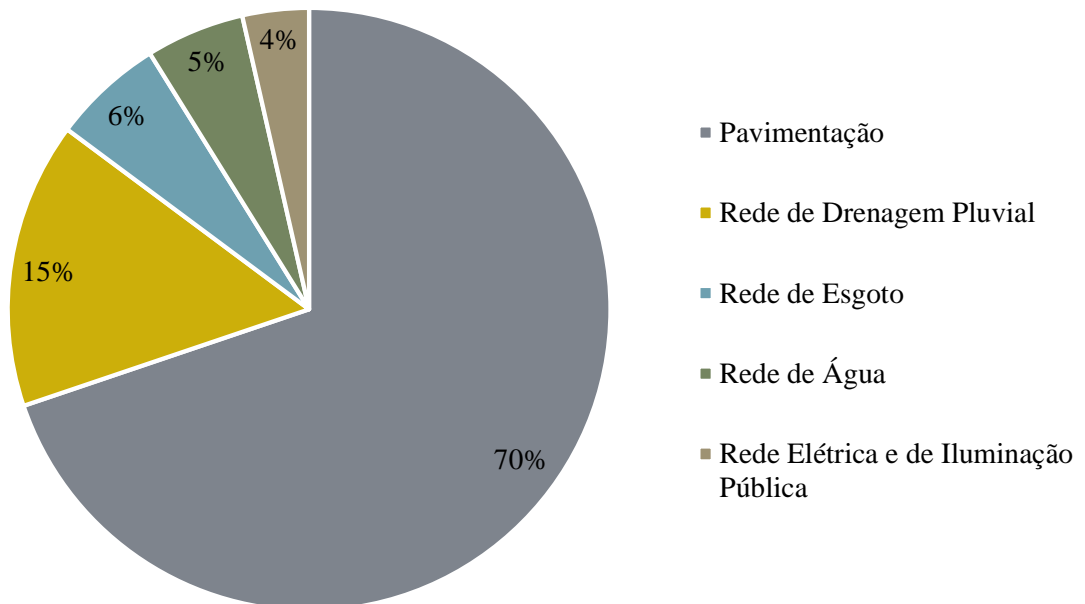
Para melhor compreensão foram sintetizados os resultados das emissões totais que representavam a mesma etapa, em tonelada, conforme apresentado nas Tabela 21 e Figura 19.

Tabela 21 - Emissões totais da matéria-prima por etapa

Etapa	Emissões (tCO₂e)
Pavimentação	331,82
Rede de Drenagem Pluvial	73,06
Rede de Esgoto	28,34
Rede de Água	25,16
Rede Elétrica/Iluminação	16,94
Total	475,32

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 19 - Emissões totais, por etapa, da matéria-prima



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Avaliando os resultados obtidos na Tabela 20, foi verificado que a pavimentação, embora tenha sido considerado apenas a brita e o CBUQ, representa a maior fração de emissões de Escopo 3, resultando em uma emissão de 331,82 tCO₂e, correspondendo a 70%

do total do Escopo 3. E a rede de drenagem pluvial, com emissão de 73,06 tCO₂e, correspondendo a 15% do total.

Com relação à rede de água, esgoto e elétrica/iluminação pública, conforme observado, as emissões representam uma fração inferior a 10%, o que não os torna menos relevante, tendo em vista que para todos os fluxos elementares que contribuam com mais de 5% para a categoria de impacto serão considerados relevantes (Zampori *et al.*, 2016).

5.3.4 Escopo 3 - Transporte e Distribuição (*Upstream*)

Para calcular as emissões de gases do efeito estufa na ferramenta GHG Protocol, foi considerada a fonte de emissão, ano de fabricação (quando conhecido), tipo de combustível e o consumo total em litros.

Dessa forma, para cada uma das etapas, foram somados os quilômetros totais das mesmas fontes de emissão, multiplicando pela autonomia em km/L, obtendo-se o consumo de diesel total em litros, conforme apresentado na Tabela 22.

Tabela 22 - Emissões totais do transporte e distribuição da matéria-prima por etapa

(continua)

Etapa	Fonte de Emissão	Consumo (km/L)	Total (km)	Consumo de diesel (L)
Pavimentação	Caminhão Caçamba Mercedes Benz	2	9.920	19.840,00
	Carreta Scanea P340 / 2010	3,2	672	2.150,40
Rede de Água	Caminhão Truck Mercedes Benz / 2018	2,8	93,6	262,08
	Caminhão Munck Iveco Tector / 2013	3,7	342	1.265,40
Rede de Drenagem Pluvial	Caminhão Truck Mercedes Benz / 2018	2,8	374,4	1.048,32
	Caminhão Munck Constellation Vw 24-250	2,3	3.138,80	7.219,24
Rede Elétrica e Iluminação Pública	Caminhão Munck Ford 1723	4,5	717,2	3.227,40
Rede de Esgoto	Caminhão Truck Mercedes Benz / 2018	2,8	468	1.310,40

(conclusão)

Etapa	Fonte de Emissão	Consumo (km/L)	Total (km)	Consumo de diesel (L)
Rede de Esgoto	Caminhão Munck Constellation Vw 24-250	2,3	495,6	1.139,88
Total				37.463,12

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

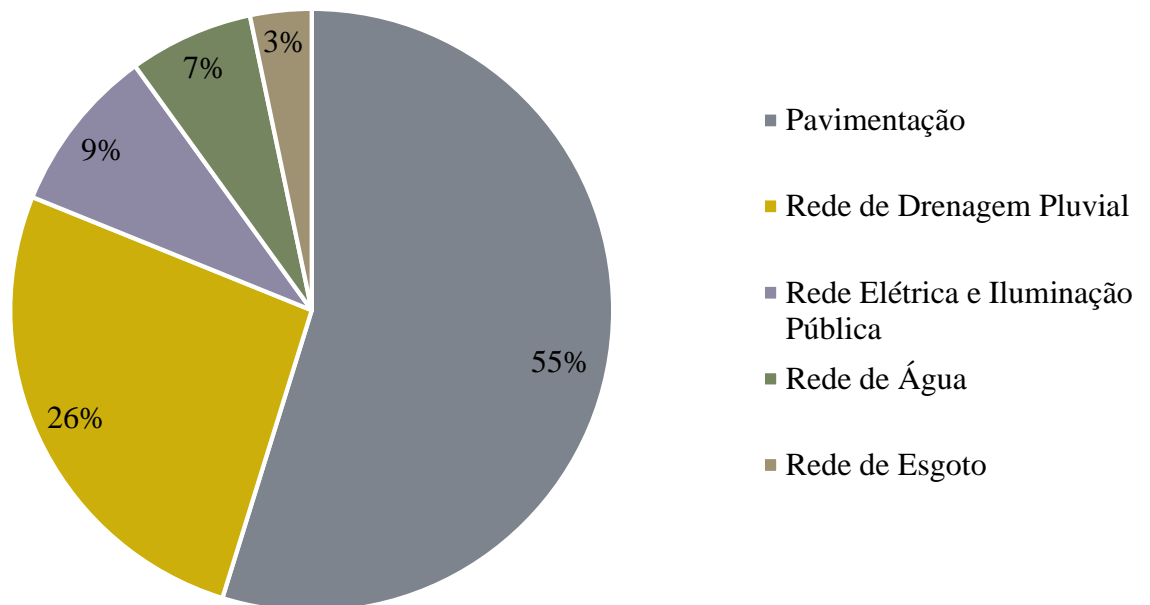
A partir desses dados foi calculado através da ferramenta GHG protocol, versão 2023.0.3 (FGV, 2023), as emissões totais por transporte, em CO₂ equivalente, responsável pela entrega da matéria-prima no período de implantação do loteamento. Gerada pelo transporte da matéria-prima estão apresentados na Tabela 23 e na Figura 20. Quanto as emissões totais de CO₂ biogênico, totalizaram 9,11 toneladas.

Tabela 23 - Emissões totais do transporte da matéria-prima por etapa

Etapa	Emissões Totais por tipo de GEE			Emissões Totais	
	kg/CO₂	kg/CH₄	kg/N₂O	tCO_{2e}	tCO₂ biogênico
Pavimentação	46,48	0	0	47,23	4,82
Rede de Drenagem Pluvial	22,33	0	0	22,70	2,32
Rede Elétrica e Iluminação Pública	7,56	0	0	7,68	0,78
Rede de Água	5,65	0	0	5,75	0,59
Rede de Esgoto	5,74	0	0	5,84	0,60
Total	87,76	0	0	89,20	9,11

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 20 - Resultado as emissões totais do transporte da matéria-prima por etapa



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Analisando a Tabela 23, verificou-se que as etapas que representam maior emissão de gases do efeito estufa para transporte da matéria-prima, durante o período de implantação do loteamento foi a pavimentação com 47,23 de tCO_{2e}, correspondendo a 55% do total, seguindo com as emissões para rede de drenagem pluvial com 22,70 tCO_{2e} (22%) do total e pôr fim para rede elétrica e iluminação pública, com 7,68 tCO_{2e} (9%) do total.

Com relação a rede de água, esgoto e elétrica/iluminação pública, conforme observado, as emissões representam uma fração inferior a 10%, o que não os torna menos relevante, tendo em vista que para todos os fluxos elementares que contribuam com mais de 5% para a categoria de impacto serão considerados relevantes (Zampori *et al.*, 2016).

5.4 RESULTADOS SÍNTESE DAS EMISSÕES DE GEE INVENTARIADAS

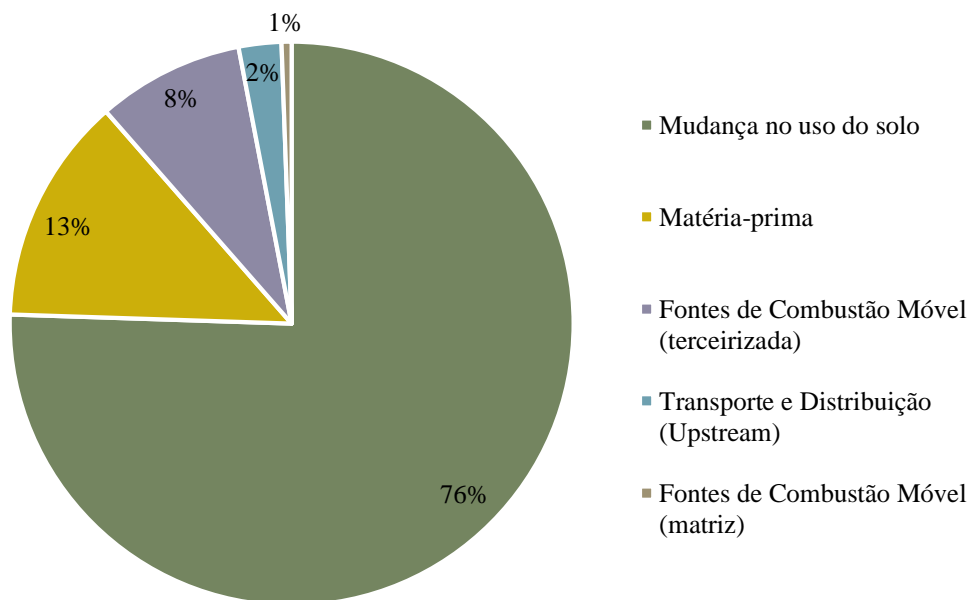
São apresentados na Tabela 24 o valor total das emissões inventariadas nesse estudo, por escopo e categoria e na Figura 21 a porcentagem das emissões que cada uma das categorias representam.

Tabela 24 - Resumo das emissões de GEE inventariadas

Escopo	Categoria	Emissões	
		tCO _{2e}	CO ₂ biogênico
Escopo 1	Fontes de Combustão Móvel (matriz)	20,99	3,93
	Fontes de Combustão Móvel (terceirizada)	306,97	31,85
Escopo 3	Mudança no uso do solo	2.416,52	-
	Matéria-prima	475,31	-
	Transporte e Distribuição (<i>Upstream</i>)	89,2	9,11
Total	-	3.308,99	44,89

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 21 - Resumo das emissões de GEE inventariadas



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A partir dos resultados apresentados fica evidente que o Escopo 1 representa a maior fração de emissões de GEE em relação ao Escopo 3.

Observando a Figura 21 é perceptível que a mudança no uso do solo do Escopo 1, o qual correspondente à atividade de supressão da vegetação nativa secundária (desmatamento),

é a principal fonte de emissão dos gases de efeito estufa na implantação do loteamento urbano, apresentando 2.416,52 tCO_{2e}, equivalente a 76% do total das emissões inventariadas.

Para tanto, foram calculados o estoque de carbono e o coeficiente de remoção anual para as Áreas de Preservação Permanente, Compensação Florestal e Preservação Florestal do Bioma Mata Atlântica, cobertas por vegetação nativa secundária.

Considerando os quantitativos apresentados no item 5.3.2 para Escopo 1, mudança no uso do solo, são apresentados na Tabela 25 as estimativas de estoque e remoção para cada área inventariada, bem como a amortização pelo período de 20 anos.

Tabela 25 - Estoques e remoções da mudança no uso do solo

Definição	Área total (ha)	Estoque (tCO_{2e})	Remoção (tCO_{2e}/ano)	Amortização (tCO_{2e}), em 20 anos
Área de Preservação Permanente	1,46	301,29	21,83	737,89
Área do plantio de compensação florestal	1,95	-	29,17	583,40
Área de compensação florestal equivalente	1,15	237,31	4,91	335,51
Área de Preservação Florestal (Bioma Mata Atlântica)	4,93	1.017,37	21,10	1.439,37
Total	-	1.555,97	-	3.096,17

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Avaliando os resultados apresentado foram estimados um estoque de carbono atual de 1.555,97 tCO_{2e}, para todas as áreas inventariadas.

Considerando o período de amortização, estima-se que pelo crescimento da biomassa, que para os próximos 20 anos o estoque total de carbono será de 3.096,17 tCO_{2e}, compensando as emissões decorrentes da vegetação suprimida, correspondente à 2.416,52 tCO_{2e}.

Em relação à matéria-prima do Escopo 3, representou 13% do total das emissões, a segunda maior fração, e não foram avaliadas todas nesse estudo, somente, as que, do valor total prevista no projeto, apresentavam quantidade significativa, e também as que apresentavam material relevante em sua composição.

Representando a terceira maior fração de emissões de gases do efeito estufa foram às fontes de combustão móvel do Escopo 1, referente as empresas terceirizadas, correspondendo a 8% do total das emissões. As principais etapas responsáveis pelas emissões de GEE foram a pavimentação (57%) e terraplanagem (29%).

Já a categoria de transporte e distribuição (*Upstream*) do Escopo 3, corresponde a 2% das emissões totais, embora a maior parte da matéria-prima provenha de outras cidades e estado, a etapa de pavimentação, que representou maior contribuição das emissões de GEE, está localizada no mesmo município da área inventariada, entretanto a quantidade de material para transporte é mais significativa que os demais.

Ressalta-se que as emissões diretas da, as quais ocorreram somente no Escopo 1, representando 1% das emissões totais, tendo em vista que a empresa terceirizou maior parte dos equipamentos para implantação do loteamento urbano.

6 CONCLUSÕES

As mudanças climáticas representam um dos desafios mais urgentes e significativos que a humanidade vem enfrentando atualmente. O aumento das emissões de gases do efeito estufa devido, principalmente, pelas atividades humanas, está causando mudanças de maneira acelerada e abrangente no clima global, afetando ecossistemas, padrões meteorológicos, além de intensificar eventos climáticos extremos.

Nesse sentido, o presente estudo foi realizado para a etapa de implantação de um loteamento urbano no município de Bento Gonçalves, em que foram identificadas e quantificadas as fontes de emissões de gases do efeito estufa para Escopo 1 e Escopo 3. Para a etapa de implantação do loteamento, não ocorrerem emissões de GEE para Escopo 2.

Com relação às estimativas de emissão dos GEE, foram utilizadas as metodologias de cálculo GHG Protocol para fonte de combustão móvel e transporte e distribuição (*Upstream*), Nota Metodológica SEEG 9 para estoque e emissão de carbono e *Forest Land* (IPCC, 2006) para remoção de carbono, para categoria de mudanças no uso do solo e base de dados de ICV Ecoinvent para matéria-prima.

Foi estimado para a implantação do loteamento urbano uma emissão total de 3.308,99 tCO_{2e}. A principal fonte de emissão de GEE foi a categoria mudanças no uso do solo de Escopo 1, decorrente da vegetação suprimida, que apresentou 2.416,52 tCO_{2e}, representando 76% do total das etapas.

Tendo em vista que o estoque de carbono atual das Áreas de Preservação Permanente, Compensação Florestal e Preservação Florestal do Bioma Mata Atlântica, corresponde a 1.555,97 tCO_{2e}, e que no período de amortização, para os próximos 20 anos, o estoque total de carbono será de 3.096,17 tCO_{2e}, as emissões decorrentes da vegetação suprimida passam a ser compensadas.

Em relação ao estudo é um resultado significativo, entretanto, compararmos com os dados de emissões totais do SEEG (2023), o município de Bento Gonçalves apresentou em 2019 para esta mesma categoria, uma estimativa de 641.050,00 tCO_{2e} GWP-AR5, ou seja, a implantação do loteamento urbano, representou 0,43% das emissões anuais totais do município de GEE no que diz respeito a esta categoria.

De maneira geral, as etapas que representaram maiores emissões de GEE para categoria de combustão móvel de Escopo 1, foi à de pavimentação que apresentou 191,36 tCO_{2e}, e a terraplanagem com 97,38 tCO_{2e}, do total das emissões de GEE. A execução das

redes de água, esgoto e drenagem pluvial, supressão da vegetação e a rede elétrica e iluminação pública, representaram porcentagem inferior a 10% das emissões totais.

Para Escopo 3, foi verificado que a categoria de matéria-prima, etapa de pavimentação, também representou a maior fração de emissões de GEE, com 331,82 tCO_{2e}, seguindo a rede de drenagem pluvial com 73,06 tCO_{2e} das emissões totais. Com relação à rede de água, esgoto e elétrica/iluminação pública, conforme observado, as emissões representam uma fração inferior a 10%.

Quanto ao transporte e distribuição (*Upstream*) da matéria-prima, de Escopo 3, a etapa de pavimentação apresentou 47,29 tCO_{2e} do total das emissões de GEE e a rede de drenagem 22,70 tCO_{2e}. Com relação à rede de água, esgoto e elétrica/iluminação pública, conforme observado, as emissões representam uma fração inferior a 10%.

Observa-se que tanto no Escopo 1 quanto no Escopo 3, a etapa que apresenta maior emissão de gases do efeito estufa é a de pavimentação, representando metade das emissões quando comparada as demais etapas.

Em resumo, o Escopo 1 apresentou 3.080,86 tCO_{2e}, sendo que a categoria de mudança no uso do solo representou maior parte das emissões de GEE, e o Escopo 3 apresentou 564,51 tCO_{2e}, representado pela categoria da matéria-prima com maior fração das emissões de GEE.

Uma observação importante para o Escopo 3, é que apesar de ter sido considerado apenas os materiais que apresentaram quantidades mais significativas do total, provavelmente, mesmo em uma avaliação mais detalhada, não ia superar o resultado em relação a categoria mudanças no uso do solo, porém, isso representa uma possibilidade de trabalho futuro.

Dito isso, considerando que o loteamento inventariado possui uma área total de 199.747,67 m² e que para etapa de implantação do mesmo foram emitidos um total de 3.308,99 tCO_{2e}, estima-se que para cada metro quadrado de área executada foram emitidos 60,36 tCO_{2e}.

Cabe ressaltar que essa estimativa contempla as etapas e fontes de emissão elencadas no presente estudo, mas pode variar de acordo com as particularidades de cada área proposta para parcelamento do solo, como o tipologia de vegetação presente na área, metragem quadrada do sistema viário, tipo de pavimentação, quantidade de matéria-prima, movimentação de solo (corte e aterro), entre outros.

A principal limitação do estudo está relacionado ao Escopo 3, para categoria matéria-prima, o qual não foram elencadas nesse estudo todos os materiais que constavam nos projetos. Foi priorizado os elementos mais significativos.

Para finalizar, como sugestão para estudos futuros, indica-se aprofundar a pesquisa com relação a categoria de matéria-prima do Escopo 3 para que os resultados sejam mais precisos e posteriormente a elaboração de um plano apresentando medidas de compensação quanto as emissões de gases de efeito estufa.

Também sugere-se que a metodologia seja aplicada em paralelo a implantação de um loteamento, para que o levantamento de dados seja preciso. Outra sugestão futura seria incorporar as edificações, para entender qual o impacto do processo de urbanização.

REFERÊNCIAS

- AGENCIA NACIONAL DO PETROLEO (ANP). **Inventario de Emissões de Gases de Efeito Estufa referente ao contratos de partilha de produção**. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/meio-ambiente/inventario-de-emissoes-de-gases-de-efeito-estufa-gee-referente-aos-contratos-de-partilha-de-producao>. Acesso em 26 de ago. de 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 14.040: Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípio e estrutura**. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5559982/mod_resource/content/1/NBRISO14040%20.pdf. Acesso em 23 de mai. 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT); BANCO INTERAMERICANO DE DESENVOLVIMENTO (BID). **Guia Metodológico para realização de inventários em Emissões de Gases de Efeito Estufa**. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <https://www.abntonline.com.br/sustentabilidade/Documentos/ghg/guiametodologicopublicacao.pdf>. Acesso em 26 de ago. 2023.
- BARBOSA, Rildo P.; VIANA, VivianeJ. **Recursos Naturais e Biodiversidade: Preservação e Conservação dos Ecossistemas**. 1 ed. São Paulo: Saraiva, 2014.
- BARROS, Gilcleberson M. **Análise comparativa dos gases de efeito estufa (GEE) no setor energético no estado de Alagoas**. 2022. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Maceio, 2022. Disponível em: <https://www.repositorio.ufal.br/bitstream/123456789/11585/1/An%C3%A1lise%20comparativa%20dos%20gases%20de%20efeito%20estufa%20%28GEE%29%20no%20setor%20energ%C3%A9tico%20no%20estado%20de%20Alagoas.pdf>. Acesso em 03 de set. de 2023.
- BELTRÃO, Leandro M. P *et al.* **Avaliação do Ciclo de Vida Energético e de Emissões de CO₂ de tubos de concreto para sistemas de drenagem pluvial urbana: Estudo de caso no Distrito Federal através de simulações Monte Carlo**. II Congresso Luso-Brasileiro de Materiais de Construção Sustentáveis. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/309790338_Avaliacao_do_Ciclo_de_Vida_Energetico_e_de_Emissoes_de_CO2_de_tubos_de_concreto_para_sistemas_de_drenagem_pluvial_urbana_Estudo_de_caso_no_Distrito_Federal_atraves_de_simulacoes_Monte_Carlo. Acesso em 03 de out. de 2023.
- BOTTINI, Nino. **Inventario de Emissões de Gases de Efeito Estufa – 2022**. Disponível em: <file:///C:/Users/Tatiana/Downloads/020877000101011.pdf>. Acesso em 11 de out. de 2023.
- BRAGA, Roberto. **Mudanças climáticas e planejamento urbano: uma análise do estatuto da cidade**. VI Encontro Nacional da Anppas. Belém, p. 1 a 15, set. 2012. Disponível em: https://igce.rc.unesp.br/Home/Departamentos47/planejamentoterritorialegeoprocessamento640/md_roberto_artigos_artig_anppas.pdf. Acesso em 11 de abr. 2023.
- BRASIL. **Instrução Normativa SEMA n° 1, de 05 de Dezembro de 2018**. Estabelece procedimentos a serem observados para a Reposição Florestal Obrigatória no Estado do Rio

Grande do Sul. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201812/14171747-instrucao-normativa-sema-n-01-2018.pdf>. Acesso em 26 de nov. de 2023.

BRASIL. **Resolução CONAMA n° 237, de 19 de Dezembro de 1997**. Dispõe sobre conceitos, sujeição, e procedimento para obtenção de Licenciamento Ambiental, e dá outras providências. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=95982>. Acesso em 10 de abr. de 2023.

BRASIL. **Resolução CONAMA n° 1, de 23 de Janeiro de 1986**. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=95508>. Acesso em 20 de ago. de 2023.

BRASIL. **Lei n° 12.187, de 29 de Dezembro de 2009**. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/112187.htm. Acesso em 19 de ago. de 2023.

BRASIL. **Lei n° 6.766, de 19 de Dezembro de 1979**. Dispõe sobre o Parcelamento de Solo Urbano e dá outras Providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6766.htm. Acesso em 15 de abr. de 2023.

BRASIL. **Lei n° 12.428, de 22 de Dezembro de 2006**. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/111428.htm. Acesso em 20 de ago.

BRASIL. **Lei n° 12.651, de 25 de Maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm. Acesso em 20 de ago. de 2023.

CAPINZAIKI, Marília R. **Regimes Internacionais e Governança Climática: Reflexões Teóricas e Perspectivas**. Porto Alegre, 2015. Disponível em: <https://professor.pucgoias.edu.br/sitedocente/admin/arquivosUpload/17553/material/5%20OBRIGAT%C3%93RIO%20-%20Regimes%20internacionais%20e%20governan%C3%A7a%20clim%C3%A1tica.pdf>. Acesso em 20 de out. de 2023.

CARMO, Gilson W.; DZIURA, Giselle L. **Diretrizes da arquitetura bioclimática**. Curitiba: Contentus, 2020.

CARVALHO, José Luiz R.; MACHADO, Marília Novais M.; MEIRELLES, Anthero de M. **Mudanças climáticas e aquecimento global: implicações na gestão estratégica de empresas do setor siderúrgico de Minas Gerais**. CADERNOS EBAPE, Rio de Janeiro, v. 9, n° 2, p. 220 a 244, jun. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cebape/a/TQyvntvs8xJNTBTv4vqTsgp/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 09 de abr. de 2023.

CEMIG. **Inventário de Gases de Efeito Estufa 2018**. Disponível em: <https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2020/07/inventario-de-gases-efeito-estufa-2018.pdf>. Acesso em 02 de set. de 2023.

CETESB. **Gases de Efeito Estufa**. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/proclima/gases-do-efeito-estufa/>. Acesso em 03 de set. de 2023.

CLIMATEWATCH. Brasil. Disponível em: https://www.climatewatchdata.org/countries/BRA?end_year=2020&start_year=1990. Acesso em 19 de ago. de 2023.

CORTESE, Tatiana Tucunduva P.; NATALINI, Gilberto. **Mudanças climáticas: do global ao local**. 1 ed. Barueri/SP: Manole, 2014.

CUNHA, Davi G. Fernandes; CALIJURI, Maria do Carmo. **Engenharia Ambiental: Conceitos, Tecnologias e Gestão**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2019.

DUARTE, Wander de Jesus B. **Tratados e conferências climáticas: uma cronologia geral e da participação do Brasil**. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação. São Paulo, v.8, n.8, 2022. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/6635/2500> 08/04/2023. Acesso em 05 de abr. de 2023.

DULLIUS, Larissa Toledo. **Inventário de gases de efeito estufa em uma indústria de bebidas através da metodologia GHG Protocol**, 2022. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade do Vale do Taquari. Lajeado, 2022. Disponível em: <https://www.univates.br/bduserver/api/core/bitstreams/955d81a1-e32b-46e3-b710-d18ddd9a0ae7/content>. Acesso em 25 de mar. de 2023.

ECOINVENT. **Ecoinvent Database**. Disponível em: <https://ecoinvent.org/the-ecoinvent-database/>. Acesso em 28 de ago. de 2023.

ELMASRI, Ramez; NAVATHE, Shamkant B. **Sistema de Banco de dados**. 7 ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2018.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **Membros do programa brasileiro GHG Protocol: Estatística**. Disponível em: <https://registropublicodeemissoes.fgv.br/estatisticas/membros-do-programa>. Acesso em 02 de abr. de 2023.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **Programa Brasileiro GHG Protocol: Guia para elaboração de inventários corporativos de emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE)**. Edição: BARRETO, Ricardo, CAMPOS, Juarez. São Paulo: FGV, 2009. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/proclima/wp-content/uploads/sites/36/2014/05/cartilha_ghg_online.pdf. Acesso em 20 de mar. de 2023.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **Programa Brasileiro GHG Protocol: Perguntas Frequentes**. São Paulo: FGV, 2023. Disponível em: https://eaesp.fgv.br/sites/eaesp.fgv.br/files/u641/faq_ghg_2023_v1.0.pdf. Acesso em 20 de mar. de 2023.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **Relatório anual do programa brasileiro GHG protocol: Resultado do ciclo 2022**. São Paulo: FGV, 2022. Disponível em:

https://eaesp.fgv.br/sites/eaesp.fgv.br/files/u641/relatorio_anual_pbghg_ciclo2022.pdf. Acesso em 20 de mai. de 2023.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **Nota Técnica:** definição das categorias emissões de gases de efeito estufa (GEE) de escopo 1: versão 4.0. São Paulo: FGV, 2018. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/30244>. Acesso em 03 de set. de 2023.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **Nota Técnica:** definição das categorias emissões de gases de efeito estufa (GEE) de escopo 2: versão 1.0. São Paulo: FGV, 2018. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/30249>. Acesso em 03 de set. de 2023.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **Nota Técnica:** definição das categorias emissões de gases de efeito estufa (GEE) de escopo 3: versão 2.0. São Paulo: FGV, 2018. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/30251>. Acesso em 03 de set. de 2023.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **Nota Técnica:** Uso do GHG Protocol Agricultural Guidance e contabilização de emissões resultantes das práticas agrícolas e de mudanças no uso do solo – versão 3.0. São Paulo: FGV, 2022.

GARCIAS, Carlos Mello; SILVA, Consuelo Marques. **Meio urbano e mudanças climáticas** – estudo de caso do município de Castro, PR. Revista de pesquisa em arquitetura e urbanismo, Paraná, p. 28 a 40. 2011. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/risco/article/download/45503/49112/54312>. Acesso em 09 de abr. de 2023.

GOMES, Danielle Alves de Novaes. **Quantificação e análise das emissões de gases de efeito estufa na indústria siderúrgica**. 2020. 93 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal Fluminense (UFF). Volta Redonda, 2020. Disponível em: <https://pgta.uff.br/wp-content/uploads/sites/249/2021/02/PGTA-057.Danielle-Alves-de-Novaes-Gomes.pdf>. Acesso em 10 de abr. de 2023.

GOMES, Susana Alexandra Carneiro. **O papel do planejamento urbano na mitigação das alterações climáticas**. 2017. 232 f. Programa doutoral em planejamento do território – Faculdade de Engenharia Universidade do Porto (FEUP). Portugal, 2017. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/108133/2/224102.pdf>. Acesso em 13 de mai. de 2023.

IBICT. **SICV Brasil**. Disponível em: <https://acv.ibict.br/banco-nacional/o-que-e-sicv/>. Acesso em 02 de jul. de 2023.

IBICT. **Life Cycle Initiative (LCI)**. Disponível em: <https://acv.ibict.br/sobre/life-cycle-initiative/>. Acesso em 02 de set. de 2023.

IBICT. **Avaliação do Ciclo de Vida**. Disponível em: <https://acv.ibict.br/acv/o-que-e-o-acv/>. Acesso em 27 de ago. de 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Quais as consequências do aquecimento global?**. Disponível em: <http://www.inpe.br/faq/index.php?pai=9>. Acesso em 20 de ago. de 2023.

KONZEN, Barbara A. D. V. **Avaliação do Ciclo de Vida de painel fotovoltaico: análise dos impactos ambientais e fim de vida em estudo de caso no Sul do Brasil.** 2020. 127 f. 89 Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/39197/3/2020-DISSERTACAO-BARBARAKONZEN.pdf>. Acesso em 26 de ago. de 2023.

LCV. Life Cycle Initiative. **What is Life Cycle Thinking?**. Disponível em: <https://www.lifecycleinitiative.org/activities/what-is-life-cycle-thinking/>. Acesso em 02 de set. de 2023.

LOPES, Luciano R. F., *et al.* **Análise da redução da distância média de transporte (DTM) de uma mina de calcário no Centro Oeste de Minas Gerais.** Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), V. 8, p. 100-126. Minas Gerais, 2023.

MASCARÓ, Juan Luis. **Loteamentos urbanos.** Porto Alegre: L, Mascaró, 2003.

MESQUITA, Adailson Pinheiro. **Parcelamento do solo urbano e suas diversas formas.** Curitiba: IESDE Brasil S.A, 2008. Disponível em: https://www.google.com.br/books/edition/Parcelamento_Do_Solo_Urbano_E_Suas_Diver/3kh5Uz0z2SUC?hl=pt-BR&gbpv=1&dq=loteamento+urbano&printsec=frontcover. Acesso em 18 de abr. de 2023.

MILLER, Tyler G.; SPOOLMAN, Scott E. **Ecologia e sustentabilidade** – tradução da 6ª edição norte-americana. 6 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

MINISTÉRIO DA CIENCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (MCTI). **Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Brasil.** Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/estimativas-anuais-de-emissoes-gee/arquivos/6a-ed-estimativas-anuais.pdf>. Acesso em 19 de ago. de 2023.

MINISTÉRIO DA CIENCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (MCTI). **Resultados do Inventário Nacional de Emissões de Gases do Efeito Estufa.** Brasil, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/arquivos/LIVRORESULTADOINVENTARIO30062021WEB.pdf>. Acesso em 28 de agos. de 2023.

MINISTÉRIO DA CIENCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (MCTI). **Quarta Comunicação Nacional do Brasil a UNFCCC.** Brasil, 2020. Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/comunicacoes-nacionais-do-brasil-a-unfccc/arquivos/4comunicacao/4_com_nac_brasil_web.pdf. Acesso em 20 de ago. de 2023.

MINISTÉRIO DA CIENCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (MCTI). **Intergovernmental panel on climate change (IPCC).** Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/cgcl/clima/paginas/painel-intergovernamental-sobre-mudanca-do-clima-ipcc>. Acesso em 11 de abr. de 2023.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES (MCTI). **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil.** 6. ed. Brasília, 2022. Disponível em:

<https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/estimativas-anuais-de-emissoes-gee/arquivos/6a-ed-estimativas-anuais.pdf>. Acesso em 23 de mar. de 2023.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Acordo de Paris**. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris.html>. Acesso em 27 de jun. 2023.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Convenção-quadro das Nações Unidas sobre mudanças climáticas (UNFCCC)**. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas.html>, Acesso em 11 de abr. de 2023.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Protocolo de Quioto**. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/protocolo-de-quioto.html>. Acesso em 08 de abr. de 2023.

MONZONI, Mario *et.al.* **Especificações do programa brasileiro GHG protocol: contabilização, quantificação e publicação de inventários corporativos de emissões de gases do efeito estufa**. 2 ed. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/proclima/wp-content/uploads/sites/36/2014/05/cartilha_ghg_online.pdf. Acesso em 02 de jul. de 2023.

NETO, Vicente Soares. **Cidades inteligentes: guia para construção de centros urbanos eficientes e sustentáveis**. 1 ed. São Paulo: Erica, 2019.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. **Metodologia**: Como foram feitas as estimativas de emissões. Disponível em: <https://www.oc.eco.br/metodologia/>. Acesso em 22 de mai. de 2023.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Causas e Efeitos das Mudanças Climáticas**. Disponível em: <https://www.un.org/pt/climatechange/science/causes-effects-climate-change>. Acesso em 20 de ago. de 2023.

OPENLCA. **openLCA Nexus**: Sua fonte de dados de LCA e sustentabilidade. Disponível em: <https://nexus.openlca.org/databases>. Acesso em 02 de jul. de 2023.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA (IPCC). **Forest Land**. v.4, 2006. Disponível em: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_04_Ch4_Forest_Land.pdf. Acesso em 04 de jul. de 2023.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA (IPCC). **Generic Methodologies Applicable to Multiple Land-Use Categories**. v.4, 2006. Disponível em: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_02_Ch2_Generic.pdf. Acesso em 10 de set. de 2023.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA (IPCC). **Relatório de síntese do sexto relatório de avaliação do IPCC (AR6)**. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>. Acesso em 08 de abr. de 2023.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA (IPCC). **Climate Change Widerpread, rapid, and intensifying**. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/2021/08/09/ar6-wg1-20210809-pr/>. Acesso em 20 de ago. de 2023.

PINTO, Talita Priscila *et al.* **Panorama das emissões de metano e implicações do uso de diferentes métricas**. São Paulo, 2022. Disponível em: https://agro.fgv.br/sites/default/files/2023-05/ocbio_panorama_das_emissoes_de_metano_e_implicacoes_do_uso_de_diferentes_metricas_pt.pdf. Acesso em 19 de ago. de 2023.

QUEIROZ, V.S. **Avaliação do ciclo de vida de emissão de CO₂ na indústria do cimento: um estudo comparativo entre o cimento LC3 e o cimento Portland composto**. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental - Universidade de Brasília (UnB). Brasília, 2018. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/20558/1/2018_VictorSilvaQueiroz_tcc.pdf. Acesso em 01 de out. de 2023.

SILVA, Jennifer de Avila. **Inventario de Gases de Efeito Estufa conforme o Programa Brasileiro GHG Protocol e ISO 14064:2007**. Estudo de Caso: Secagem de Argilominerais. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC). Criciúma, 2022. Disponível em: <http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/9786/1/Jennifer%20de%20%20c3%81vila%20da%20Silva.pdf>. Acesso em 28 de ago. de 2023.

SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA (SEEG). **Análise das emissões de gases de efeito estufa e suas implicações para metas climáticas do Brasil/1970-2021**. Disponível em: <https://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2023/03/SEEG-10-anos-v4.pdf>. Acesso em 20 de abr. de 2023.

SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA (SEEG). **Nota Metodológica SEEG 9: Setor Mudança de Uso da Terra e Florestas. Versão 4, 2022**. Disponível em https://seeg-br.s3.amazonaws.com/Notas%20Metodologicas/SEEG_9%20%282022%29%20com%20Municipios/Nota_Metodologica_MUT_SEEG9_2022.05.23.pdf. Acesso em 02 de nov. de 2023.

SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA (SEEG). **O que é SEEG?**. Disponível em: <https://seeg.eco.br/o-que-e-o-seeg/>. Acesso em 19 de ago. de 2023.

TAVARES, Sergio Fernando. **Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras**. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Florianópolis, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/89528/236520.pdf?sequence>. Acesso em 10 de abr. de 2023.

THE NATIONAL ARCHIVES. **COP26: pacto climático de Glasgow**. Disponível em: <https://ukcop26.org/wp-content/uploads/2022/05/PORT-COP26-Presidency-Outcomes-The-Climate-Pact.pdf>. Acesso em 18 de abr. de 2023.

UNITED NATIONS CLIMATE CHANGE (UNFCCC). **Conferência de mudanças climáticas da ONU**. Disponível em: <https://unfccc.int/cop28>. Acesso em 03 de jun. de 2023.

VINHAL, Lais David. **Estudo de indicadores ambientais de blocos cerâmicos com base em avaliação do ciclo de vida, considerando o contexto brasileiro**. Programa de Pós Graduação em Construção Civil – Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). São Carlos, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/8703/DissLDV.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 28 de ago. de 2023.

WMO GREENHOUSE GAS BULLETIN. **The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2021**. Disponível em: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11352. Acesso em 15 de mar. de 2023.

WORLD RESOURCES INSTITUTE BRASIL (WRI Brasil). **COP27: principais resultados e perspectivas para 2023**. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/noticias/cop27-principais-resultados-e-perspectivas-para-2023>. Acesso em 18 de abr. de 2023.

WORLD RESOURCES INSTITUTE BRASIL (WRI Brasil). **GHG Protocol: Programa de clima**. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/projetos/ghg-protocol>. Acesso em 03 de jul. de 2023.

WORLD RESOURCES INSTITUTE BRASIL (WRI Brasil). **Programa de Clima**. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/projetos/ghg-protocol>. Acesso em 01 de abr. de 2023.

WORLD RESOURCES INSTITUTE BRASIL (WRI Brasil). **Metodologia do GHG Protocol da agricultura. Unicamp, 2015**. Disponível em: https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards_supporting/Metodologia.pdf. Acesso em 20 de out. de 2023.

WORLD RESOURCES INSTITUTE BRASIL (WRI Brasil). **Greenhouse Gas Protocol Calculation Tool For Forestry In Brazil**. Nota Técnica, 2020. Disponível em: https://www.wribrasil.org.br/sites/default/files/ghg_protocolo-florestas-technicalnote.pdf. Acesso em 15 de set. de 2023.

WORLD RESOURCES INSTITUTE BRASIL (WRI Brasil). **Florestas absorvem duas vezes mais CO₂ do que emitem por ano**. 2020. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/noticias/florestas-absorvem-duas-vezes-mais-co2-do-que-emitem-por-ano>. Acesso em 02 de nov. de 2023.

WORLD WILDLIFE FUND (WWF). **As mudanças climáticas**. Disponível em: https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/reducao_de_impactos2/clima/mudancas_climaticas2/. Acesso em 22 de abr. de 2023.

WORLD WILDLIFE FUND (WWF). **Efeito estufa e mudanças climáticas**. Disponível em: https://www.wwf.org.br/nossosconteudos/educacaoambiental/conceitos/efeitoestufa_e_mudancasclimaticas/. Acesso em 15 de mar. de 2023.

WRI; WBCSD. **Protocolo de Gases de Efeito Estufa:** Normas Corporativas de Transparência e Contabilização. Disponível em: https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg_protocol_portuguese.pdf. Acesso em 25 de out. de 2023.