



UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS
CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**INVENTÁRIO DE GASES DE EFEITO ESTUFA E
EMISSÕES EVITADAS COM O GERENCIAMENTO DE
RESÍDUOS E COBERTURA VEGETAL NA UNIVERSIDADE
DO VALE DO RIO DOS SINOS**

MAICON JUNIOR PREUSS

São Leopoldo, fevereiro de 2017.

MAICON JUNIOR PREUSS

**INVENTÁRIO DE GASES DE EFEITO ESTUFA E EMISSÕES
EVITADAS COM O GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS E
COBERTURA VEGETAL NA UNIVERSIDADE DO VALE DO
RIO DOS SINOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dra. Luciana Paulo Gomes

Banca examinadora: Prof. Dr. Aurélio Pessoa Picanço
Prof. Dr. Marcelo Oliveira Caetano

São Leopoldo, fevereiro de 2017.

P943i

Preuss, Maicon Junior.

Inventário de gases de efeito estufa e emissões evitadas com o gerenciamento de resíduos e cobertura vegetal na Universidade do Vale do Rio dos Sinos / Maicon Junior Preuss. – 2017.

140 f. : il. color. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2017.

“Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Luciana Paulo Gomes”.

1. Atmosfera – Aspectos ambientais. 2. Gases estufa. 3. Efeito estufa (Atmosfera). 4. Gestão ambiental. I. Título.

CDU 504.3

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Bibliotecária: Carla Maria Goulart de Moraes – CRB 10/1252)

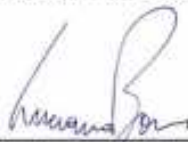
A dissertação de mestrado

"INVENTÁRIO DE GASES DE EFEITO ESTUFA E EMISSÕES EVITADAS COM O GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS E COBERTURA VEGETAL NA UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS"

apresentada por **Maicon Junior Preuss**

foi julgada e aprovada como atendimento parcial aos requisitos para a obtenção do grau de

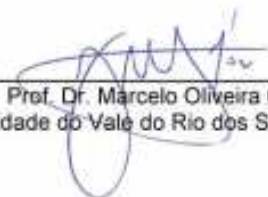
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL pela seguinte banca examinadora:



Prof. Dra. Luciana Paulo Gomes
Orientadora e Presidente da Banca Examinadora
Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS



P/ Prof. Dr. Aurélio Pessoa Picanço
Universidade Federal do Tocantins- UFT
(participação por webconferência*)



Prof. Dr. Marcelo Oliveira Caetano
Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

** Na presente sessão, fica a orientadora autorizada a assinar pelo professor que integra a banca via webconferência.*

São Leopoldo, 23 de fevereiro de 2017.

AGRADECIMENTOS

A Deus, em primeiro lugar, pela vida, e por ter colocado tantas pessoas boas no meu caminho.

Aos meus pais, Elton e Cecília, por todo o amor e carinho desprendidos até este momento e por sempre incentivarem o estudo dos filhos. Um agradecimento especial à minha irmã querida, Núbia, por sempre estar ao meu lado, pela amizade, pelos conselhos, pela experiência e pela tranquilidade que sempre me passou.

À minha orientadora, Professora Dra. Luciana Paulo Gomes, pelos incontáveis conhecimentos repassados, pela paciência que teve comigo ao longo desse período de aprendizado e por toda a contribuição em minha carreira acadêmica.

Aos meus grandes amigos, Fernando e Vinício pelas conversas incentivadoras, pelos momentos que passamos juntos, pela compreensão da ausência em momentos singulares, por terem a paciência de debaterem os assuntos desenvolvidos na pesquisa.

À minha coordenadora, Anelise, e à Unimed Vale do Sinos por reconhecerem a importância do aperfeiçoamento acadêmico, pela viabilização de estudar em sextas à tarde e pelos incontáveis momentos de ausência para me dedicar às aulas e orientações na Unisinos.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, pelos conhecimentos compartilhados, pelas aulas assistidas e pela contribuição para a minha formação acadêmica.

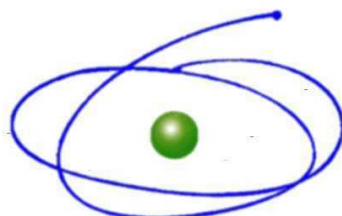
Aos meus colegas de PPGEC e de Laboratório de Saneamento Ambiental, Daiane e Flávio, pelo companheirismo nas tardes e noites de estudo, pelas confraternizações partilhadas, conhecimentos e angústias divididos.

Ao órgão de fomento à pesquisa CAPES- Prosup e à Unisinos pela concessão da bolsa de estudos e pelo financiamento da pesquisa.

Enfim, a todos que não citei, mas que de alguma maneira estiveram ao meu lado durante esta caminhada e foram importantes para que eu conseguisse chegar até aqui.

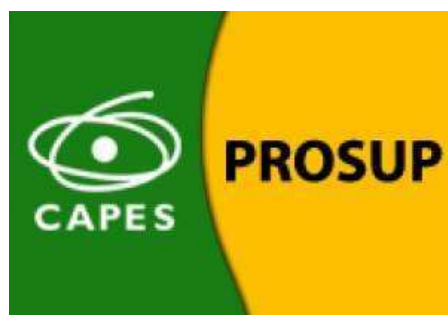
FONTES DE FINANCIAMENTO DA PESQUISA

Ministério
da Educação



C A P E S

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO



PROGRAMA DE SUPORTE À PÓS-GRADUAÇÃO DE INSTITUIÇÕES DE ENSINO
PARTICULARES

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	27
1.1	OBJETIVOS	30
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	31
2.1	GASES DE EFEITO ESTUFA E MUDANÇAS CLIMÁTICAS	31
2.2	PAINEL INTERGOVERNAMENTAL DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS.....	39
2.3	GESTÃO E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS NO MUNDO E BRASIL	48
2.4	GESTÃO E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS E AS CONSEQUENTES EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA	54
2.5	OUTROS INVENTÁRIOS DE GEE	61
3	METODOLOGIA.....	64
3.1	FERRAMENTA GHG PROTOCOL	69
3.2	ESCOPO 1.....	73
3.3	ESCOPO 2.....	86
3.4	ESCOPO 3.....	88
3.5	GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS	93
3.6	SEQUESTRO DE CARBONO PELA COBERTURA VEGETAL	95
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	102
4.1	ESCOPO 1.....	102
4.2	ESCOPO 2.....	115
4.3	ESCOPO 3.....	117
4.4	COMPENSAÇÃO DE GEE PELO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS.....	124
4.5	COMPENSAÇÃO POR ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE.....	126
4.6	BALANÇO DE EMISSÕES DE GEE	127
4.7	AÇÕES PARA A UNIVERSIDADE.....	128
5	CONCLUSÕES.....	130

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Potencial de aquecimento global (GWP) dos principais gases.	32
Quadro 2 - Histórico da Conferência das Partes (COP) e suas definições.	41
Quadro 3 - Quantidade de RSU gerada.	53
Quadro 4 - Classificação e reponsabilidade sobre os resíduos.	54
Quadro 5 - Evolução da geração per capita de resíduos sólidos e do produto interno bruto no Brasil (2002–2009).	58
Quadro 6 - Inventários de GEE utilizados no referencial teórico.	63
Quadro 7 - Processos que emitem GEE na Unisinos.	68
Quadro 8 - Planilha de informações sobre combustão estacionária.	74
Quadro 9 - Informações coletadas para Combustão Móvel.	76
Quadro 10 - Planilha de informações de Emissões Fugitivas (Equipamentos de Refrigeração e Ar Condicionado (RAC)).	78
Quadro 11 - Fatores de emissão correspondente à composição do resíduo.	79
Quadro 12 - Classificação dos aterros sanitários.	80
Quadro 13 - Fatores utilizados na quantificação das emissões de GEE na incineração.	82
Quadro 14 - Planilha para coleta de informações coletadas sobre geração de resíduos sólido.	83
Quadro 15 - Planilha para coleta de informações sobre geração de efluentes.	85
Quadro 16 - Fatores de emissão de CO ₂ pela geração de energia.	86
Quadro 17 - Planilha para coleta de informações sobre energia elétrica comprada.	87
Quadro 18 - Fatores de conversão para o biodiesel.	89
Quadro 19 - Planilha para coleta de informações sobre transporte e distribuição de veículos contratados.	90
Quadro 20 - Planilha para coleta de informações sobre viagens a negócio (aéreo).	92
Quadro 21 - Dados da composição dos RSU coletados.	93
Quadro 22 - Comparação de três métodos de sequestro de CO ₂	101
Quadro 23 - Emissões de GEE do Escopo 1 por categoria.	103
Quadro 24 - Combustão de fontes estacionárias e emissões de CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O totais da organização.	104
Quadro 25 - Consumo mensal de combustível por veículos automotores.	106
Quadro 26 - Emissões de GEE por equipamentos de ar-condicionado.	108
Quadro 27 - Resíduos coletados por tipologia.	111
Quadro 28 - Geração de resíduos na Unisinos.	112
Quadro 29 - Emissões totais de resíduos sólidos aterrados (emissões históricas anuais, considerando disposições passadas de resíduos sólidos).	112
Quadro 30 - Emissões de GEE pela disposição final de RSU por municípios.	113
Quadro 31 - Emissões totais de resíduos tratados por incineração.	113
Quadro 32 - Tratamento de efluente sanitário pela Unisinos.	114
Quadro 33 - Emissões mensais de CO ₂ por compra de energia elétrica.	116
Quadro 34 - Emissões do Escopo 3.	117
Quadro 35 - Consumo mensal de combustível por veículos locados.	120
Quadro 36 - Viagens aéreas no ano de 2015.	121
Quadro 37 - Soma das distâncias voadas por classificação.	122
Quadro 38 - Emissões totais de GEE por viagens aéreas.	122
Quadro 39 - Emissões de GEE por transporte de ônibus e avião.	123

Quadro 40 - Resíduos reciclados na Unisinos em 2015.....	125
Quadro 41 - Composição dos resíduos reciclados.....	126
Quadro 42 - Emissões evitadas com a reciclagem de resíduos.	126
Quadro 43 - Sequestro de carbono pela cobertura vegetal.	126
Quadro 44 - Dados de emissão de GEE consolidados por escopo.	127
Quadro 45 - Balanço das emissões de GEE pela Unisinos.....	128

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Derretimento máximo da calota polar ártica.	36
Figura 2 - Variação do nível dos mares ao longo dos anos.	38
Figura 3 - Emissões brasileiras de CO ₂ no período de 1990 - 2010.....	48
Figura 4 - Extração global de materiais em bilhões de toneladas, 1900-2005.....	50
Figura 5 - Emissões evitadas com o gerenciamento de resíduos na União Europeia.....	56
Figura 6 - Emissões totais de CO ₂ e por setores de tratamento de resíduos.....	57
Figura 7 - Comparativo da emissão de GEE pela disposição de resíduos em aterros sanitários (%) e a geração de GEE em aterros sanitários (milhões de toneladas de CO ₂ e).	59
Figura 8 - Emissão de CO ₂ e pela incineração de resíduos no Brasil.....	61
Figura 9 - Delineamento proposto para a pesquisa.....	65
Figura 10 - Categorias de emissões de GEE que foram levantadas na pesquisa.....	66
Figura 11 - Leitura da ferramenta GHG Protocol em planilha de Excel.	69
Figura 12 - Escopos e categorias de emissão da ferramenta GHG Protocol.	70
Figura 13 - Classificação da cobertura vegetal da Unisinos.....	96
Figura 14 - Conservação ambiental 1.....	97
Figura 15 - Conservação ambiental 2.....	98
Figura 16 - Gramado.	99
Figura 17 - Área de Preservação Permanente.....	100
Figura 18 - Emissões percentuais de GEE do Escopo 1.....	104
Figura 19 - Compra de Energia Elétrica do Sistema Interligado Nacional em 2015.	115
Figura 20 - Emissões percentuais de GEE do Escopo 3.....	118
Figura 21 - Trajeto do ônibus circular.	119
Figura 22 - Emissões de tCO ₂ e por categoria.....	123

LISTA DE ABREVIATURAS

CH₄ – Metano

CO₂ – Gás Carbônico

DOC - *Degradable Organic Carbon* - Fração de Carbono Degradável

GEE – Gases de Efeito Estufa

GNV – Gás Natural Veicular

GWP - *Global Warming Potential* – Potencial de Aquecimento Global

IGEE – Inventário de Gases de Efeito Estufa

IPCC – Painel Intergovernamental para as Mudanças Climáticas

MCF - *Methane correction fator* – Fator de Correção de Metano

MCTI – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação

NO₂ – Óxido Nitroso

ONU – Organização das Nações Unidas

SGA – Sistema de Gestão Ambiental

UFT - Universidade Federal do Tocantins

UFV – Universidade Federal de Viçosa

UNISINOS – Universidade do Vale do Rio dos Sinos

UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

RESUMO

PREUSS, M.J. Elaboração de inventário de gases de efeito estufa e as emissões evitadas com o gerenciamento de resíduos e cobertura vegetal na Universidade do Vale do Rio dos Sinos. São Leopoldo, 2017. 140 folhas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Unisinos, São Leopoldo. 2017.

As emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) têm sido uma das principais fontes de alterações climáticas na Terra desde o século XVII. Para conhecer o perfil das emissões e quantificar as fontes emissoras que mais contribuem para estas alterações, países, organizações e empresas têm desde o início do século XXI adotado a elaboração do Inventário de Gases de Efeito Estufa (IGEE) como ferramenta para compreenderem o perfil de suas emissões de GEE, o volume de emissões que suas atividades geram na atmosfera e direcionar ações para mitigar e controlar as emissões de tais gases. Frente a esta problemática, a presente pesquisa teve por objetivo realizar o Inventário de Gases de Efeito Estufa da Universidade do Vale do Rio dos Sinos, de acordo com todas as atividades e serviços realizados dentro do Campus de São Leopoldo. A metodologia adotada neste estudo utilizou a coleta de dados existentes no Sistema de Gestão Ambiental (SGA) da universidade, de acordo com os parâmetros do Programa Brasileiro GHG Protocol. O estudo demonstrou que no ano de 2015, a Unisinos emitiu 2.706 tCO_{2e}, mensuradas através do seu IGEE. Os resíduos reciclados na universidade evitaram a emissão de 9,7 tCO_{2e} na atmosfera, através do gerenciamento de resíduos da Unisinos. A cobertura vegetal da universidade absorveu 255 tCO₂, através do sequestro de carbono dos 20,4 ha de área de preservação permanente (APP). O balanço de GEE mostrou uma compensação de 255 tCO_{2e} pela manutenção da cobertura vegetal, sendo as emissões líquidas 2.451,44 tCO_{2e}. Como conclusão o estudo sugere que ações para o futuro se baseiem na realização de inventários posteriores e na redução de emissões de GEE através da melhoria de eficiência nos processos de consumo de energia elétrica, manutenção de aparelhos de ar-condicionado e redução no número de viagens aéreas.

Palavras-chave: emissão de gases; efeito estufa; resíduos sólidos.

ABSTRACT

Greenhouse gas (GHG) emissions have been one of the main sources of climate change on the Earth since the 17th century. In order to know the emission profile and quantify the sources of emissions that contributed the most to these changes, countries, organizations and companies have since the beginning of the 21st century adopted the Greenhouse Gas Inventory (GHGI) as a tool to understand the profile of their GHG emissions, the volume of emissions their activities generate in the atmosphere and direct actions to mitigate and control emissions of those gases. Faced with this problem, the present research had as its goal accomplishing the Greenhouse Gas Inventory of the University of Vale do Rio dos Sinos according to all the activities and services carried out within the Campus of São Leopoldo. The methodology adopted in this study used data collection of the University's Environmental Management System (EMS), according to the parameters of the Brazilian GHG Protocol Program. The study showed that in 2015, Unisinos issued 2,706 tCO₂e, measured through its GHGI. Recycled waste at the University prevented the emission of 9.7 tCO₂e into the atmosphere through waste management at Unisinos. The university's vegetation cover absorbed 255 tCO₂, through carbon sequestration in its 20.4 ha of permanent preservation area (PPA). The GHG balance showed a compensation of 255 tCO₂e through the vegetal cover maintenance, showing net emissions of 2,451.44 tCO₂e. In conclusion, this study suggests that future actions should be based on accomplishment of later inventories and reduction of GHG emissions through improvement of power consumption efficiency, air conditioners maintenance and reduction of air travels.

Keywords: gas emission; Greenhouse effect; solid waste.

1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da civilização humana, nos quais o homem passou a viver em sociedade e constituir cidades, suas necessidades de sobrevivência vêm aumentando gradativamente. Segundo Casagrande et al. (2011) as atividades humanas são responsáveis por alterações climáticas, entre elas o efeito estufa, ocasionado pela crescente emissão de gases de efeito estufa, conforme citados anteriormente.

Com o advento da Revolução Industrial no século XVIII, o desenvolvimento das atividades humanas e o desenvolvimento econômico cresceu em níveis exponenciais. Esse aumento das atividades está intrinsecamente relacionado com a atividade (ALVES, 2014; PACHURI, 2014). Conforme Sachs (2007), o uso abundante dos combustíveis fósseis, como o carvão e o petróleo, ao longo das décadas teve como consequência a liberação de gases de efeito estufa. Tais gases apresentam características que comprometem a manutenção térmica e climática da Terra, Casagrande et al (2011) ressaltam que o CO₂ é o principal gás com participação nesse efeito.

Uma série de gases que são encontrados naturalmente na atmosfera terrestre possuem participação na manutenção do efeito estufa da superfície terrestre, tal efeito é um fenômeno natural que ocorre a partir da concentração excessiva, na atmosfera, de gases, tais como vapor d'água (H₂O), ozônio (O₃), dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), clorofluorcarbonos (CFCs), hidrofluorcarbonos (HFCs) e perfluorcarbonos (PFCs) (PERREIRA e MAY, 2003).

Esses gases são denominados gases de efeito estufa (GEE) por terem a capacidade de reter parte do calor na atmosfera, através da captação de raios solares, fazendo com que a temperatura média do planeta se mantenha em níveis adequados para o desenvolvimento da vida, de acordo com o relatório Mudanças Climáticas 2007: Grupo de Trabalho I: A Base de Ciências Físicas (IPCC, 2007).

A queima incompleta dos combustíveis fósseis, como carvão e petróleo, libera na atmosfera gases óxidos de carbono (CO e CO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x), hidrocarbonetos (HC), onde o gás carbônico é um dos principais causadores desta alteração climática (ALVES, 2014; PACHURI, 2014; TEIXEIRA et al, 2008).

De acordo com Antunes e Qualharini (2008) os níveis de CO₂ na atmosfera aumentaram de 280 partes por milhão em volume, desde o período que antecede a Revolução Industrial, para cerca de 360 partes por milhão em volume no início dos anos 2000. No final do ano de 2014, o Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas (IPCC) corroborou esses dados. Atualmente a concentração já passa de 380 partes por milhão e mesmo que as emissões de CO₂ e demais gases que contribuem para as alterações climáticas cessassem, ainda assim o aumento da temperatura da superfície do planeta continuaria.

O efeito estufa é um fenômeno natural, que possibilita a manutenção da temperatura no globo terrestre dentro de uma faixa habitável. Tal efeito é obtido pela atmosfera que filtra os raios de Sol e os reflete novamente para a superfície terrestre, a fim de maior aproveitamento da energia térmica solar. O efeito estufa natural, portanto, não é nocivo, mas a sua intensificação representa um grave aquecimento da superfície (DIAS, 2006; PACHURI, 2014).

O setor de tratamento de resíduos sólidos é um dos setores com maiores oportunidades de redução nas emissões de GEE no Brasil, visto que o país apresenta baixa eficiência na reciclagem. O volume de emissões brasileiro contribui com 53 MtCO₂e, posicionando o país entre os 10 maiores emissores neste setor. O correto gerenciamento dos resíduos tem papel fundamental, pois é capaz de reduzir 75% das emissões apenas com a reciclagem de RSU (MATZINGER, 2009).

A elaboração do inventário de emissões é fundamental para as empresas e outras instituições compreenderem o perfil de suas emissões de Gases de Efeito Estufa e o volume de GEE que suas atividades lançam na atmosfera. A partir deste monitoramento é possível a implantação de ações consistentes, com o objetivo de promover metas de redução e a neutralização das emissões. Com a realização do inventário de gases é possível mensurar corretamente quais as fontes emissoras de gases que contribuem para o aumento do aquecimento global, e assim direcionar corretamente as ações e políticas que visem diminuir e/ou minimizar os impactos ambientais decorrentes das atividades industriais ou de serviços que são desenvolvidas (COWIE, 2012; IPCC, 2006)

Juntamente com a elaboração do inventário de gases de efeito estufa se faz necessária a adoção de medidas para compensar a emissão dos gases poluentes e identificar os possíveis pontos passíveis de otimização e correção. Neste cenário a gestão ambiental, em especial o gerenciamento de resíduos, entra como uma alternativa para evitar e até mesmo compensar a emissão de gases de efeito estufa.

Com a aplicabilidade da LF 12.305 (BRASIL, 2010a), Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei Federal 12305/2010), a gestão de resíduos ganhou um balizador fundamental para nortear as atividades relacionadas. A lei em questão deixa claro que devem ser direcionados para os aterros apenas os rejeitos, resíduos sem possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada.

Como forma de evitar o envio para aterros de materiais que possam ser reaproveitados em processos produtivos, reciclados ou reutilizados, o IPCC (2015) considera o gerenciamento de resíduos e a reciclagem formas de evitar as emissões de GEE.

1.1 OBJETIVOS

Na sequencia passa-se a apresentar os objetivos desse trabalho.

1.1.1 Objetivo geral

Realizar o Inventário de Gases de Efeito Estufa da Universidade do Vale do Rio dos Sinos, de acordo com todas as atividades e serviços realizados dentro do Campus de São Leopoldo.

1.1.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- Estimar as emissões de Gases de Efeito Estufa que são evitadas pelo gerenciamento de resíduos;
- Estimar qual o potencial de compensação ambiental de Gases de Efeito Estufa da Área de Preservação Permanente da Unisinos;
- Realizar um balanço das emissões de Gases de Efeito Estufa na Unisinos
- Propôr ações para compensação/mitigação de Gases de Efeito Estufa na Unisinos

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica apresentada neste capítulo tem o intuito de embasar o processo metodológico. Foram identificadas as principais mudanças climáticas a nível global e o papel do gerenciamento de resíduos nas emissões de GEE. O presente capítulo está estruturado em 6 subcapítulos, que abordam mudanças climáticas, gerenciamento de resíduos e as emissões provenientes do gerenciamento de resíduos.

2.1 GASES DE EFEITO ESTUFA E MUDANÇAS CLIMÁTICAS

De todos os raios solares emitidos, parte que chega ao planeta é refletida diretamente de volta ao espaço, ao atingir o topo da atmosfera terrestre. Outra parte é absorvida pelos oceanos e pela superfície da Terra, promovendo o seu aquecimento. Uma parcela desse calor é irradiada de volta ao espaço, mas é bloqueada pela presença de gases de efeito estufa (GEE) que, apesar de deixarem passar a energia vinda do Sol (emitida em comprimentos de onda menores), são opacos à radiação terrestre, emitida em maiores comprimentos de onda. Essa diferença nos comprimentos de onda se deve às diferenças nas temperaturas do Sol e da superfície terrestre (MMA, 2015).

O planeta Terra é habitável apenas pela presença desses gases nas suas concentrações corretas. Caso não estivessem presentes, a temperatura terrestre seria muito baixa, aproximadamente -18°C . A troca de energia entre a superfície e a atmosfera mantém as atuais condições, que proporcionam uma temperatura média global, próxima à superfície, de 14°C , temperatura ideal para a manutenção da vida terrestre (IPCC, 2007; MMA, 2015).

Conforme o quinto relatório do IPCC, o AR5 (Assesment Report – Relatório de Análise), praticamente todas as atividades humanas causam a emissão de GEE. Os principais setores da economia responsáveis pelas emissões são: agricultura, pecuária, transporte, tratamento dos resíduos sólidos, pela forma como o resíduo é tratado e disposto, desmatamento e degradação de florestas e nas indústrias, pelos processos de produção (MMA, 2015; PACHURI, 2014).

Há quatro principais gases de efeito estufa (GEE), cujos efeitos e concentrações na atmosfera são os principais potencializadores do efeito estufa, os quais são regulados pelo Protocolo de Quioto:

- a) O dióxido de carbono (CO₂) é o mais abundante dos GEE, sendo emitido como resultado de inúmeras atividades humanas.
- b) O gás metano (CH₄) é produzido pela decomposição da matéria orgânica.
- c) Óxido nitroso (N₂O) cujas emissões resultam, entre outros, do tratamento de dejetos animais, do uso de fertilizantes.
- d) Hidrofluorcarbonos (HFCs), utilizados como substitutos dos clorofluorcarbonos (CFCs) em aerossóis e refrigeradores; não agredem a camada de ozônio.

Para compará-los e somá-los, é utilizado a métrica usual do Potencial de Aquecimento Global (*Global Warming Potential* – GWP) atualmente utilizada para inventários nacionais como fator de ponderação, para se chegar à unidade comum, o equivalente de dióxido de carbono (CO₂e), conforme o IPCC (2015). O Quadro 1 apresenta os gases e seus respectivos GWPs:

Quadro 1- Potencial de aquecimento global (GWP) dos principais gases.

Gás	Símbolo	GWP (Potencial de Aquecimento Global)
Dióxido de carbono	CO ₂	1
Metano	CH ₄	25
Óxido nitroso	N ₂ O	298
Hidrofluorcarbonos	HFC – 23	11.700
	HFC – 125	2.800
	HFC – 134 ^a	1.300
	HFC – 143 ^a	3.800
	HFC – 152 ^a	140
Perfluorcarbonos	CF ₄	6.500
	C ₂ F ₆	9.200
Hexafluoreto de enxofre	SF ₆	23.900

Fonte: IPCC (2007) e PACHURI (2014).

2.1.1 Mudanças climáticas

O termo mudança do clima usado pelo IPCC refere-se a qualquer mudança no clima ocorrida ao longo do tempo, devido à variabilidade natural ou decorrente da atividade humana. Já a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC), define o termo mudança do clima como a qualquer mudança no clima que seja atribuída direta ou indiretamente à atividade humana, alterando a composição da atmosfera global, e seja adicional à variabilidade natural do clima observada ao longo de períodos comparáveis de tempo (BURNS, 2014; PACHURI, 2014).

Conforme o relatório Mudanças Climáticas 2014, emitido pelo IPCC no final do ano de 2014 (PACHURI, 2014), a influência humana sobre o sistema climático é clara, e as emissões antrópicas de gases de efeito estufa recentes são os mais elevados na história. As recentes mudanças climáticas tiveram impactos generalizados sobre áreas urbanas e ambientes naturais. O mesmo relatório aponta que as alterações climáticas decorrentes têm efeito na atmosfera, oceanos, criosfera e nível do mar.

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas é o principal organismo internacional para a avaliação das alterações climáticas. Foi criado pelo Programa das Nações Unidas para o Ambiente e pela Organização Meteorológica Mundial em 1988 para fornecer ao mundo uma visão científica clara sobre o estado atual do conhecimento na mudança do clima e seus potenciais impactos ambientais e socioeconômicos (IPCC, 2014).

O IPCC é um organismo científico sob a chancela da Organização das Nações Unidas (ONU). O Instituto analisa e avalia a informação científica, técnica e socioeconômica da forma mais atualizada produzida no mundo, considerando os dados mais relevantes para a compreensão das alterações climáticas.

O item “2.1 Gases de Efeito Estufa e Mudanças Climáticas”, baseia-se exclusivamente nas informações expressas no relatório sobre mudanças climáticas, emitido pelo IPCC (PACHURI, 2014; IPCC, 2014).

Por ser o órgão científico de referência sobre o assunto, os relatórios do IPCC condensam as informações científicas mais relevantes sobre as mudanças climáticas (IPCC, 2014).

2.1.2 Alterações climáticas na atmosfera

As últimas três décadas têm sido, sucessivamente, as mais quentes na superfície da Terra do que qualquer década anterior desde 1850, época dos primeiros registros sobre a variação da temperatura na superfície da Terra. O período de 1983 a 2012 foi provavelmente o período mais quente nos últimos 800 anos no Hemisfério Norte, onde essa avaliação é possível e provavelmente as décadas mais quentes nos últimos 1.400 anos (IPCC, 2007).

O resumo para os responsáveis por políticas, contido no relatório do Grupo de Trabalho I que trata das bases físicas das mudanças climáticas (IPCC, 2013) afirma que a temperatura média da terra e da superfície dos oceanos, combinados, mostra um aquecimento de 0,85 °C ao longo do período 1880 - 2012. Comparando as médias de temperatura do período de 1850 - 1900 e posteriormente o período de 2003-2012, nota-se uma diferença de 0,78 °C para mais na atmosfera. Quando analisados dados de todo o século XX (1901 a 2012), nota-se um aquecimento uniforme em todas as áreas do globo.

Além do forte aquecimento ao longo das décadas, a temperatura média global apresenta décadas com aumentos mais significativos e variabilidade ao longo dos anos. Devido a esta variabilidade natural, as variações de temperatura medidas em períodos muito curtos são muito sensíveis às datas de início e fim, e em geral não refletem as tendências climáticas de longo prazo. Como um exemplo, a taxa do aquecimento nos últimos 15 anos (1998-2012) foi de 0,05 °C por década, porém é importante frisar que o período inicia com um forte *El Nino*, o que causa aquecimento das águas do Oceano Pacífico e alterações climáticas em vários pontos do globo, já a taxa calculada nos últimos 60 anos é mais expressiva, com valores de 0,12 °C de aquecimento a cada década (IPCC, 2014).

2.1.3 Alterações climáticas nos oceanos

O aquecimento dos oceanos concentra energia térmica armazenada no sistema do clima, o que representa mais de 90% da energia acumulada entre 1971 e 2010, com apenas 1% de energia armazenada na atmosfera. Em uma escala global, o aquecimento dos oceanos é maior perto da superfície, e os 75m superiores tiveram um aquecimento de pelo menos 0,11 °C durante o período de 1971 a 2010 (IPCC, 2014).

É muito provável que as regiões de alta salinidade, na superfície onde a evaporação domina, tornaram-se mais salinas, enquanto regiões de baixa salinidade, onde há predominância de precipitação, tornaram-se menos salinas desde os anos 1950. Estas tendências regionais na salinidade do oceano fornecem evidências indiretas para mudanças na evaporação e precipitação sobre os oceanos e, portanto, para mudanças no ciclo global da água (IPCC, 2014).

Desde o início da era industrial, a absorção oceânica de CO₂ resultou na acidificação do mar, o pH da superfície da água do oceano diminuiu 0,1, correspondendo a um aumento de 26% na acidez. Há evidências de que, em paralelo com aquecimento das águas, as concentrações de oxigênio diminuíram em águas costeiras e em mar aberto, desde a década de 1960, com uma provável expansão das zonas tropicais com menor concentração de oxigênio nas águas (IPCC, 2014).

2.1.4 Alterações climáticas na Criosfera

Conforme Hall et al. (2013), ao longo das duas últimas décadas, a Groenlândia e gelo da Antártida têm perdido volume e área. As geleiras continuam encolhendo em quase todo o mundo, no hemisfério norte o Ártico progressivamente diminui em extensão a cada ciclo de estações (Figura 1).

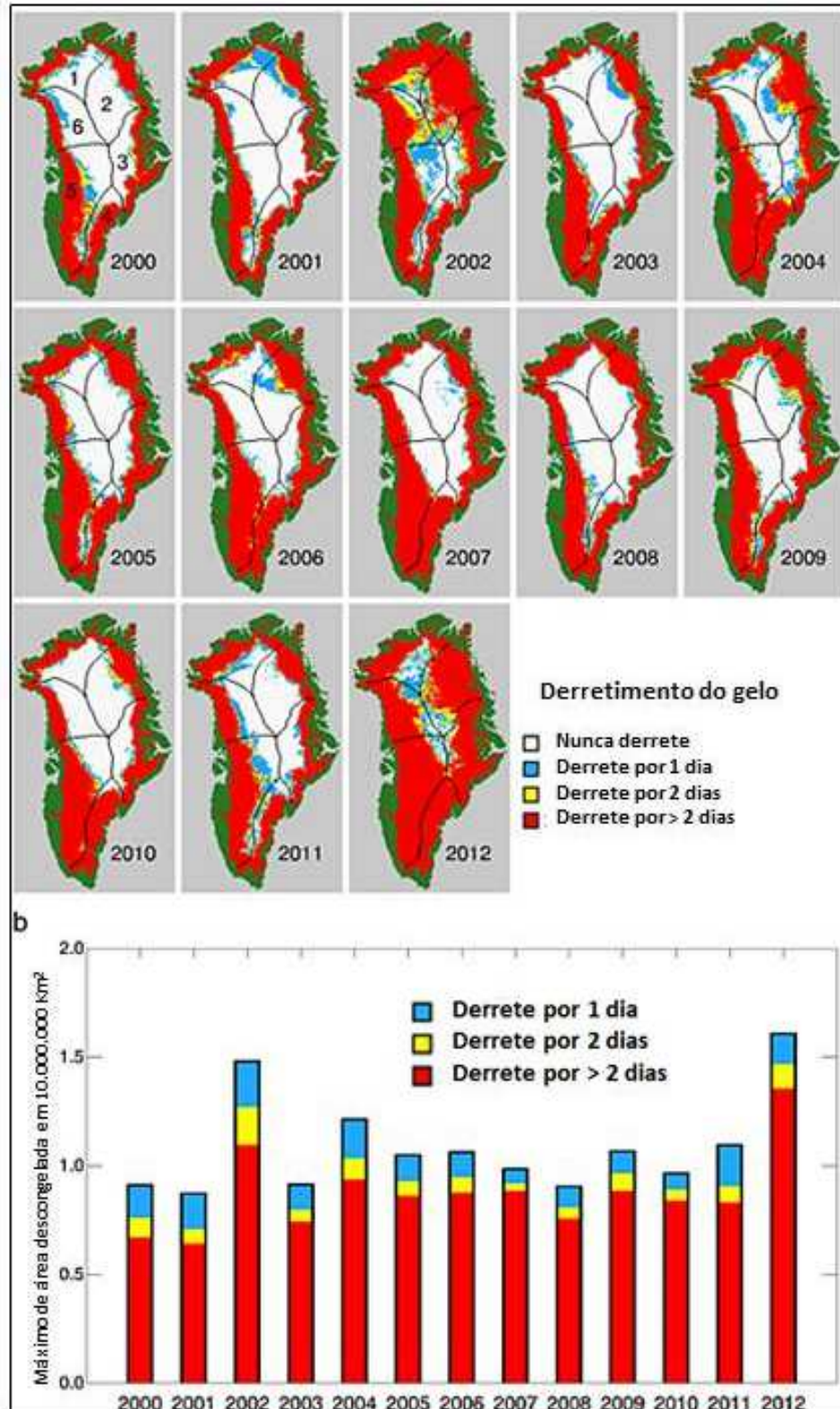
As calotas polares perderam massa e contribuíram para a elevação do nível do mar ao longo o século XX. A taxa de degelo da Groenlândia tem aumentado substancialmente ao longo do período de 1992 a 2011, resultando em uma perda de massa maior ao longo do período 2002-2011, do que ao longo de 1992 a 2001. A taxa de descongelamento da calota polar Antártica, principalmente ao norte da Península Antártica, também apresenta maiores taxas no período de 2002 a 2011, se comparado à década dos anos 1990 (HALL, 2013).

A extensão média do gelo do mar Ártico diminuiu ao longo do período 1979 (época dos primeiros registros) para 2012. A taxa de diminuição da calota polar ártica é estimada entre 3,5 a 4,1% por década. A extensão de gelo do mar Ártico diminuiu em todas as estações e em cada década sucessiva desde 1979, com a mais rápida diminuição na média decenal medida no verão (HALL et al., 2013).

Para o verão, período de menor gelo no mar, a redução foi provavelmente, no intervalo de 9,4 - 13,6% por década (aproximadamente 1.070.000 km² por década). Na região Antártica ocorreu um aumento da extensão do gelo marinho, com um aumento médio de 1,2 a 1,8% por década entre 1979 e 2012. Não há explicação confiável para esse comportamento de

aumento da calota polar antártica, mesmo com o aumento da temperatura média global (CULLATHER et al., 2016).

Figura 1- Derretimento máximo da calota polar ártica.



Fonte: HALL et al, 2013.

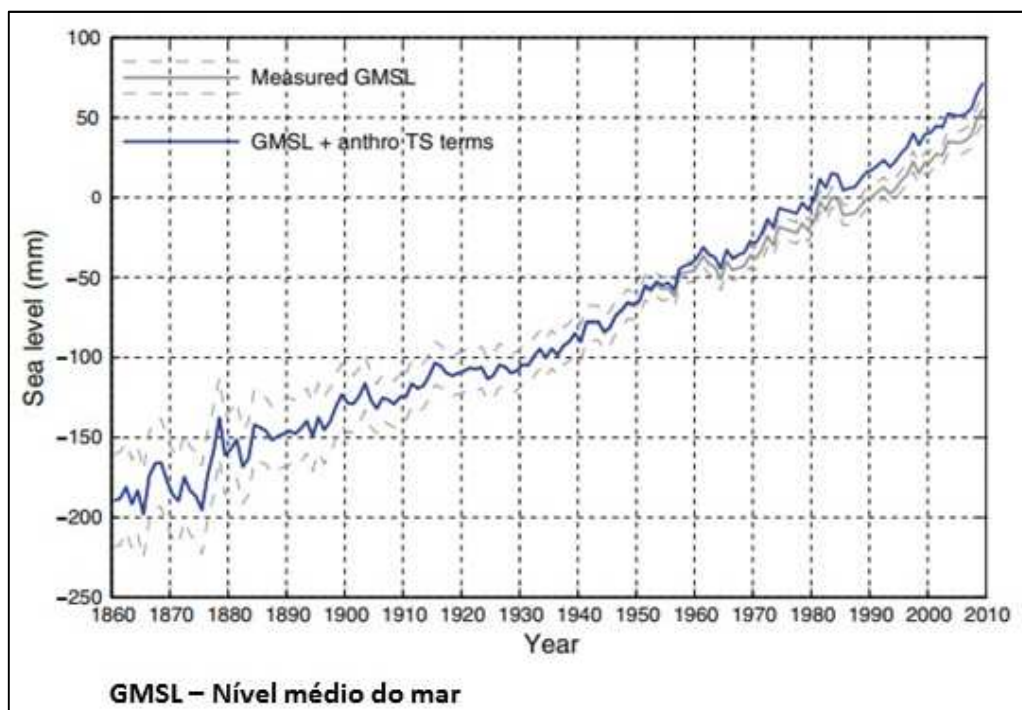
O histórico de dados mostra que a extensão da cobertura de neve no Hemisfério Norte diminuiu desde meados do século XX, cerca de 1,6% por década para os meses de março e abril (primavera), e 11,7% por década para junho (verão), ao longo do período 1967 - 2012. O aumento das temperaturas têm influenciado no *permafrost*¹, na maioria das regiões do Hemisfério Norte, nota-se, desde o início de 1980 a redução da espessura e o derretimento desse tipo de solo. O aumento das temperaturas do *permafrost* ocorreu em resposta ao aumento da temperatura da superfície e mudanças na cobertura de neve.

2.1.5 Alterações climáticas no nível do mar

A elevação do nível do mar tem impactos diretos sobre as regiões costeiras e insulares, onde uma percentagem substancial da população mundial vive. (ANTHOFF et al. 2006). Os níveis do mar estão subindo e espera-se que continuem a aumentar ao longo dos séculos, mesmo que as emissões de GEE sejam contidas e as suas concentrações atmosféricas estabilizem. O aumento da temperatura dos oceanos é um elemento importante das mudanças climáticas e conseqüente elevação do nível do mar. As contribuições remanescentes à elevação do nível do mar vêm principalmente do derretimento de gelo terrestre: geleiras e calotas polares, conforme relato por Church e White (2011).

Ao longo do período de 1901 a 2010, o nível do mar aumentou em média 0,19 m. A taxa de aumento do nível do mar desde os meados do século XIX tem sido maior do que a taxa média durante os últimos dois milênios (Figura 2).

¹ NOTA *Permafrost* – solo localizado em regiões próximas a calotas polares, com grande quantidade de gelo em meio à terra, o qual fica congelado continuamente impede a decomposição da matéria orgânica.

Figura 2 - Variação do nível dos mares ao longo dos anos.

Fonte: Church e White (2011).

É muito provável que a taxa média de aumento no nível do mar era 1,7 mm/ano entre 1901 e 2010 e 3,2 mm/ano entre 1993 e 2010. Dados de satélite, estes provenientes a partir da década de 1990, fornecem dados mais apurados e são precisos em relação à taxa mais elevada durante o último período, conforme expresso por Church e White (2011).

De acordo com Shepherd et al (2012), as taxas de aumento do nível do mar em algumas regiões podem ser maiores ou menores do que o aumento do nível do mar de forma global, por períodos de várias décadas, devido às flutuações na circulação oceânica. Desde 1993, as taxas regionais de aumento do nível das águas oceânicas para o Pacífico Ocidental são até três vezes maiores do que a média global, enquanto que as taxas de variação do Pacífico Oriental estão perto zero ou negativo.

Durante o último período interglacial (129.000 a 116.000 anos atrás) o nível dos mares esteve pelo menos 5 m acima dos níveis atuais, porém houveram períodos em que a linha d'água oceânica esteve até 10 m mais elevada. Durante o último período interglacial, o gelo da Groenlândia provavelmente contribuiu com uma elevação entre 1,4 e 4,3 m no nível dos mares, implicando com uma contribuição adicional da calota polar Antártica. Esta modificação do nível do mar ocorreu em um contexto de diferentes forças orbitais e com alta temperatura da

superfície do planeta, em média ao longo de vários milhares de anos, pelo menos 2 °C mais quente do que o período recente (DUTTON et al, 2015).

2.2 PAINEL INTERGOVERNAMENTAL DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Conforme relatado por Antônio (2008) e Marengo (2010), a possibilidade de mudanças climáticas ficavam mais evidente com as evidências científicas. Essas alterações despertam o interesse na comunidade científica como um todo. E, em 1988 dois órgãos afiliados das Organizações das Nações Unidas (ONU) - Organização Meteorológica Mundial (OMM) e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) – estabeleceram o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (*Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC*). Esse órgão ficou encarregado de ser a referência científica mundial nas avaliações do clima e nos cenários de mudanças climáticas. Sua missão é "avaliar a informação científica, técnica e socioeconômica relevante para entender os riscos induzidos pela mudança climática na população humana".

Desde então, o IPCC já publicou cinco relatórios sobre as mudanças climáticas, sendo que o mais recente foi lançado em novembro de 2014, os demais relatórios sobre avaliações do clima e nos cenários de mudanças climáticas foram emitidos respectivamente em 1988, 1996, 2001 e 2007 (PACHURI, 2014).

O IV Relatório do IPCC de 02/2007, culpando o homem como responsável pelas mudanças climáticas globais, impactou fortemente sobre a comunidade internacional, os formadores de opinião e os tomadores de decisão nos Governos (NOBRE, 2007).

2.2.1 Conferência das Partes e Protocolo de Kyoto

Na década de 1980, as evidências científicas relacionando as emissões de GEE, provenientes das atividades humanas às mudanças do clima em todo o globo começaram a despertar a preocupação pública e o olhar científico. Inspiraram uma série de conferências internacionais que apelavam para a urgência de um tratado mundial para enfrentar o problema (CANADELL et al, 2007).

Em 1990, a Assembléia Geral das Nações Unidas respondeu a esses apelos estabelecendo o Comitê Intergovernamental de Negociação para a Convenção-Quadro sobre Mudança do Clima (INC/FCCC). O órgão especialmente encarregado de promover o debate e negociação climática entre as nações preparou a minuta do primeiro encontro e adotou-a em 9 de maio de 1992 na sede das Nações Unidas em Nova York. A Convenção foi aberta a assinatura em junho de 1992 na Cúpula da Terra no Rio de Janeiro, conhecida como Rio-92, a qual norteou por anos as práticas do desenvolvimento sustentável nos últimos anos (MCTI, 2016).

A convenção foi assinada e ratificada, durante o encontro, por chefes de Estado e outras autoridades de 154 países, entrando em vigor em 21 de março de 1994, conforme exposto no relatório sobre a Convenção sobre Mudança do Clima, em 2012 (MCTI, 2016). Até meados de 1997, 165 países ratificaram ou acederam à Convenção, comprometendo-se, assim, com os termos da Convenção. A Conferência das Partes (COP) – o órgão supremo da Convenção – reuniu-se pela primeira vez no início de 1995 em Berlim. A COP 1 adotou 21 decisões, incluindo o Mandato de Berlim prevendo novas discussões sobre o fortalecimento da Convenção (Quadro 2).

Quadro 2 - Histórico da Conferência das Partes (COP) e suas definições.

(continua)

Conferência das Nações Unidas sobre mudanças do clima (COP - Conference Of the Parties)	ANO	LOCAL	EVENTO/DEFINIÇÃO
1	1995	Berlim, Alemanha	Primeiras conversas sobre as metas de redução de emissões de GEE. Países em desenvolvimento não foram incluídos. Falou-se em responsabilidade comum, porém diferenciada.
2	1996	Genebra, Suíça	Definidas as primeiras obrigações legais de redução de GEE, o primeiro esboço do protocolo de Kyoto.
3	1997	Kyoto, Japão	Estabelecimento do Protocolo de Kyoto, estabeleceu metas claras de redução para os países desenvolvidos, chamados Países do Anexo I, com metas gerais de 5,2% de redução se comparado a 1990. Japão (6%), Estados Unidos (7%) e União Europeia (8%), assumiram compromissos mais audaciosos, documento não ratificado pelos EUA.
4	1998	Buenos Aires, Argentina	Ratificação do Protocolo de Kyoto e definição de estudos de impactos ambientais provenientes das alterações climáticas e formas de compensação de emissões.
5	1999	Bonn, Alemanha	Discussão de utilizar o reflorestamento como forma de combater o agravamento das mudanças climáticas pelo sequestro de carbono da atmosfera pelas árvores.
6 – I	2000	Haia, Países Baixos	Suspensão temporária das negociações entre União Européia e Estados Unidos, por falta de consenso sobre os mecanismos de desenvolvimento limpo e créditos de carbono
6 – II	2001	Bonn, Alemanha	Saída dos Estados Unidos do Protocolo de Kyoto, foi aprovado no mesmo o uso de formas de sequestro de carbono como ferramenta de compensação das emissões.

Conferência das Nações Unidas sobre mudanças do clima (COP - Conference Of the Parties)	ANO	LOCAL	EVENTO/DEFINIÇÃO
7	2001	Marraqueche, Marrocos	Limitação de usos dos créditos florestais pelo Mercado de Desenvolvimento Limpo e estabelecimento de fundo financeiro aos países desenvolvidos
8	2002	Nova Déli, Índia	Discussão de fontes alternativas e renováveis de energia como fonte de mitigar as emissões de GEE nos países signatários
9	2003	Milão, Itália	Regulamentação de reflorestamento de áreas como sumidouros de carbono atrelado aos Mecanismos de Desenvolvimento Limpo
10	2004	Buenos Aires, Argentina	Aprovação das regras do protocolo de Kyoto, com a incorporação da Rússia ao acordo. Primeiros inventários de gases de efeito estufa foram divulgados, inclusive o brasileiro.
11	2005	Montreal, Canadá	Debates sobre a segunda vigência do Protocolo de Kyoto, no qual os países da União Europeia estipulam metas de redução de 20-30% até 2030 e até 80% para o ano de 2050.
12	2006	Nairóbi, Quênia	Esforço dos 189 países signatários do Protocolo de Kyoto em revisar as suas metas, os prós e os contras do mesmo. O governo brasileiro assume o compromisso de reduzir as emissões originárias do desmatamento.
13	2007	Báli, Indonésia	Estabelecimento de metas claras para a redução de emissões provenientes de desmatamentos. Implementação do Fundo de Adaptação, a fim de que países em desenvolvimento possam financiar projetos para enfrentar as mudanças climáticas e implantação de tecnologias limpas.
14	2008	Poznan, Polônia	Consenso de que se faz necessário um novo acordo climático para substituir o Protocolo de Kyoto, mas que englobe todos as nações do mundo.

Conferência das Nações Unidas sobre mudanças do clima (COP - Conference Of the Parties)	ANO	LOCAL	EVENTO/DEFINIÇÃO
15	2009	Copenhague, Dinamarca	Tentativa de substituir o Protocolo de Kyoto, vigente até 2012, mas não houve aprovação dos 192 países participantes.
16	2010	Cancún, México	Criação do Fundo Verde do Clima, para administrar o dinheiro que os países desenvolvidos se comprometeram a contribuir para deter as mudanças climáticas - foram previstos US\$ 30 bilhões para o período 2010-2012 e mais US\$ 100 bilhões anuais a partir de 2020. Acordo de limitar o aquecimento global em 2°C, se comparado aos níveis anteriores a 1800.
17	2011	Durbán, África do Sul	Definição de novas metas de redução de emissões para o ano de 2015, as quais entram em vigor em 2020. Relato de alguns países da dificuldade de mudar a matriz energética fortemente baseada em derivados do petróleo.
18	2012	Doha, Catar	Extensão do Protocolo de Kyoto como único mecanismo que gera obrigatoriedade na diminuição das emissões dos países desenvolvidos até 2020.
19	2013	Varsóvia, Polônia	Reforçado pelos mais de 190 signatários que um novo acordo terá que ser aprovado em 2015. Os governos se comprometeram em preparar contribuições sobre o que farão para cortar GEE. Aprovadas as normas sobre financiamento de projetos voltados à proteção de florestas em países em desenvolvimento
20	2014	Lima, Peru	Elaboração do chamado “Rascunho Zero”, documento no qual está pré-definido o novo acordo climático, o qual deve ser estabelecido na conferência COP – 21, de Paris. Engajamento dos países desenvolvidos para criar fundos de financiamento para ajudar os países em desenvolvimento a enfrentarem as mudanças climáticas.

Conferência das Nações Unidas sobre mudanças do clima (COP - Conference Of the Parties)	ANO	LOCAL	EVENTO/DEFINIÇÃO
21	2015	Paris, França	Assinado por 195 nações o Acordo de Paris, primeiro texto universal para conter "a elevação da temperatura média do planeta nitidamente abaixo de 2° C", entrar em vigor em 2020 e primeira revisão em 2025
22	2016	Marrakesk, Marrocos	Implantação do Acordo de Paris, que passou a vigorar em 4 de novembro de 2016. Confirmado a intenção dos países signatários em levantar 100 bilhões por ano até 2020 para apoiar a ação climática dos países em desenvolvimento

Fonte: Adaptado de UNFCCC (2016) e Terra (2013).

2.2.2 Protocolo de Montreal

A camada de ozônio é um "cinturão" de gases situado entre 10 e 50 km acima da superfície da Terra. No nível do solo, o ozônio é um poluente, mas na atmosfera superior, a estratosfera, protege as pessoas, animais e plantas, filtrando os prejudiciais raios ultravioletas (UV) do Sol. Nos anos 70, detectou-se o buraco na Camada de Ozônio sob a Antártica e em seguida no Pólo Norte (SILVA, 2009).

Uma considerável diminuição do conteúdo total de ozônio na atmosfera, durante os períodos de primaveras é conhecida como "Buraco na Camada de Ozônio. O decréscimo do gás na atmosfera aumenta a intensidade da chegada dos raios UV à superfície, tendo consequências graves da radiação UV tais como feridas na pele, câncer e mutações degenerativas (SILVA, 2014).

Em 1985 o buraco na Camada de Ozônio foi considerado um problema ambiental para a comunidade internacional. Embora aparecesse sobre uma área relativamente desabitada, a sua descoberta foi crucial para a percepção pública sobre os problemas ambientais, porque, pela primeira vez, a ciência e as observações confirmaram o que eram especulações (SILVA, 2009).

De acordo com dados do Ministério do Meio Ambiente (MMA), no seu relatório Ações Brasileiras para a Proteção da Camada de Ozônio, o Protocolo de Montreal - assinado em Viena em 1987 - impôs obrigações mais específicas a todos os seus signatários, enfocando a progressiva redução da produção e do consumo das substâncias que destroem a camada de ozônio SDOs até sua total eliminação. Adicionalmente, impôs restrições ao comércio dessas substâncias e recomendou o desenvolvimento de tecnologias alternativas que reduzissem ou eliminassem os riscos à camada de ozônio. Atualmente, o Protocolo de Montreal é o único acordo ambiental multilateral cuja adoção é universal, com 197 partes que assumiram o compromisso de proteger a camada de ozônio (MMA, 2014).

O mesmo relatório ressalta que um importante aspecto do Protocolo de Montreal é permitir revisões sob a forma de emendas e ajustes ao texto original, mediante decisões das partes fundamentadas em recomendações dos painéis técnicos e científicos de avaliação e assessoramento. Enquanto as emendas precisam ser ratificadas pelos países, os ajustes entram em vigor a partir da decisão tomada pelas partes durante as conferências e as reuniões (MMA, 2014).

2.2.3 Emissões de gases de efeito estufa no Brasil

O Brasil instituiu a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), por meio da Lei no 12.187/2009 (BRASIL, 2009), que 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 até 2020. Segundo o Decreto no 7.390/2010, que regulamenta a Política Nacional sobre Mudança do Clima (BRASIL, 2010b), a projeção de emissões de gases de efeito estufa para 2020 foi estimada em 3,236 Gt CO₂. Dessa forma, a redução correspondente aos percentuais estabelecidos encontra-se entre 1,168 Gt CO₂ e 1,259 Gt CO₂, respectivamente, para o ano em questão.

Durante a Conferência das Nações Unidas para a Agenda de Desenvolvimento Pós-2015, o Brasil reafirmou que a meta do país é uma redução de emissão de gases de efeito estufa de 37% até 2025 e de 43% até 2030. O ano base para cálculos das estimativas de redução é 2005 (ONU, 2015).

De acordo com a PNMC, a adesão ao compromisso de redução de emissões é voluntária, porém há metas estabelecidas aos setores de uso da terra, energia, agropecuária, processos industriais e tratamento de resíduos. Fica a cargo no Ministério da Ciência e Tecnologia elaborar as estimativas e monitorar os planos de ação (BRASIL, 2009).

Segundo Alvim (2008), dentre os principais compromissos do Brasil junto à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima está o de desenvolver e atualizar, periodicamente, o Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa, cobrindo os setores de energia; processos industriais; uso de solventes; agropecuária; mudança no uso da terra e florestas; e tratamento de resíduos.

No ano de 2013, o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI, 2013), lançou a segunda edição do Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil, no qual estão descritas as estimativas de CO₂ para o Brasil no intervalo de 1990 a 2005, e algumas estimativas estendidas e projetadas até o ano de 2010.

Conforme os parâmetros do IPCC (2006), o qual estabelece as normas para os inventários de GEE em todo o mundo, os seguintes setores tiveram as emissões estratificadas:

a) Energia – Emissões devido à queima de combustíveis e emissões fugitivas da indústria de petróleo, gás e carvão mineral. As emissões de CO₂ devido ao processo de redução nas usinas siderúrgicas foram consideradas no setor de Processos Industriais.

b) Processos Industriais – Emissões resultantes dos processos produtivos nas indústrias e que não são resultado da queima de combustíveis. Subsetores: produtos minerais, metalurgia e química, além da produção e consumo de HFCs e SF₆.

c) Agropecuária – Emissões devido à fermentação entérica do gado, manejo de dejetos animais, solos agrícolas, cultivo de arroz e queima de resíduos agrícolas.

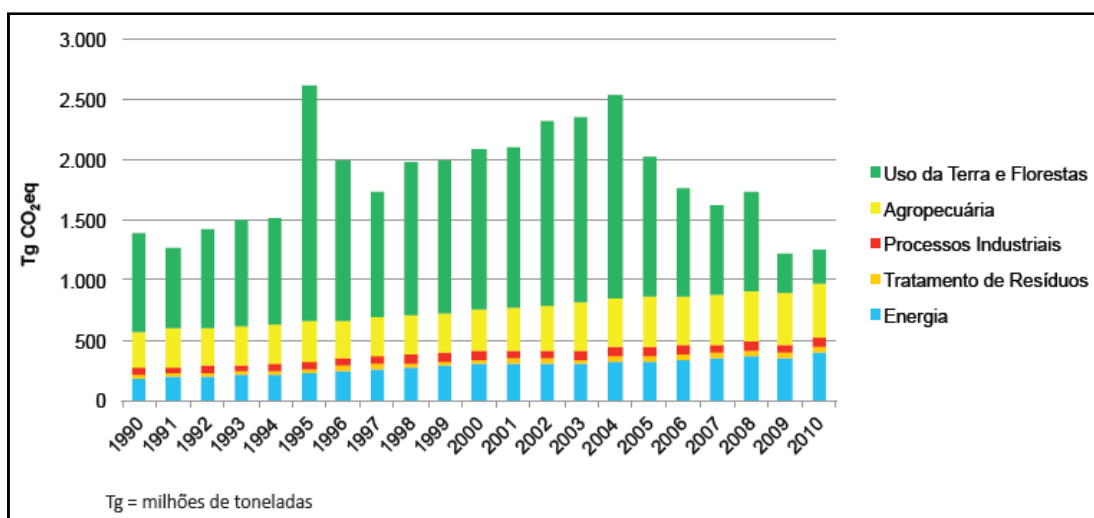
d) Mudança de Uso da Terra e Florestas – Emissões e remoções resultantes das variações da quantidade de carbono, seja da biomassa aérea, seja do solo, considerando-se todas as transições possíveis entre diversos usos, além das emissões de CO₂ por aplicação de calcário em solos agrícolas e das emissões de CH₄ e N₂O pela queima de biomassa nos solos. O crescimento da vegetação em áreas consideradas manejadas gera remoções de CO₂.

e) Tratamento de Resíduos – Emissões pela disposição de resíduos sólidos e pelo tratamento de esgotos, tanto doméstico/comercial quanto industrial, além das emissões por incineração de resíduos e pelo consumo humano de proteínas.

O país apresenta-se como um dos principais emissores de GEE na atmosfera e sua contribuição para as alterações climáticas e consequente aquecimento global é notório, no ano de 2009 o Brasil era responsável por cerca de 5% das emissões globais de tais gases, sendo o setor florestal o maior responsável pelo protagonismo brasileiro, cerca de 55% das emissões eram advindas de queimadas e desmatamentos, que liberam para a atmosfera o carbono armazenado na forma de celulose e outros compostos (MATZINGER, 2009).

Em conformidade com o estudo de Matzinger (2009), no ano de 2005 as emissões globais de CO₂ foram de aproximadamente 45 Gt (Giga tonelada), sendo que deste montante, 2,5 GtCO₂ foram advindas das atividades desenvolvidas no Brasil. Tais dados refletem as emissões percapitas brasileiras, consideradas altas, de 12 tCO₂, frente a de 10 tCO₂ de grandes países europeus.

No que se refere às emissões brutas de CO₂ no Brasil, o Segundo Inventário Brasileiro de Gases de Efeito Estufa (MCTI, 2013) mostra que os valores se mantiveram praticamente os mesmos do início dos anos 1990 até 2010, porém nota-se uma clara diminuição nas emissões a partir de 2004, quando foram emitidas mais de 2.500 milhões de toneladas de CO₂, para 1.246 milhões de toneladas de CO₂ no ano de 2010 (Figura 3).

Figura 3 - Emissões brasileiras de CO₂ no período de 1990 - 2010

Fonte: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (2013).

Conforme Matzinger (2009), o setor de tratamento de resíduos sólidos é um dos setores com maiores oportunidades de redução nas emissões de GEE no Brasil. Os fatores que determinam as emissões de GEE, provenientes do tratamento de resíduos sólidos são: a parcela de dejetos orgânicos, a umidade no sistema, as condições meteorológicas e a disposição final inadequada.

Sendo o 5º país mais populoso do mundo, e com níveis de coleta e tratamento de resíduos relativamente baixos, o volume de emissões brasileiro contribui com 53 MtCO₂e, posicionando o país entre os 10 maiores emissores neste setor. Diante disso, o correto gerenciamento dos resíduos tem papel fundamental, pois é capaz de reduzir 75% das emissões apenas com a reciclagem de RSU (MATZINGER, 2009).

2.3 GESTÃO E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS NO MUNDO E BRASIL

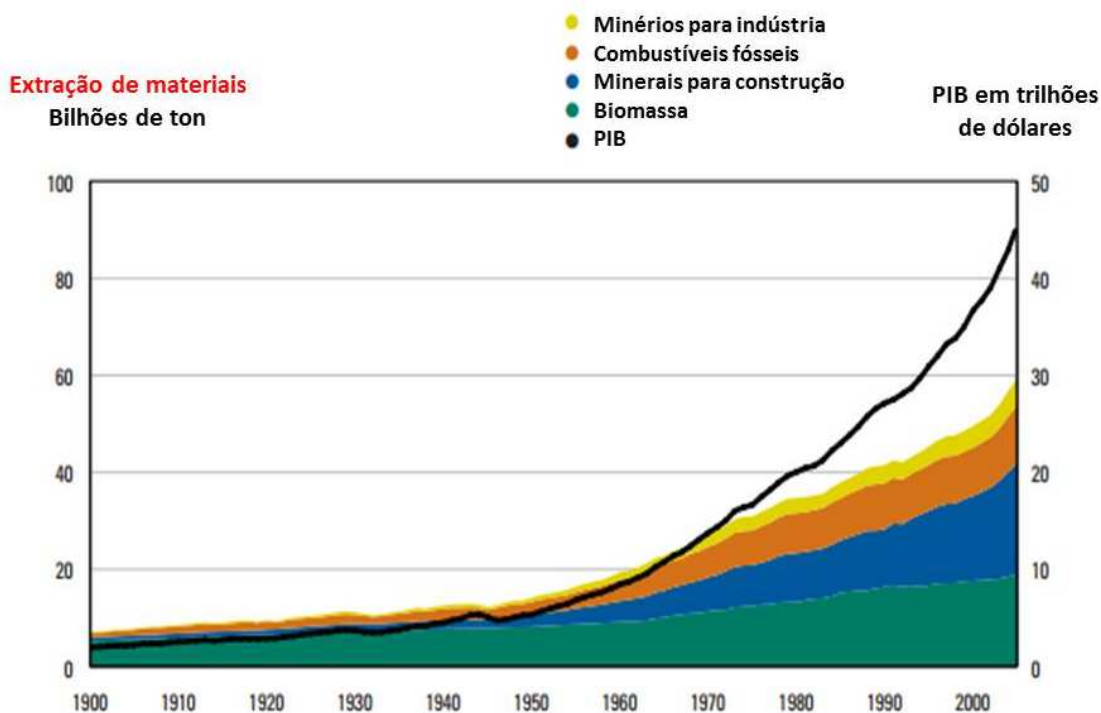
A expansão econômica e demográfica mundial nos séculos XIX e XX, provenientes do grande avanço tecnológico da revolução industrial, que elevaram o consumo material da humanidade tem gerado, desde a década de 1960, debates sobre a exaustão dos recursos naturais. A utilização generalizada destes e de forma não sustentável, gera um impacto ecológico significativo, e que tem se tornado social e econômico. (MCKENNA et al., 2013).

A Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), denominada de “Conferência de Cúpula da Terra” ficou popularmente conhecida como Rio-92, por ter sido sediada no Brasil, na cidade do Rio de Janeiro, em junho de 1992, 20 anos após a Conferência de Estocolmo, a primeira grande conferência mundial sobre desenvolvimento sustentável, debateu sobre o consumo dos recursos naturais e o potencial do planeta sustentar essa demanda. (GUIMARÃES e FONTOURA, 2012; LOUREIRO, 2004).

Nos últimos vinte anos o planeta vive um período de explosão demográfica, conforme dados do Programa Ambiental das Nações Unidas (UNEP, 2011), desde 1992, a população mundial aumentou em uma taxa anual de 1,3%, somando cerca de 1,5 bilhão a mais de pessoas no planeta em um período de 20 anos. Entre 1992 e 2010, a população mundial cresceu de cerca de 5,5 bilhões para aproximadamente 7 bilhões, representando um aumento de 26 %.

O aumento da população acarreta uma maior demanda por recursos naturais, relacionada com a crescente utilização de materiais recicláveis na produção de bens de consumo gera um aumento na geração de resíduos a nível mundial (Figura 4). Essa demanda crescente por recursos e produtos gera uma enorme pressão sobre os ambientes naturais, na extração de matérias-primas (KRAUSMANN et al., 2009; UNEP, 2011).

Figura 4 - Extração global de materiais em bilhões de toneladas, 1900-2005.



Fonte: KRAUSMANN et al., 2009

A preocupação mundial em relação aos resíduos sólidos tem aumentado devido ao crescimento da produção, ao aumento da periculosidade de alguns resíduos e à falta de áreas adequadas para sua disposição final. O tema tem se mostrado prioritário desde a Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente e o Desenvolvimento (Rio-92) em escala global, tanto nos países desenvolvidos, quanto em desenvolvimento. A partir de 2007, após o relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima (IPCC), novos fatores associados ao gerenciamento de resíduos sólidos e seus impactos, como emissão de gás metano em lixões e aterros sanitários e episódios de enchentes, decorrentes do manejo inadequado, fizeram com que se ampliasse a agenda dos governos e da sociedade (IPCC, 2007; NOBRE, 2010).

No Brasil, constitucionalmente, é de competência do poder público local o gerenciamento dos resíduos sólidos produzidos em suas cidades. Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - PNSB 2008, 61,2% das prestadoras dos serviços de manejo dos resíduos sólidos eram entidades vinculadas à administração direta do poder público; 34,5%, empresas privadas sob o regime de concessão pública ou terceirização; e 4,3%, entidades organizadas sob a forma de autarquias, empresas públicas, sociedades de economia mista e consórcios.

Os serviços de manejo dos resíduos sólidos compreendem a coleta, a limpeza pública bem como a destinação final desses resíduos, e exercem um forte impacto no orçamento das administrações municipais, podendo atingir 20% dos gastos da municipalidade (GÓES, 2012).

A geração total de RSU no Brasil em 2014 foi de aproximadamente 78,6 milhões de toneladas, o que representa um aumento de 2,9% de um ano para outro, índice superior à taxa de crescimento populacional no país no período, que foi de 0,9%. Os dados de geração anual e per capita em 2014, comparados com 2013, sendo provenientes de mais de 3 mil cidades brasileiras, pois os dados da ABRELPE não abrange todo o território nacional (ABRELPE, 2015).

A quantidade de RSU gerada e a coletada em 2014 mostra que o país contou com um índice de cobertura de coleta de 90,6%, levando à constatação de que pouco mais de 7 milhões de toneladas deixaram de ser coletadas no país neste ano e, conseqüentemente, tiveram destino impróprio (ABRELPE, 2015).

No tocante à coleta seletiva, em 2014, cerca de 65% dos municípios registraram alguma iniciativa nesse sentido, conforme mostra, que também apresenta as diferenças regionais no tocante à disponibilização de tais iniciativas. Embora seja expressiva a quantidade de municípios com iniciativas de coleta seletiva, convém salientar que muitas vezes estas atividades resumem-se à disponibilização de pontos de entrega voluntária ou convênios com cooperativas de catadores, que não abrangem a totalidade do território ou da população do município (ABRELPE, 2015).

O índice de 58,4% de destinação final adequada em 2014 permanece significativo, porém a quantidade de RSU destinada a locais inadequados totaliza 29.659.170 toneladas no ano, que seguiram para lixões ou aterros controlados, os quais do ponto de vista ambiental pouco se diferenciam dos lixões, pois não possuem o conjunto de sistemas necessários para a proteção do meio ambiente e da saúde pública (ABRELPE, 2015).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), promulgada pela lei nº 12.305/10 (BRASIL, 2010a), tornou obrigatória a implantação de sistemas de logística reversa, trazendo dentre suas disposições uma relação de produtos e setores, para os quais tais sistemas devem ser disponibilizados. Os setores de embalagens de agrotóxicos, embalagens de óleos lubrificantes e pneus inservíveis contam com ações estruturadas para retorno dos materiais descartados, e têm se destacado no incentivo à logística reversa.

Os resíduos sólidos urbanos (RSU), nos termos da Lei Federal nº 12.305/10 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, englobam os resíduos domiciliares, isto é, aqueles originários de atividades domésticas em residências urbanas e os resíduos de limpeza urbana, quais sejam, os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas, bem como de outros serviços de limpeza urbana (BRASIL, 2010a).

Merecem destaque os números relacionados à destinação final dos resíduos coletados, conforme Abrelpe (2015), cuja pesquisa revelou que 58,4 % tiveram destinação adequada e seguiram para aterros sanitários em 2014, praticamente sem alteração do cenário registrado no ano anterior.

Segundo o Instituto ETHOS (2012), apesar do aumento no número de aterros sanitários na primeira década dos anos 2000 e 2010, 40% dos resíduos gerados no país ainda são destinados para lixões e aterros controlados.

Nesse sentido, é importante ressaltar que os 41,6% restantes correspondem a 81 mil toneladas diárias, que são encaminhadas para lixões ou aterros controlados, os quais pouco se diferenciam dos lixões, uma vez que ambos não possuem o conjunto de sistemas e medidas necessários para proteção do meio ambiente contra danos e degradações.

É importante ressaltar que a quantidade de resíduos gerada no Brasil aumentou significativamente nos últimos anos, tanto em termos absolutos quanto na produção per capita. A geração per capita de RSU é superior a 1kg por dia no país (Quadro 3), sendo mais representativa nas regiões Sudeste e Centro-Oeste (ABRELPE, 2015; ETHOS, 2012).

Mesmo com uma legislação mais restritiva e apesar dos esforços empreendidos em todas as esferas governamentais, a destinação inadequada de RSU se faz presente em todas as regiões e estados brasileiros e 3.334 municípios, correspondentes a 59,8% do total, ainda fazem uso de locais impróprios para destinação final dos resíduos coletados (ABRELPE, 2015).

Quadro 3 - Quantidade de RSU gerada.

Regiões	2013	2014		
	RSU gerado (ton/dia)/Índice (kg/hab/dia)	População total	RSU gerado (ton/dia)	Índice (kg/hab/dia)
Norte	15.169 / 0,892	17.261.983	15.413	0,893
Nordeste	53.465 / 0,958	56.186.190	55.177	0,982
Centro-oeste	16.636 / 1,110	15.219.608	16.948	1,114
Sudeste	102.088 / 1,209	85.115.623	105.431	1,239
Sul	21.922 / 0,761	29.016.114	22.328	0,770
BRASIL	209.280 / 1,041	202.799.518	215.297	1,062

Fonte: ABRELPE, 2015.

A partir da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) estabelecida pela Lei Federal nº 12.305/2010, a responsabilidade dos geradores de resíduos sólidos, do poder público e da coletividade passou a estar definida em lei.

Conforme determinado na Constituição Federal (BRASIL, 2010), a titularidade da limpeza pública atribuída aos municípios nos termos do art. 30. A responsabilidade pela segregação, acondicionamento, coleta, armazenamento temporário, transporte, tratamento, disposição final de cada tipologia de resíduos, de acordo com sua origem e periculosidade, ficou definido por meio da PNRS, 2010 (Quadro 4).

Quadro 4 - Classificação e responsabilidade sobre os resíduos.

Classificação quanto à origem	
Tipologia dos resíduos	Responsável
Resíduos sólidos urbanos (RSU) Resíduos domiciliares (RDO), Resíduos de limpeza urbana	O município, que deverá elaborar e implantar o Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos (PGIRSU)
Resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços (Que não estejam equiparados a resíduos domiciliares pelo poder público municipal.)	Os geradores; mesmo não sendo resíduos perigosos, devido à quantidade, natureza composição ou volume, necessitaram de Plano de Gerenciamento de Resíduos (PGRS).
Resíduos de serviços de saneamento (RSan) (água, esgoto e drenagem urbana)	O município, que deverá elaborar e implantar o Plano de Saneamento
Resíduos Sólidos industriais (RSI)	Os geradores, que devem possuir PGRS
Resíduos da construção civil (RCC)	Os geradores. Somente necessitam PGRS se exigido pelo poder público local
Resíduos dos serviços de saúde (RSS)	Os geradores, que devem possuir PGRS
Resíduos dos serviços de transporte (RST) (portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários)	Os geradores devem elaborar PGRS, que precisa ser aprovado pelos órgãos competentes e fiscalizado pelo município e/ou Estado.
Resíduos Sólidos agrossilvipastoris (RSA)	Os geradores somente necessitam de PGRS se isso for exigido pelos órgãos competentes.
Resíduos Sólidos da mineração (RSM)	Os geradores, que devem possuir PGRS

Fonte: PERS (2014) e BRASIL (2010).

2.4 GESTÃO E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS E AS CONSEQUENTES EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA

A disposição e tratamento de resíduos municipais e industriais podem produzir emissões dos mais importantes gases causadores do efeito estufa, conforme relata Borba (2006).

Filho (2005) relata que após a disposição dos resíduos em aterros, inicia-se a decomposição biológica dos resíduos. Os gases gerados pela decomposição biológica são o metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂), sulfeto de hidrogênio (H₂S) e outros compostos-traço. A decomposição dos RSU em aterros apresenta diferentes fases (Fase de ajuste, fase de transição, fase ácida, fase metanogênica e fase de maturação) as quais apresentam diferentes teores de emissão ao longo do tempo. As maiores emissões de CO₂ ocorre na fase ácida e a maior taxa de emissão de CH₄ ocorre na fase IV, metanogênica, conforme FERNANDES (2009). O CH₄ é um gás de efeito estufa com um potencial de aquecimento global (Global Warming Potencial - GWP) 21 vezes maior que o CO₂, como também responsável por 25% do aquecimento terrestre.

De acordo com dados da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) e do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), no ano de 2014 foram lançadas na atmosfera terrestre, aproximadamente 45 gigatoneladas de CO₂ e demais gases que potencializam o efeito estufa e por consequência as alterações climáticas, que possuem efeitos nos regimes hídricos, ondas de calor, furacões e outros. Cada gigatonelada corresponda a 1.000 Gg (milhar de tonelada), conforme IPCC (1996).

Diferente do panorama mundial, as emissões de GEE no Brasil não estão localizadas no setor industrial e na queima de combustíveis fósseis. A principal atividade que emite CO₂ é a agropecuária (35%), seguida por energia (32%) e uso da terra e florestas (22%), respectivamente. O setor industrial é responsável por apenas 7% das emissões brasileiras de CO₂. O tratamento de resíduos corresponde a 4% do total de emissões, 48.737 Gg de CO₂ no ano de 2010, segundo dados do relatório Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil (MCTI, 2013).

As emissões provenientes do tratamento de resíduos, conforme classificação da Inventário Nacional de Gases de Efeito Estufa (MCTI, 2013), compreendem atividades de disposição de resíduos sólidos e pelo tratamento de esgotos, tanto doméstico/comercial quanto industrial, além das emissões por incineração de resíduos e tratamento de lixiviados.

Não existe uma legislação brasileira específica que remeta diretamente a um plano de redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE) para os resíduos sólidos e para aterros (ABRELPE, 2013). O que a legislação brasileira estabelece é um compromisso de redução de emissão. De acordo com o Ministério de Ciência e Tecnologia (MCTI, 2013), a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), estabelece 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 até 2020.

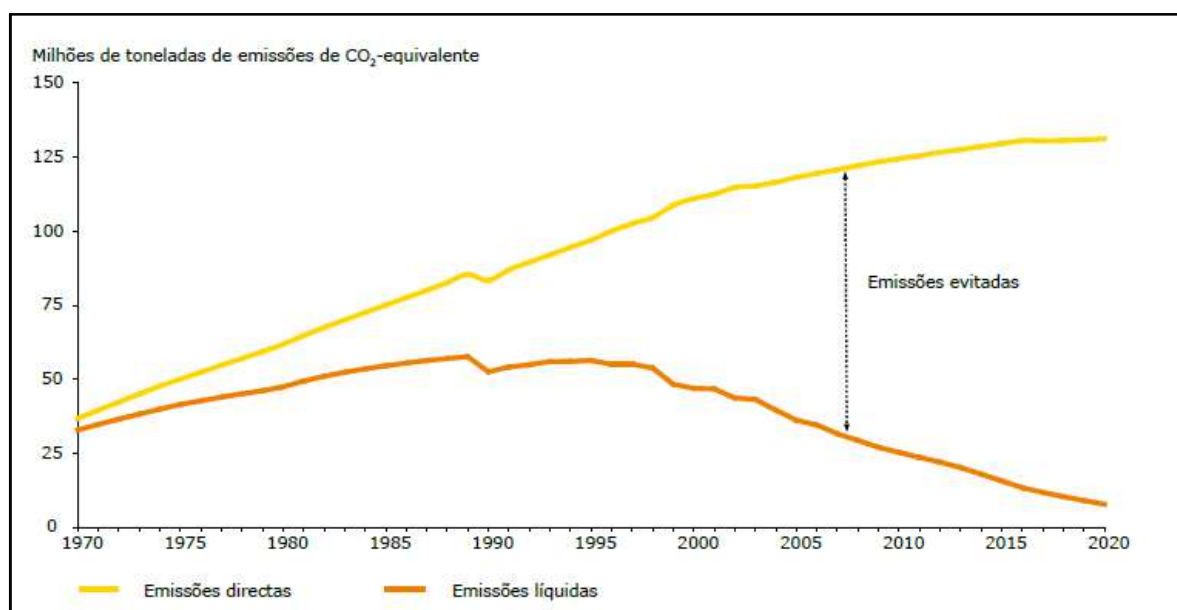
Os resíduos sólidos urbanos são atualmente responsáveis por uma emissão de gases de efeito estufa, de 1,4 Gt de CO₂ equivalente/ano, dos quais quase a metade é proveniente de aterros sanitários, onde usualmente se somam, na forma de lodo, os resíduos resultantes do tratamento da água e esgoto. Tecnologias como de incineração do lixo com recuperação energética podem ajudar na redução de emissões. (PACHURI, 2014).

A eliminação de resíduos por meio de disposição em aterros tem sido, historicamente, o principal método de tratamento de resíduos urbanos, embora nas duas últimas décadas se tenha registado uma diminuição considerável deste tipo de eliminação. Em 2005, as

emissões de gases de efeito de estufa provenientes da gestão de resíduos representavam aproximadamente 2% do total de emissões da União Europeia (AEA, 2008).

De acordo com dados da Agência Europeia do Ambiente (2008), prevê-se que as emissões líquidas de gases com efeito de estufa provenientes da gestão de resíduos urbanos baixem de um pico de aproximadamente 55 milhões de toneladas de CO₂ por ano registado na década de 1980 para 10 milhões de toneladas de CO₂ até 2020 (Figura 5).

Figura 5 - Emissões evitadas com o gerenciamento de resíduos na União Europeia.



Fonte: Agência Europeia do Ambiente (2008).

A proporção de gás depende do tipo de material degradado e de outros fatores estruturais do local de tratamento, sendo o metano combustível empregado para movimentar motores e geradores de energia elétrica que, queimado por combustão completa, minimiza a poluição atmosférica e a contribuição para redução do efeito estufa (ALVES FILHO, 2004). Mesmo sendo a forma mais adequada de disposição de resíduos, os aterros são responsáveis por parte das emissões de gás metano na atmosfera e possuem vida útil aproximadamente de 15 a 20 anos. O gás de aterro sanitário é produzido durante a decomposição de substâncias orgânicas provenientes dos resíduos sólidos.

A instituição da Política Nacional de Resíduos Sólidos, criada pela Lei Federal 12.305 de 02 de agosto de 2010, tem como principais metas a redução, reutilização e reciclagem, com vistas a reduzir a quantidade de resíduos e rejeitos encaminhados para disposição final ambientalmente adequada e para a eliminação dos lixões que devem ser

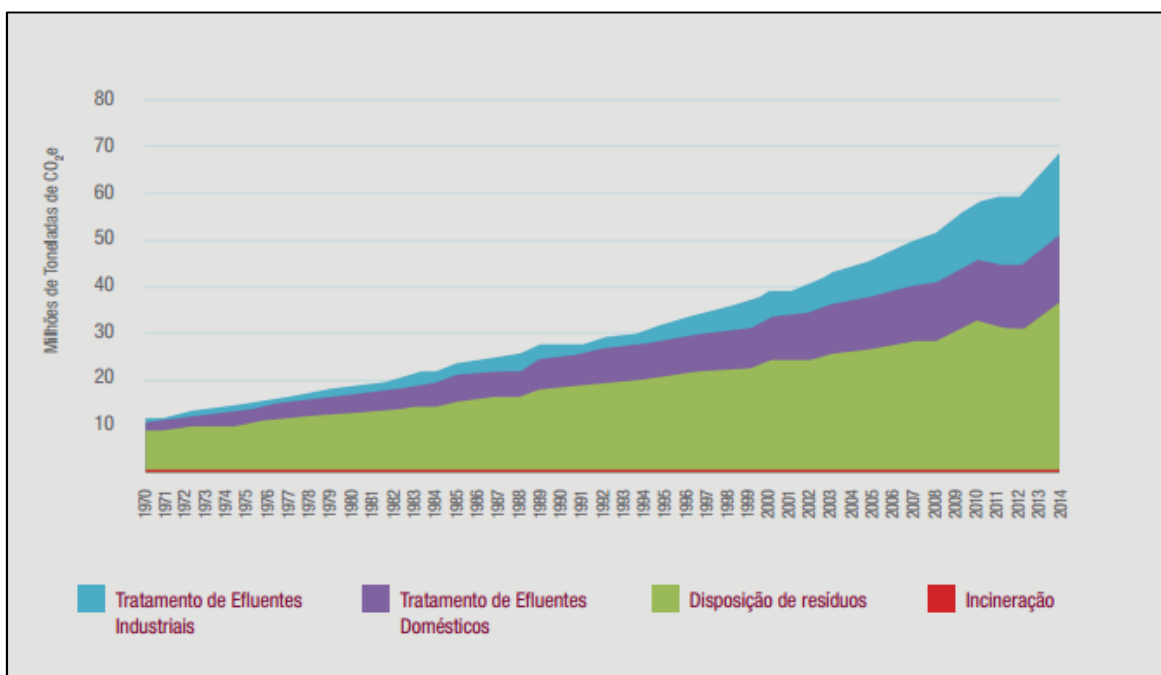
substituídos por aterros controlados ou sanitários, bem como a recuperação das áreas contaminadas pela disposição dos resíduos nos antigos lixões (BRASIL, 2010).

Os resíduos sólidos podem ser dispostos em aterros controlados, aterros sanitários, lixões, reciclados ou incinerados. Quando depositada em lixões ou aterros e, na presença de ambiente anaeróbico, a matéria orgânica contida nos resíduos propicia a ação de bactérias metanogênicas que a decompõe gerando metano (CH₄). As emissões perduram por vários anos (SEEGEE, 2016).

Atendendo as especificações da Política Nacional de Resíduos Sólidos, menos de 50% dos resíduos são encaminhados para aterros sanitários, que na maioria dos casos estão situados fora dos limites dos grandes municípios, exigindo o transporte dos resíduos por rodovias. Um outro ponto a ser destacado, deve-se ao fato de que o reaproveitamento de resíduos apresenta valores extremamente baixos. Logo, esse conjunto de fatores pode estar associado ao impacto crescente que as emissões de GEE no setor de resíduos (Figura 6) (WALDMAN, 2012; SOUZA e VALE, 2015).

Nos primeiros anos da década de 2010, observou-se uma queda significativa nas emissões de resíduos, parte dessa queda está relacionada às ações da Política Nacional de Resíduos Sólidos (2010) e Lei Federal de Saneamento Básico (2007) (SEEGEE, 2016).

Figura 6 - Emissões totais de CO₂e por setores de tratamento de resíduos.



Fonte: SEEGEE (2016).

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2016), um aterro de resíduos sólidos pode ser considerado um reator biológico, onde as principais entradas são os resíduos e a água e as principais saídas são os gases e efluentes. A decomposição da matéria orgânica ocorre por dois processos: a decomposição aeróbia, que acontece normalmente no período de deposição do resíduo; e, posteriormente, a decomposição anaeróbica, proveniente da redução do CO₂ presente nos resíduos.

Os locais de disposição final apresentam um potencial para o desenvolvimento de projetos de mitigação de emissões de gases de efeito estufa, já que como resultado da decomposição dos resíduos sólidos em condições confinadas e com ausência de oxigênio gera-se biogás, o qual é rico em metano, que é um GEE impactante no aumento do efeito estufa (ABRELPE, 2013).

Conforme o trabalho de CAMPOS (2012), há uma relação positiva entre o aumento da renda e da geração de resíduos. Quanto maior a renda, maior o consumo e conseqüentemente, mais resíduos serão gerados. Chegando a diferenças de 400% na geração de renda das classes mais baixas, se comparada com as classes com maior disponibilidade de renda (Quadro 5).

Quadro 5 - Evolução da geração per capita de resíduos sólidos e do produto interno bruto no Brasil (2002–2009).

Número de municípios	Geração per capita kg.habitante.dia	Geração de resíduos (1.000 toneladas.dia)	População (habitantes)	PIB (milhões de reais)
50	0,75	140,09	174.621.249	2.689.757
80	0,74	146,56	176.926.250	2.720.598
113	0,76	153,32	179.155.520	2.876.007
153	0,79	160,4	181.305.387	2.966.879
205	0,93	167,8	183.372.268	3.084.280
306	0,97	175,55	185.352.688	3.272.156
262	0,98	183,65	187.243.286	3.441.081
1087	0,96	192,12	189.040.821	3.418.896

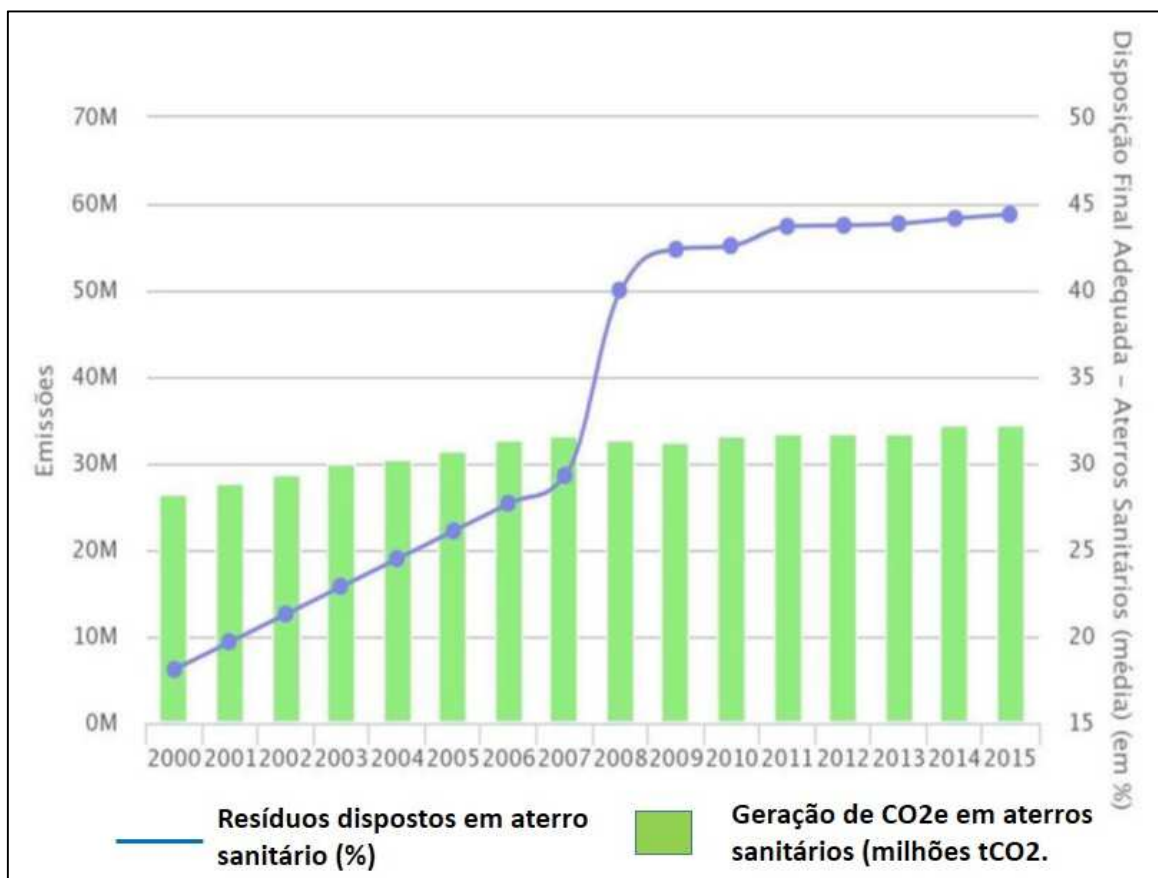
Fonte: CAMPOS (2012)

O aumento do PIB brasileiro no período de 2002-2009 reflete o incremento na geração de resíduos per capita no país, de acordo com a Tabela 5. No período analisado, o aumento da renda da população foi de 27,1% e o aumento da geração per capita de resíduos foi de 28%, valores que corroboram com dados do Programa das Nações Unidas Para o Meio

Ambiente (PNUMA, 2011), que a geração de renda aumenta o consumo e em consequência o desperdício de recursos naturais e geração de resíduos (CAMPOS, 2012; RIO+20, 2012).

A disposição final de resíduos no período de 2000-2015 teve um aumento de 18,1% para 44,4%, conforme dados do Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estuda, enquanto a emissão de CO₂e cresceu de 26,4 milhões de toneladas para 34,3 milhões de toneladas em 2015. A emissão de CO₂e em aterros sanitários teve um aumento de 29,9% em 15 anos, já a disposição final adequada em aterros sanitários teve um incremento de 244%, frente aos valores de 2000 (Figura 7). Tal situação se explica devido a maior confiabilidade nos dados e metodologias de cálculo para emissões provenientes de aterros, após o lançamento do 4º relatório do IPCC em 2006, pela Política Nacional de Resíduos Sólidos em 2010 e pelo aumento do uso de *flare* para a queima do biogás nos aterros e projetos para aproveitamento energético do metano proveniente dos aterros (ABRELPE, 2015; IPCC, 2006; SEEGEE, 2016).

Figura 7 - Comparativo da emissão de GEE pela disposição de resíduos em aterros sanitários (%) e a geração de GEE em aterros sanitários (milhões de toneladas de CO₂e).



Fonte: SEEGEE, 2016

Os projetos de mitigação consistem basicamente na captura, queima e/ou aproveitamento do conteúdo energético do biogás, seja para gerar eletricidade e calor, ou para tratá-lo e utilizá-lo como gás natural, evitando assim sua liberação para a atmosfera (ABRELPE, 2013).

Não existe uma legislação brasileira específica que remeta diretamente a um plano de redução de emissões de GEE para os resíduos sólidos e para aterros; entretanto, um aspecto importante a se considerar é a possível criação de um mercado de carbono brasileiro, que poderá permitir a transação de créditos entre os setores regulados e com metas de redução. Tal esquema de transação está em estudo pelas autoridades e poderá resultar em mecanismos que já se concretizaram em outros países (CENTRO CLIMA, 2016; SEEGEE, 2016).

A incineração é um método amplamente utilizado na destinação final dos resíduos sólidos em áreas urbanas. Este processo apresenta a vantagem de diminuir o peso e o volume dos resíduos, além de prevenir o crescimento de bactérias patogênicas e a proliferação de vetores de doenças, presentes em algumas tipologias de resíduos (GOUVEIA e PRADO, 2010).

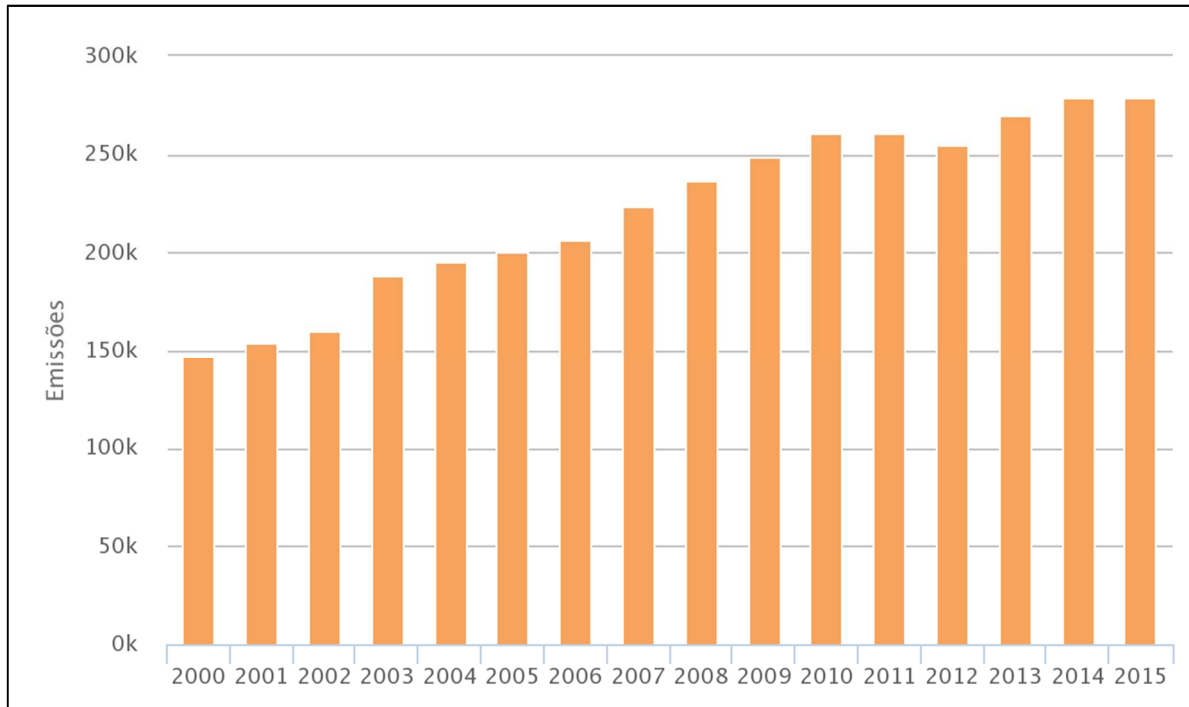
De acordo com Gouveia e Prado (2010), por outro lado, a incineração produz quantidades variadas de substâncias tóxicas, orgânicas ou inorgânicas, que são emitidas na atmosfera. Partículas, gases, metais pesados, compostos orgânicos e dioxinas são exemplos de substâncias perigosas emitidas pelos incineradores de resíduos sólidos.

Já a fração do resíduo que é incinerada gera emissões de dióxido de carbono (CO_2) e de óxido nitroso (N_2O) e ocorre uma vez no momento da queima. No Brasil não há incineração dos resíduos sólidos urbanos. Os incineradores existentes destinam-se a resíduos industriais, perigosos e de saúde (SEEGEE, 2016).

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) estabelece as diretrizes para o tratamento dos resíduos de serviço de saúde (RSS) na RDC 306/2004 e uma das formas de tratamento é a incineração, sendo este um dos tipos de tratamento mais utilizados (ANVISA, 2016).

A incineração de resíduos é responsável por cerca de 1,62% das emissões de GEE do setor de tratamento de resíduos e 0,06% do total de emissões de GEE do Brasil, devido ao seu uso ser bastante restrito (Figura 8). As emissões referentes à incineração mantêm-se praticamente estáveis, tendo crescido 6,89% no período de 2010 a 2015, um crescimento pouco superior a 1% ao ano (SEEGEE, 2016).

Figura 8 - Emissão de CO₂e pela incineração de resíduos no Brasil.



Fonte: SEEGEE (2016)

2.5 OUTROS INVENTÁRIOS DE GEE

A ferramenta GHG Protocol está de acordo com as normas do IPCC para a avaliação das fontes e emissão e quantificação das emissões que são realizadas, com fatores de emissão e cálculos voltados exatamente às condições brasileiras. No ano de 2104, cerca de 313 organizações realizaram e validaram as suas emissões e seu inventário de gases de efeito estufa, através do Programa Brasileiro GHG Protocol, o que demonstra a disseminação da metodologia em todo o território nacional (PROGRAMA BRASILEIRO GHG PROTOCOL, 2015).

Deste total avaliado apenas 3 foram instituições de ensino, sem haver menção se escolas de ensino regular, escolas técnicas/profissionalizantes ou universidades. Ao longo da revisão bibliográfica, quatro IGEE foram identificados para universidades no Brasil, sendo que o período de realização de tais inventários ocorreu entre 2009 e 2012, sugere ser uma prática pouco comum nas universidades brasileiras (BRIANEZI, et al.; 2014, SANTOS et al.; 2010; YABUSHITA, 2013).

Santos et al. (2010) elaboraram o IGEE da Universidade Federal do Tocantins e limitaram as emissões a fontes controladas e das atividades administrativas (Escopo 1 e 2) realizadas no ano de 2009 pela Reitoria e Campus Universitário de Palmas. Também foi contabilizada a cobertura vegetal necessária para neutralizar as emissões destes GEE, a Universidade Federal do Tocantins emitiu o ano de 2009 cerca de 218tCO₂e.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Câmpus Campo Mourão, elaborou o seu IGEE no ano de 2013 e as emissões foram provenientes das fontes controladas e das atividades administrativas. Tal estudo estimou a quantidade de árvores necessárias para neutralização das emissões realizadas pela instituição. Os resultados obtidos mostraram que o campus da UTFPR apresentou uma geração de 945,82 tCO₂e (YABUSHITA, 2013).

Conforme Brianezi et al. (2014), no ano de 2010 o campus-sede da Universidade Federal de Viçosa – UFV (Viçosa, MG) realizou o balanço das emissões e remoções de GEE do campus-sede da UFV e estimou qual foi o sequestro de carbono da atmosfera pela sua cobertura vegetal (arborização urbana, florestas nativas e plantadas).

As emissões de GEE podem variar grandemente de uma universidade para outra (de 218 a 6.034 tCO₂e), apesar de algumas fontes de emissão serem opcionais, principalmente as emissões indiretas, os três IGEE utilizaram a ferramenta GHG Protocol em suas medições. (BRIANEZI, et al.; 2014, SANTOS et al.; 2010; YABUSHITA, 2013).

Também foram compilados outros dezessete inventários que utilizaram a metodologia GHG Protocol entre os anos de 2009 e 2015 (Quadro 6).

Quadro 6 - Inventários de GEE utilizados no refencial teórico.

Referências	Nome	Tipo de organização	Ano inventariado	ESCOPO 1														ESCOPO 2		ESCOPO 3										Total tCO ₂ e
				Combustão estacionária		Combustão Móvel		Emissões Fugitivas		Processos Industriais		Agricultura		Resíduos sólidos		Efluentes		Compra de energia		Transporte e distribuição		Resíduos Sólidos		Efluentes		Viagens a negócio		Transporte colaboradores		
				tCO ₂ e	%	tCO ₂ e	%	tCO ₂ e	%	tCO ₂ e	%	tCO ₂ e	%	tCO ₂ e	%	tCO ₂ e	%	tCO ₂ e	%	tCO ₂ e	%	tCO ₂ e	%	tCO ₂ e	%	tCO ₂ e	%	tCO ₂ e	%	
ABIMAQ, 2016	Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos	Associação setorial	2011	0,00	0,00	2,22	2,87	14,48	18,73	0,00	0,0	0,00	0,00	22,94	29,68	0,00	0,00	26,97	34,89	10,68	13,82	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	77,29
CAIXA, 2016	Caixa Econômica Federal	Banco	2015	677,72	0,44	7.336,86	4,72	6.653,47	4,28	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	88.246,20	56,74	23.221,12	14,93	22.101,91	14,21	0,00	0	2.278,86	1,47	5.012,59	3,22	155.528,73
FAVARETO, 2016	Bovespa	Bolsa de valores	2010	34,11	1,23	9,68	0,35	86,60	3,12	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.024,10	36,89	129,07	4,65	0,00	0,00	0,00	0	1.242,30	44,75	249,98	9,01	2.775,84
CEMIG, 2014	CEMIG	Concessionária de Energia	2013	141.316,42	18,10	11.765,00	1,51	3.493,00	0,45	0,00	0,0	45,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	608.971,00	77,99	11.563,00	1,48	0,00	0,00	0,00	0	1.691,00	0,22	2.035,00	0,26	780.879,42
ELETROBRÁS, 2014	Eletrobrás	Concessionária de Energia	2013	10.198.595,00	84,53	21.020,00	0,17	50.792,00	0,42	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.771.780,00	14,69	6.086,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0	11.881,00	0,10	5.036,00	0,04	12.065.190,00
SABEPAR, 2016	Companhia de Saneamento do PR	Concessionária de Saneamento	2015	13,85	0,00	6.322,61	0,74	396,75	0,05	0,00	0,0	0,00	0,00	44.942,25	5,27	716.945,35	84,06	84.230,13	9,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	852.850,94
EVEN, 2015	Even Construtora e Incorp.	Construtora	2014	0,00	0,00	553,61	0,50	0,00	0,00	109.441,48	98,8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	814,82	0,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	110.809,91
FIBRIA, 2013	Fibria	Empresa de Celulose	2012	801.241,00	45,00	6.607,00	0,37	0,00	0,00	0,00	0,0	318.265,00	17,87	44.386,00	2,49	0,00	0,00	7.111,00	0,40	599.236,00	33,65	0,00	0,00	0,00	0	1.887,00	0,11	1.842,00	0,10	1.780.575,00
AGUIAR et al., 2016	Metal Master	Indústria metalúrgica	2012	0,00	0,00	76,38	17,50	0,00	0,00	147,81	33,9	0,00	0,00	89,45	20,50	2,20	0,50	8,80	2,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	111,70	25,60	436,34
CETESB, 2011	Estado de SP	Órgão Público	2008	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20.610.000,00	14,7	29.818,00	21,33	9.366,00	6,70	0,00	0,00	80.017.000,00	57,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	139.811.000,00
RIO DE JANEIRO, 2016	Prefeitura do Rio de Janeiro	Órgão Público	2005	0,00	0,00	8.220.300,00	72,90	53.600,00	0,48	409.800,00	3,6	220.600,00	1,96	1.604,60	14,23	767,90	6,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	11.276.800,00
SÃO PAULO, 2013	Prefeitura de São Paulo	Órgão Público	2011	0,00	0,00	10.588.750,00	39,46	93.747,00	0,35	0,00	0,0	0,00	0,00	2.240,00	8,35	153,95	0,57	13.756.000,00	51,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	26.832.448,00
RECIFE, 2013	Prefeitura de Recife	Órgão Público	2012	469.271,00	43,39	3.102,00	0,29	0,00	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	601.390,00	55,60	0,00	0,00	7.789,00	0,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	1.081.552,00
BELO HORIZONTE, 2015	Prefeitura de Belo Horizonte	Órgão Público	2013	352.312,00	12,56	2.390.789,00	85,24	0,00	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	1.913,00	0,07	59.756,00	2,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	2.804.770,00
PLANETÁRIO DO RIO DE JANEIRO, 2016	Planetário do RJ	Planetário	2015	34,57	6,09	3,84	0,68	0,29	0,05	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	143,75	25,33	213,11	37,55	56,39	9,93	0,00	0	6,64	1,17	109,02	19,21	567,61
MDIC, 2010	Zona Franca de Manaus	Região de manufatura	2009	8,90	1,23	79,47	10,98	0,00	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	65,90	9,11	27,09	3,74	127,42	17,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	404,97	55,98	9,71	1,34	723,46
SULAMÉRICA, 2013	SulAmérica	Seguradora	2012	907,45	5,57	1.195,19	7,33	1,57	0,01	0,00	0,0	0,00	0,00	438,48	2,69	0,00	0,00	1.116,10	6,85	10.171,52	62,40	0,00	0,00	0,00	0	1.451,88	8,91	1.019,12	6,25	16.301,31
SANTOS et al., 2010	Universidade Federal do Tocantins	Universidade	2009	1,22	0,56	154,38	70,72	0,00	0,00	0,00	0,0	10,17	4,66	0,00	0,00	0,00	0,00	52,54	24,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	218,31
BRIANEZI et al., 2014	Universidade de Viçosa	Universidade	2011	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	3.071,39	50,90	999,86	16,57	750,65	12,44	1.212,26	20,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	6.034,16
AGNESINI, 2012	Escola de Engenharia de Lorena	Universidade	2011	0,00	0,00	110,16	81,23	0,00	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,45	18,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	135,61
YABUSHITA, 2013	Universidade Federal do Paraná	Universidade	2012	882,39	92,42	25,99	2,72	5,52	0,58	0,00	0,0	0,00	0,00	2,63	0,28	0,20	0,02	38,08	3,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	954,81

Fonte: Elaborado pelo autor.

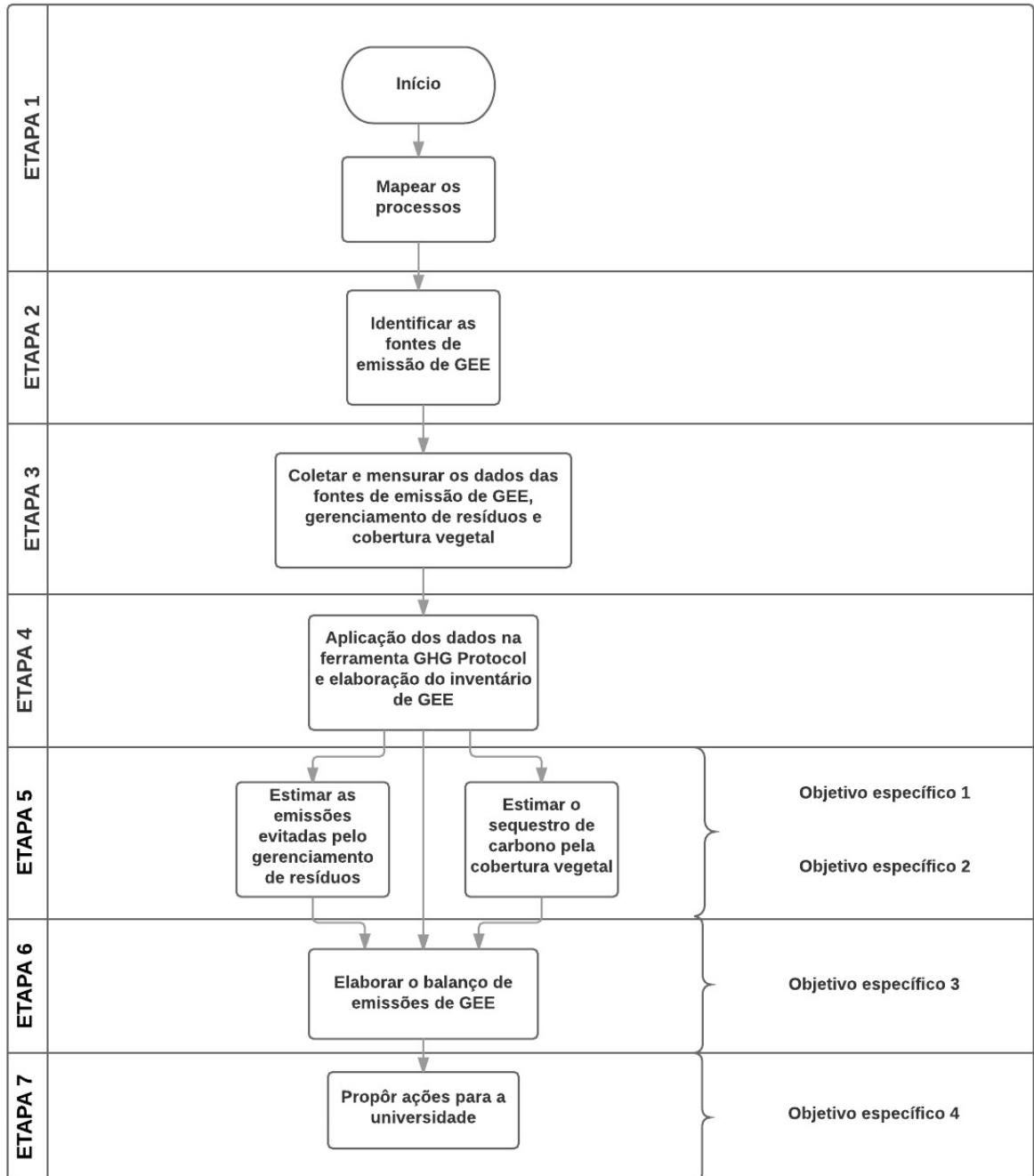
3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada para elaboração de Inventário de Gases de Efeito Estufa e é o Programa Brasileiro GHG Protocol (WRI, 2013) e IPCC (2006) e seus respectivos fatores de emissão.

Para estimar o potencial de compensação ambiental de Gases de Efeito Estufa da cobertura vegetal da Unisinos foram avaliados dados sobre a cobertura vegetal do Campus de São Leopoldo da Unisinos e seu potencial de sequestro de carbono, de acordo com o seu estágio sucessional, conforme Dávila (2010), Rodríguez (2015) e SOS Mata Atlântica (2016).

A delimitação da pesquisa seguiu o fluxograma apresentado na Figura 9, com o mapeamento dos processos, identificar as fontes de emissão de GEE, coletar e mensurar os dados, aplicação dos dados na ferramenta GHG Protocol, elaboração do inventário, estratificação das emissões por áreas, verificar as emissões evitadas com o gerenciamento de RSU e estimar o potencial de sequestro de carbono pela cobertura vegetal da Unisinos.

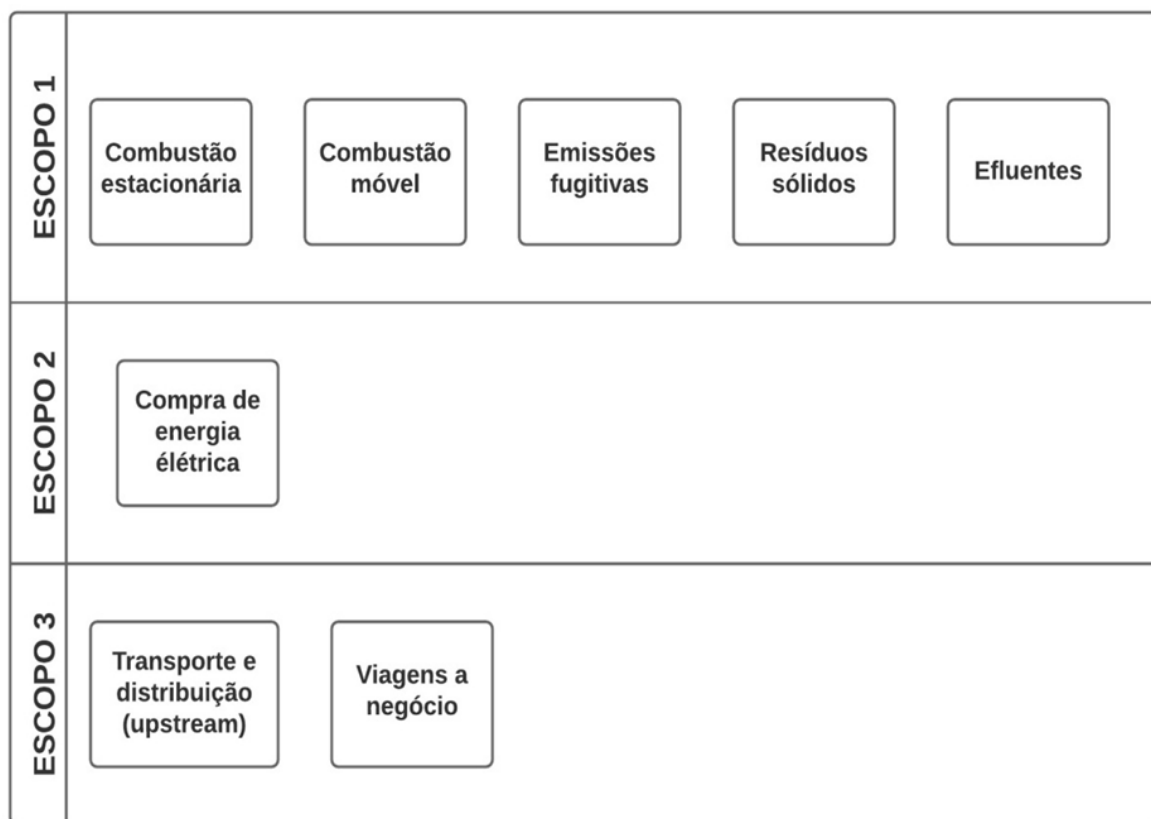
Figura 9 - Delineamento proposto para a pesquisa.



Fonte: Elaborada pelo autor

As informações foram coletadas junto ao Sistema de Gestão Ambiental (SGA) da universidade, com referência no ano base de 2015 (Figura 10).

Figura 10 - Categorias de emissões de GEE que foram levantadas na pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo autor

Fazem parte das Estimativas todos os gases de efeito estufa direto considerados pelo Programa Brasileiro GHG Protocol, não sendo estimados os gases de efeito estufa indireto. Para compará-los e somá-los, foi utilizada a métrica usual do Potencial de Aquecimento Global (Global Warming Potential – GWP) atualmente utilizada para inventários nacionais e corporativos para se chegar à unidade comum, o equivalente de dióxido de carbono (CO₂e).

Algumas categorias presentes na Ferramenta GHG Protocol não foram abordadas no IGEE da Unisinos, pois não se aplicam à realidade de emissão de GEE da instituição, principalmente no Escopo 1, como atividades agrícolas e processos industriais, outras fontes de emissão não foram consideradas. A emissão por equipamentos não foi medida, mesmo havendo o número de patrimônio, pois a emissão efetiva das fontes é de difícil mensuração.

Outras categorias do Escopo 3 não possuem dados disponíveis para os cálculos, como resíduos sólidos gerados e efluentes gerados em operações realizadas fora dos limites da organização, deslocamento de professores e alunos para ir e vir à Universidade.

Os resultados apresentados não contabilizam o CO₂ biogênico, de acordo com o Programa Brasileiro GHG Protocol (WRI, 2013), uma proporção significativa das emissões de

CO₂ provém da queima de biomassa (material biológico feito de carbono, hidrogênio e oxigênio), principalmente nas atividades agrícolas e que utilizem biocombustíveis.

As emissões provenientes da queima de biomassa são neutralizadas e seu impacto climático não é contabilizado, pois este CO₂ é gerado através de um ciclo biológico (e não um ciclo geológico, como no caso do CO₂ de origem fóssil) (WRI, 2013).

Os processos que emitem GEE no campus da Unisinos são apresentados no Quadro 7.

Quadro 7 - Processos que emitem GEE na Unisinos.

Categoria	ESCOPO 1					ESCOPO 2	ESCOPO 3		EMISSÕES EVITADAS	
	Combustão estacionária	Combustão Móvel	Emissões Fugitivas	Resíduos Sólidos	Efluentes	Compra de energia elétrica	Transporte e distribuição de veículos contratados.	Viagens a negócio	Reciclagem de resíduos	Sequestro de carbono
Processos	Utilização de geradores	Deslocamento com veículos automotores da organização	Manutenção e recarga de aparelhos de ar condicionado	Resíduos sólidos enviados para aterro sanitário	Tratamento de efluentes	Energia elétrica consumida	Ônibus circular (Trem - Unisinos)	Viagens aéreas a trabalho	Resíduos sólidos que foram reciclados	Áreas de Preservação Permanente que sequestram CO ₂
				Resíduos biológicos e químicos incinerados				Viagem aérea de professores convidados		
Fonte	GSMI - André/Jair (Vivante)	SPTT (Cristian)	GSMI (André e Jair)/SESMT Rogério - Extintores)	SGA (Susi)	SGA (Tássia)	GSMI (André) ou relatório SGA	SPTT (Cristian)	Agência de viagens/Suprimentos	SGA (Susi)	SGA (Susi)
Medição	Consumo de querosene, óleo diesel, gasolina, gasolina de aviação	Consumo de combustível, tipo de veículo e ano de fabricação	Quantidade de gás utilizada	Quantidade gerada, fracionamento do resíduo e informações do aterro/tratamento	Quantidade do efluente tratado, tipo do tratamento, carga orgânica e nitrogênio removido	kWh consumidos	Consumo de combustível, tipo de veículo e ano de fabricação	Aeroporto de partida e chegada	Quantidade gerada, fracionamento do resíduo	Tipo de vegetação, área vegetada e fitoecologia

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1 FERRAMENTA GHG PROTOCOL

Para o desenvolvimento do Inventário de Gases de Efeito Estufa (IGEE) da universidade, foi utilizada a Ferramenta GHG Protocol, versão “Ferramenta v2016.1”, ferramenta disponibilizada pelo Programa Brasileiro GHG Protocol (Figura 11). A ferramenta apresenta-se adaptada para as condições brasileiras e está disponível para download gratuito no site do programa GHG Protocol (PROGRAMA BRASILEIRO GHG PROTOCOL, 2016).

Figura 11 - Leiaute da ferramenta GHG Protocol em planilha de Excel.

Programa Brasileiro GHG Protocol

Ferramenta GHG Protocol 2013
Versão 2014.0

Abas gerais	Introdução	Resumo	Fatores de emissão	Fatores variáveis	Fatores de conversão	Menu de navegação	
Escopo 1	Combustão estacionária	Combustão móvel	Emissões fugitivas	Processos industriais	Atividades agrícolas	Resíduos sólidos	Efluentes
Escopo 2	Compra de Energia Elétrica	Compra de Energia Térmica					
Escopo 3	Categorias de Escopo 3	Transporte & Distribuição (upstream)	Resíduos sólidos gerados na operação	Efluentes gerados na operação	Viagens e negócios	Transporte & Distribuição (downstream)	

Orientações

(A) O primeiro passo para a utilização da ferramenta é a escolha do ano (célula E24). Esta escolha é essencial, pois os fatores de emissão variam com base no ano escolhido.

(B) Preencha somente as células **LARANJA CLARO** das abas da Ferramenta. Se os dados não estiverem disponíveis ou não forem relevantes, deixe o valor padrão (branco, zero ou outro) na célula.

(C) Utilize as unidades corretas nos dados inseridos. Se necessário, converta as unidades utilizando a aba 'Fatores de Conversão' antes de preencher a planilha.

(D) Utilize a notação do sistema brasileiro de unidades de medida, utilizando "." para designar milhares e seus múltiplos e "," para designar decimais.

(E) O Menu de Navegação, presente na parte superior de todas as páginas/abas da ferramenta, pode ser utilizado para facilitar a navegação do usuário. Cada botão possui um link para a referida página/aba.

(F) Orientações para cada método de cálculo estão incluídas no cabeçalho de cada página/aba.

(G) Se esta ferramenta for usada para uma fonte ou local único (como por exemplo uma das unidades da organização), os arquivos podem ser salvos com o nome da fonte ou do local. Neste caso, as emissões calculadas para cada escopo (1, 2 e 3) devem, então, ser somadas para chegar ao valor total de emissões de escopos 1, 2 e 3 da organização, resultando no inventário de GEE consolidado da organização.

Nome da organização:

Endereço da organização:

Ano inventariado:

Nome do responsável:

Telefone do responsável:

Data de preenchimento:

Disclaimer / Atualizações / **Introdução** / Combustão estacionária / Combustão móvel / Emissões fugitivas / Processos industriais / Atividades agrícolas / Resíduos sólidos

Fonte: PROGRAMA BRASILEIRO GHG PROTOCOL (2016)

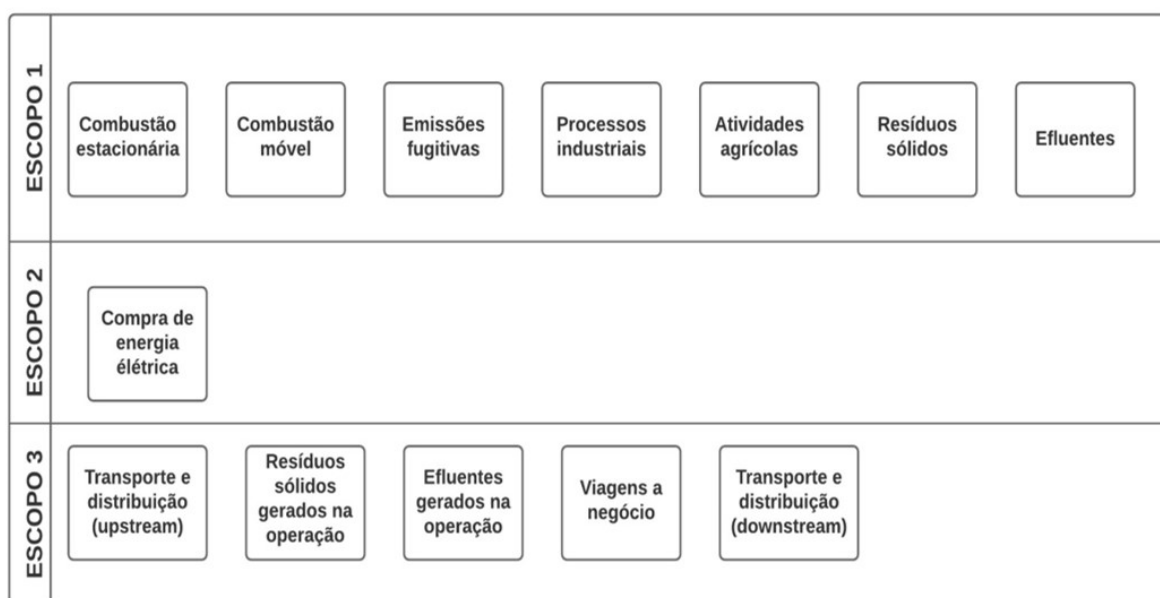
A metodologia do GHG Protocol é compatível com as normas da International Organization for Standardization (ISO) e com as metodologias de quantificação do Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCC), e sua aplicação no Brasil, a partir do início do Programa Brasileiro GHG Protocol, em 2008 acontece de modo adaptado ao contexto nacional. Além disso, as informações geradas podem ser aplicadas aos relatórios e questionários de iniciativas como Carbon Disclosure Project, Índice Bovespa de Sustentabilidade Empresarial (ISE) e Global Reporting Initiative (GRI) (PROGRAMA BRASILEIRO GHG PROTOCOL, 2016).

O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas estratificou as fontes de emissão de GEE para padronização internacional em todas as metodologias de análise e inventários posteriores (IPCC, 2006).

Os escopos de trabalho e as demais informações referentes ao item “2.5 FERRAMENTA GHG PROTOCOL” que mostrados nos itens a seguir, todos de acordo com o GHG Protocol (WRI, 2013) e com o relatório Diretrizes para Inventários Nacionais de GEE (IPCC, 2006).

As emissões são divididas em 3 categorias, conforme o perfil das emissões. Escopo 1 retrata todas as emissões diretas e sobre o controle da instituição, escopo 2 contabiliza as emissões provenientes da compra de energia elétrica e o escopo 3 representa todas as emissões indiretas (Figura 12).

Figura 12 - Escopos e categorias de emissão da ferramenta GHG Protocol.



Fonte: PROGRAMA BRASILEIRO GHG PROTOCOL (2016)

3.1.1 Escopo 1 – Emissões Diretas

São as emissões diretas de GEE, toda e qualquer emissão direta e que possam ser controladas pela organização, como, por exemplo, as emissões de combustão em caldeiras, fornos, veículos da empresa ou por ela controlados, emissões da produção de químicos em equipamentos de processos que pertencem ou são controlados pela organização, emissões de sistemas de ar condicionado e refrigeração, entre outros.

O Escopo 1 é subdividido em 7 categorias: Combustão Estacionária, Combustão Móvel, Combustão Fugitiva, Processos Industriais, Atividades Agrícolas, Resíduos Sólidos e Efluentes.

3.1.2 Escopo 2 – Compra de energia elétrica

O Escopo 2 contabiliza as emissões de GEE provenientes da aquisição de energia elétrica e térmica que é consumida pela empresa. A energia adquirida é definida como sendo aquela que é comprada ou então trazida para dentro dos limites organizacionais da empresa. No Escopo 2 as emissões ocorrem fisicamente no local onde a energia é produzida, quando a produção ocorre fora do limite organizacional.

As emissões de Escopo 2 constituem uma categoria especial de emissões indiretas. Para muitas organizações, a energia adquirida representa uma das principais fontes de emissões de GEE e a oportunidade mais significativa de reduzir tais emissões. Contabilizar emissões de Escopo 2 permite avaliar oportunidades e riscos associados à mudança nos custos da energia e das emissões de GEE. Outra razão importante para contabilização dessas emissões é que a informação pode ser obrigatória para alguns programas de gestão de GEE.

As emissões indiretas provenientes de atividades que, na cadeia de energia, são anteriores ao fornecedor de energia elétrica da empresa (por exemplo, prospecção, perfuração de poços, queima de gases descartados ou flaring, transporte) são relatadas no Escopo 3. Já as emissões resultantes da geração de energia adquirida para revenda a consumidores finais são relatadas no Escopo 3 sob a categoria “geração de energia adquirida e revendida a consumidores finais”. Por fim, as emissões resultantes da geração de energia adquirida para revenda a usuários não finais (por exemplo, distribuidoras de energia) podem ser relatadas fora do Escopo 3 em “informações opcionais”.

3.1.3 Escopo 3 – Emissões Indiretas

O Escopo 3 é uma categoria de relato opcional, que permite a consideração de todas as outras emissões indiretas. As emissões do Escopo 3 são uma consequência das atividades da empresa, mas ocorrem em fontes que não pertencem ou não são controladas pela empresa. Alguns exemplos de atividades de Escopo 3 são: a extração e produção de matérias-primas e outros materiais realizados por outra empresa, mas utilizados nos processos da empresa que está elaborando o inventário; o transporte de colaboradores da empresa em meios não controlados pela mesma; e as emissões relativas ao uso final de bens de consumo vendidos pela empresa inventariada, entre outras.

O relato de emissões de Escopo 3 é opcional, segundo as diretrizes do Programa Brasileiro GHG Protocol. Porém, o Programa recomenda fortemente o relato das emissões de

Escopo 3, que contribuem significativamente para o total de emissões da empresa participante.

O relato dessas emissões é particularmente importante nos seguintes casos:

- Extração e produção de materiais e combustíveis adquiridos
- Atividades relacionadas a transporte
- Transporte de materiais ou bens adquiridos
- Transportes de combustíveis adquiridos
- Viagens de negócios de empregados
- Transporte de empregados de ida e volta ao trabalho
- Transporte de produtos vendidos
- Transporte de resíduos
- Extração, produção e transporte de combustíveis consumidos na geração de energia (adquiridos ou gerados pela própria empresa que prepara o inventário)
- Aquisição de energia que é revendida para consumidores finais (relatada pela companhia de energia)
- Geração de energia que é perdida no sistema de T&D (relatada pelo consumidor final)
- Ativos arrendados, franquias e atividades terceirizadas – as emissões resultantes desses acordos contratuais somente são classificadas como Escopo 3 se a abordagem de consolidação escolhida (participação acionária ou controle operacional) não se aplica a elas.
- Uso de produtos e serviços vendidos
- Descarte de resíduos
- Descarte dos resíduos gerados nas atividades
- Descarte dos resíduos gerados na produção de materiais e combustíveis adquiridos
- Descarte de produtos vendidos ao fim de sua vida útil

3.2 ESCOPO 1

3.2.1 Combustão Estacionária

As principais fontes utilizadas para combustão móvel são querosene, óleo diesel, gasolina, gasolina de aviação, resíduos industriais, resíduos sólidos, xisto betuminoso, solventes, turfa, resíduos vegetais (biomassa) e gás natural. Foram mensuradas as quantidades utilizadas (tonelada, m³ ou litros) ao longo do período de um ano, estratificadas por mês e pelo número de fonte geradora, conforme planilha específica (Quadro 8).

Quadro 8 - Planilha de informações sobre combustão estacionária.

Registro da fonte	Combustível utilizado (querosene, óleo diesel, gasolina, gasolina de aviação, resíduos industriais, resíduos sólidos, xisto betuminoso, solventes, turfa, resíduos vegetais (biomassa) e gás natural)	Quantidade consumida ao ano	Unidade (tonelada, m³ ou litros)	Fonte da informação

Fonte: Elaborado pelo autor

3.2.2 Combustão Móvel

Foram consideradas somente as emissões provenientes de veículos automotores, devido ao fato de não haver abrangência de emissões diretas por transporte ferroviário, hidroviário e aéreo para as atividades da universidade.

Para tal, foram avaliados a tipologia do veículo leve (carro ou motocicleta), seu tipo de motorização (gasolina, etanol, flex e GNV), o combustível utilizado (gasolina, etanol e GNV) e o ano de fabricação, mensurados ao longo dos meses 12 meses do estudo. Os veículos pesados (ônibus, caminhões, caminhonetes, tratores e outros) não são avaliados no quesito motorização, apenas no ano de fabricação e o combustível utilizado para combustão móvel (biodiesel B100, etanol, Gás Liquefeito de petróleo (GLP), gás natural veicular (GNV), gasolina automotiva, gasolina de aviação, lubrificantes e óleo combustível). A coleta das informações ocorreu através de planilha específica (Quadro 9).

Para contabilização do CO_{2e}, foi informado na Ferramenta GHG Protocol v2016.1 a quantidade de combustível consumida por cada veículo automotor ao longo de todos os meses, pois essa é a metodologia mais precisa de cálculo, de acordo com o Programa Brasileiro GHG Protocol (2016). O percentual de etanol na gasolina, no ano de 2015, era de 27%, valor utilizado pela ferramenta (FÁBIO AMATO, 2015).

Quadro 9 - Informações coletadas para Combustão Móvel.

Registro da fonte	Ano de fabricação do veículo	Tipologia do veículo: Leve (carro ou motocicleta) ou pesado (ônibus, caminhões, caminhonetas, tratores e outros)	Motorização (gasolina, etanol, flex e GNV)* <ul style="list-style-type: none"> • Não aplicável a veículos pesados 	Combustível utilizado: Leve (gasolina, etanol e GNV) ou pesado (biodiesel B100, etanol, Gás Liquefeito de petróleo (GLP), gás natural veicular (GNV), gasolina automotiva, gasolina de aviação, lubrificantes e óleo combustível)	Quantidade de combustível utilizada	Unidade (litros, m ³)	Fonte da informação

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2.3 Emissões Fugitivas

A contabilização das emissões por Emissões Fugitivas utilizou o método “Abordagem por Balanço de Massa”, baseado na quantidade de gás comprada e utilizada. Esta opção requer dados a partir de registros de compra e serviços, para estimar a variação de estoque dos gases utilizados (Quadro 10).

Foram consideradas apenas as emissões provenientes da recarga de aparelhos de ar-condicionado, pois as informações sobre recarga e manutenção de extintores de incêndio, cargas recuperadas dos extintores de incêndio não estavam disponíveis.

A contabilização de emissões fugitivas foi apenas para os gases HFC-32 e HFC-134, pois o Programa Brasileiro GHG Protocol contabiliza apenas os gases de efeito estufa do Protocolo de Quioto.

O cálculo das emissões foi realizado de forma automática pela ferramenta GHG Protocol V2016.1, pois são utilizadas os fatores de emissão de referência pelo IPCC (2016) no relatório Orientações para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa. Foram informados as quantidades de gases utilizados em kg e o resultado expresso de forma automática em tCO₂e.

Quadro 10 - Planilha de informações de Emissões Fugitivas (Equipamentos de Refrigeração e Ar Condicionado (RAC))

Gás ou composto (CO₂, CH₄, N₂O, HFC-23, HFC-32, HFC-41, HFC-125, HFC-134)	Unidades novas		Unidades existentes	Unidades dispensadas		Fonte da informação
	Carga (kg)	Capacidade (kg)	Carga (kg)	Capacidade (kg)	Recuperada (kg)	

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2.4 Resíduos sólidos

Para a destinação dos RSU para aterro foram contabilizadas as quantidades totais de resíduos gerados e a fração que foi enviada para aterro (em toneladas). As informações sobre a fração de RSU foi estratificada em diferentes tipologias, estabelecidas pelo IPCC. Foram quantificados os RSU conforme papel e papelão, têxtil, alimentos, madeira, borra e couro, plástico, vidro e outros. Cada tipologia de resíduos possui diferentes padrões de emissão de GEE, devido às diferenças de Fração de Carbono Degradável (DOC), estabelecidas pelo mesmo órgão, quanto maior a fração de DOC, maior será o seu fator de emissão e consequente potencial de eliminação de GEE quando disposto em aterro (Quadro 11).

Quadro 11 - Fatores de emissão correspondente à composição do resíduo.

Fração do resíduo correspondente	Fator de Emissão (IPCC, 2006) [gC / gRSU]
A – Papel e papelão	0,17
B – Têxtil	0,26
C – Alimentos	0,45
D – Madeira	0,47
E – Borra e Couro	0,07
F – Plástico	0,11
G – Metal	0,29
H – Vidro	0,33
I – Outros	0,13

Legenda:

gC = grama de Carbono

gRSU = grama de Resíduo Sólido Urbano

Fonte: ABRELPE (2012) e IPCC (2006)

Fatores externos influenciam na emissão de GEE por aterros, diante disso, foram coletadas informações sobre a pluviometria anual, temperatura média anual (dados disponíveis pelo site <http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br/resultados/index.php>), cidade e estado do aterro.

Foram levantadas informações sobre a recuperação de CH₄ no aterro onde os resíduos são depositados e o percentual de CH₄ no biogás. O padrão utilizado foi de 54% de CH₄ no biogás, conforme informações do aterro sanitário onde são dispostos os resíduos da universidade (RONCALIO, 2016).

A tipologia do aterro e sua gestão influenciam fortemente nas emissões resultantes dos resíduos depositados, conforme exposto por Roncalio (2016), o aterro que recebe os resíduos da Unisinos foi classificado como aterro sanitário (categoria D), conforme o Quadro 12, que estabelece os critérios para a qualidade da disposição final do resíduo (IPCC, 2006).

Quadro 12 - Classificação dos aterros sanitários.

Qualidade do local de disposição dos resíduos	A: se não possui a classificação do aterro	Aterros com classificação desconhecida e que não se encaixe em nenhuma das categorias abaixo.
	B: se aterro com profundidade < 5m	Todos os aterros que não atendem aos critérios dos aterros sanitários e semi-aeróbios, e que possuem profundidade menor que 5 metros.
	C: se aterro com profundidade >= 5m	Todos os aterros que não atendem aos critérios dos aterros sanitário e semi-aeróbio, e que possuem profundidade igual ou maior a 5 m e/ou alto nível do lençol freático (próximo à superfície). Este último critério corresponde ao preenchimento de antigos corpos d'água por resíduos (ex. lagos ou rios vazios).
	D: se aterro sanitário	Devem ter controle do aterramento de resíduo (ex. resíduo destinado especificamente para uma área do aterro, controle de escavação e de chamas), incluindo ao menos um dos seguintes métodos: (i) material de cobertura; (ii) compactação mecânica; ou (iii) nivelamento do resíduo.
	E: se aterro semi-aeróbio manejado	Devem ter controle do aterramento de resíduo e incluir todas as seguintes estruturas para introduzir ar nas camadas de resíduos: (i) material de cobertura permeável; (ii) sistema de drenagem de chorume; (iii) tanque de regulação; e (iv) sistema de ventilação de gases.

Fonte: IPCC (2006)

Não foram contabilizadas as emissões provenientes de compostagem aeróbia, pois os RSU da universidade não recebem este tratamento.

Por conta do perfil de degradação da matéria orgânica em aterros, as emissões de GEE pela disposição de resíduos em aterros ocorrem por um período superior a 30 anos após a sua disposição. Sendo assim, o inventário de um ano deve considerar a parcela das emissões de GEE de resíduos aterrados no ano inventariado e também as parcelas de emissões de resíduos dispostos em aterros nos anos anteriores (WRI, 2013).

Desde novembro de 2011, o município de São Leopoldo possui um novo aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos. Localizada em uma área de 135 hectares na Estrada do Socorro, no Arroio Manteiga, utiliza 60 para a destinação de resíduos. Com uma capacidade total de 5 milhões de toneladas e uma vida útil de 20 anos, o empreendimento pode atender a geração de resíduos gerados na região da Bacia do Rio dos Sinos (CRVR, 2016).

A informação sobre o aterramento de resíduos sólidos foi informada em kg.ano na Ferramenta GHG Protocol v2016.1, a qual informa os dados diretamente em tCO₂e, em conversão direta da emissão de CH₄ para CO₂, conforme o GWP do metano (fator de conversão), que corresponde a 25, de acordo com o IPCC (2006).

3.2.4.1 Incineração de RSS e Resíduos Perigosos

Os resíduos incinerados, não são calculados pela ferramenta GHG Protocol, porém os dados de emissões por incineração de resíduos devem ser obtidos diretamente com o operador do incinerador ou que sejam calculados com o uso de metodologias reconhecidas como as do IPCC (2006) e posteriormente incluso em emissões provenientes na categoria Resíduos Sólidos, informados em CO₂t, CH₄t e N₂Ot.

Para a quantificação das emissões foi utilizado a abordagem Tier 1 utilizando o método botow-up conforme IPCC (2006) e adotada pelo GHG Protocol. As quantificações de CO₂ e N₂O emissões foram calculadas conforme as equações 1 e 2 (Quadro 13):

Equação 1 – Cálculo para emissão de CO₂ por incineração.

$$ECO_2 = \frac{DA * CCW * FCF * EQI * \left(\frac{44}{12}\right) * GWP}{1000}$$

Onde:

ECO₂ = emissão do gás (tCO₂e)

DA = dados da atividade (kg)

CCW = carbono contido no resíduo (adimensional)

FCF = porção de carbono fóssil no resíduo (adimensional)

EQI = eficiência de queima do incinerador (adimensional)

GWP = potencial de aquecimento global do respectivo gás

Equação 2 – Cálculo para emissão de N₂O por incineração.

$$EN_2O = \frac{(DA * DF * GWP)}{1000}$$

Onde:

EN₂O = emissão do gás (tCO₂e)

DA = dados da atividade (kg)

EF = fator de emissão para o tipo de resíduo (kg/um)

GWP = potencial de aquecimento global do respectivo gás

Quadro 13 - Fatores utilizados na quantificação das emissões de GEE na incineração

Tipo de Resíduo	CCW	FCF	EQI	EF
Serviço da saúde	0,6	0,4	0,95	0,06
Perigosos	0,5	0,9	0,995	0,1

Fonte: IPCC (2006)

A coleta das informações ocorreu diretamente com o SGA da Unisinos, através de planilha específica e com as categorias (Quadro 14).

Quadro 14 - Planilha para coleta de informações coletadas sobre geração de resíduos sólido.

Tipologia do resíduo	Quantidade reciclada ao ano (ton)	Qualificação do aterro (A,B, C, D ou E), conforme item 3.1.1.6 (IPCC, 2006)	Concentração do biogás do aterro(0 – 100%)	Recuperação do biogás no (sim ou não)	Fonte de recuperação do CH ₄ do aterro, se houver (queima em <i>flare</i> ou geração de energia)	Quantidade de CH ₄ recuperado do aterro (queimado em <i>flare</i> ou usado na geração de energia) em tCH ₄ /ano	Fonte
Papel e papelão							
Têxtil							
Alimentos							
Madeira							
Borra e Couro							
Plástico							
Metal							
Vidro							
Outros							

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2.5 Efluentes

Foram contabilizadas todas as emissões de efluentes líquidos tratados por processos anaeróbios operados ou de propriedade da organização inventariante. Os dados foram coletados e estratificados conforme a quantidade de processos para o tratamento de efluentes.

A universidade possui apenas um processo de tratamento, foi informada a quantidade m³ de efluentes gerados e tratados no ano inventariado, sem haver a divisão por mês e/ou período. Os dados foram trabalhados conforme a média do ano inventariado, foi informada a carga orgânica degradável do efluente, a unidade dos dados foi informada em DQO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), sendo informadas em kgDQO/m³.

O nitrogênio (N) presente no efluente foi informado em kgN/m³ de efluente, com base nas médias do ano inventariado. Foi utilizado o fator de emissão de N₂O pela descarga de efluente, expresso em kgN₂O-N/kgN, foi utilizado o *default* sugerido pelo IPCC (2006).

A quantidade de CH₄ recuperada durante o tratamento de efluentes não foi informada, pois não há recuperação do biogás (queima em *flare* ou geração de energia).

O efluente sanitário gerado pela universidade foi informado em m³.ano na ferramenta GHG Protocol v2016.1, juntamente com o fator de emissão de N₂O e a carga orgânica do oxigênio e foram informados pelo software as quantidades emitidas de N₂O e CH₄, que são automaticamente convertidos em tCO₂e através dos valores de GWP do N₂O e CH₄, conforme o Quadro 1 – Potencial de Aquecimento Global (GWP) dos principais gases (IPCC, 2007).

A coleta das informações ocorreu através de planilha específica (Quadro 15).

Quadro 15 - Planilha para coleta de informações sobre geração de efluentes.

Tipo de tratamento aplicado ao efluente	Quantidade efluentes tratados no ano (m³)	Composição orgânica do efluente (kgBDO/m³ ou DBO)	Quantidade de nitrogênio gerado no efluente (kgN/m³)	Fator de emissão de N₂O pela descarga de efluente (kgN₂O-N/kgN)	Nitrogênio removido com o lodo no ano do inventário (kgN/ano)	Quantidade de CH₄ recuperada do tratamento (tCH₄/ano)	Fonte
Lodo ativado/digestor anaeróbio							
Fossa séptica							
Reator anaeróbio							
Lagoa anaeróbia/lagoa facultativa							
Lagoa mista							
Lagoa de maturação							
Fossa séptica condicional							
Lançamento em cursos d'água com coleta							
Fosses secas							
Vala aberta							
Lançamento em cursos d'água sem coleta							

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3 ESCOPO 2

3.3.1 Compra de energia elétrica

Para este inventário foi calculado o consumo de energia elétrica foi informado pela quantidade de kWh consumida do ano de referência, com frequência mensal.

O Sistema Interligado Nacional (SIN) é formado pelas empresas das regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte da região Norte. Apenas 1,7% da capacidade de produção de eletricidade do país encontra-se fora do SIN, em pequenos sistemas isolados localizados principalmente na região amazônica (WRI, 2013).

Como a região Sul está dentro do SIN, a categoria utilizada para alimentação dos dados sobre compra de energia elétrica foi Sistema Interligado Nacional.

Para que não haja incoerências nas medições das emissões provenientes da compra de energia elétrica, o ano do inventário deve ser corretamente preenchido, visto que o padrão de emissões de GEE varia conforme o fracionamento da matriz energética brasileira em diferentes períodos (Quadro 16)

Quadro 16 - Fatores de emissão de CO₂ pela geração de energia.

ANO	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Fator Médio Anual (tCO ₂ /MWh)	0,0246	0,0512	0,0292	0,0653	0,096	0,1355	0,1244

Fonte: MCT, 2016

A coleta das informações ocorreu através de planilha específica, Quadro 17.

Quadro 17 - Planilha para coleta de informações sobre energia elétrica comprada.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Registro da fonte	Energia elétrica comprada (kWh)												Fonte
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	dez	
Total													

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.4 ESCOPO 3

Para o Escopo 3, foram utilizadas as categorias que a ferramenta GHG Protocol apresenta métodos de cálculo: Transporte & Distribuição (*Upstream*) e Viagens a negócios. Não foram consideradas as emissões pela geração de resíduos e efluentes em terceiros e as emissões do deslocamento dos alunos, pois essas informações não estavam disponíveis.

3.4.1 Transporte e Distribuição (*upstream*)

Foram considerados nessa categoria apenas os veículos contratados pela Unisinos para a realização da linha circular, entre a estação Unisinos da Trensurb e o câmpus da universidade.

Os dados foram coletados com base nas distâncias totais percorridas para cada tipo de veículo. Foram consideradas 21 categorias de veículos para transporte rodoviário: automóvel a gasolina, automóvel a etanol, automóvel flex a gasolina, automóvel flex a etanol, automóvel GNV, motocicleta a gasolina, motocicleta flex a gasolina, motocicleta flex a etanol, veículo comercial leve a gasolina, veículo comercial leve a etanol, veículo comercial leve flex a gasolina, veículo comercial leve flex a etanol, veículo comercial leve a diesel, micro-ônibus a diesel, ônibus rodoviário a diesel, ônibus urbano a diesel, caminhão semi leve a diesel, caminhão leve a diesel, caminhão médio a diesel, caminhão semipesado a diesel, caminhão pesado a diesel.

Para tal, os deslocamentos foram alimentados mês a mês com a distância total, de acordo com o tipo de veículo e o ano de fabricação do veículo utilizado para o transporte contratado.

Alguns fatores influenciam nas quantidades de GEE emitidos pelos veículos de transporte rodoviários, principalmente a quantidade de etanol na gasolina e a quantidade de biodiesel no diesel comercializado. Estes dados são padronizados, de acordo com a variação ano a ano, conforme a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2015). Quanto maior a participação de derivados vegetais na composição dos combustíveis, menor será a eliminação na atmosfera de CO₂, CH₄ e N₂O.

No ano de 2015, o percentual de biodiesel no diesel comercializado no Brasil era de 7%, as emissões provenientes de biomassa são consideradas nulas quando incorporadas ao diesel, conforme o Programa Brasileiro GHG Protocol (2016). Os fatores de emissão de CO₂, CH₄ e N₂O do biodiesel, comparados com o diesel puro são apresentados Quadro 18.

Quadro 18 - Fatores de conversão para o biodiesel.

Combustível	Unidade	Poder Calorífico Inferior	Densidade	Fonte	Fatores de Emissão (kg GEE/un.)		
		(kcal/kg)	(kg/unid)		CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Biodiesel (B100)	litros	9.000	0,880	MME 2015	2,431	0,0003	0,00002
Diesel (puro)	litros	10.100	0,840	MME 2015	2,603	0,0001	0,00014

Fonte: PROGRAMA BRASILEIRO GHG PROTOCOL (2016)

A coleta das informações foi através de planilha específica (Quadro 19).

Quadro 19 - Planilha para coleta de informações sobre transporte e distribuição de veículos contratados.

Registro da fonte	Ano de fabricação do veículo	Tipologia do veículo: Leve (carro ou motocicleta) ou pesado (ônibus, caminhões, caminhonetas, tratores e outros)	Motorização (gasolina, etanol, flex e GNV)* • Não aplicável a veículos pesados	Combustível utilizado: Leve (gasolina, etanol e GNV) ou pesado (biodiesel B100, etanol, Gás Liquefeito de petróleo (GLP), gás natural veicular (GNV), gasolina automotiva, gasolina de aviação, lubrificantes e óleo combustível)	Quantidade de combustível utilizada no ano	Unidade (litros, m ³)	Fonte da informação

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.4.2 Emissões por viagens a negócios

Foram contabilizadas nessa categoria as emissões provenientes do transporte de funcionários para atividades relacionadas aos negócios da instituição, realizado em veículos operados por ou de propriedade de terceiros, foram consideradas apenas viagens em aeronaves, pois as categorias de transporte terrestre não tinham dados disponíveis.

Foram considerados para esta categoria de emissões os colaboradores da Unisinos e os professores convidados a participarem de eventos no campus da Unisinos em São Leopoldo.

Não foram considerados nas emissões os funcionários dos parceiros que utilizam o Campus, assim como consultores e outros que não são funcionários da instituição de ensino, mas que se deslocam às suas unidades, pois tais emissões podem ser duplamente contabilizadas, se as demais instituições realizarem seus IGEE.

As viagens em aeronaves foram contabilizadas por evento e/ou deslocamento realizado por cada funcionário, com a informação da cidade de origem (aeroporto) e a cidade de destino para a contabilização da distância percorrida será utilizada a "Ferramenta auxiliar para cálculo de distâncias aéreas", disponível no link <http://www.ghgprotocolbrasil.com.br/ferramenta-de-calculo>".

Com base nesses dados os deslocamentos são classificados em 3 categorias: Curta-distância ($d < 500$ km), média-distância ($500 \leq d < 3.700$ km) e longa-distância ($d \geq 3.700$ km).

A coleta das informações ocorreu através de planilha específica (Quadro 20).

Quadro 20 - Planilha para coleta de informações sobre viagens a negócio (aéreo).

Registro da fonte	Descrição da fonte	Tipo de viagem aérea (Curta-distância ($d < 500$ km, Média-distância ($500 \leq d < 3.700$ km) e Longa-distância ($d \geq 3.700$ km))	Quilometragem do passageiro (km)	Escala 1 (aeroporto)	Escala 2 (aeroporto)	Fonte da informação

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.5 GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS

Para o cálculo das emissões de GEE evitadas com a reciclagem de resíduos, adotou-se o mesmo parâmetro da disposição final dos demais resíduos da Unisinos, conforme o item 3.1.4 Resíduos Sólidos, e estimou-se a quantidade de gases que seriam emitidos se fossem dispostos em aterro sanitário. Esta quantidade de GEE estimou-se como os GEE que deixaram de ser emitidos pela reciclagem dos resíduos (e sua não disposição em aterro).

As informações sobre a fração de RSU foram estratificadas em diferentes tipologias, estabelecidas pelo IPCC. Foram quantificados os RSU conforme papel e papelão, têxtil, alimentos, madeira, borra e couro, plástico, vidro e outros. Cada tipologia de resíduos possui diferentes padrões de emissão de GEE, devido às diferenças de Fração de Carbono Degradável (DOC), estabelecidas pelo mesmo órgão, quanto maior a fração de DOC, maior será o seu fator de emissão e consequente potencial de eliminação de GEE quando disposto em aterro (Quadro 21).

Quadro 21 - Dados da composição dos RSU coletados.

Composição do resíduo	Anos	2012	2013	2014	2015	Fator de Emissão (IPCC, 2006) [gC / gRSU]
A - Papéis/papelão	A / Total [%]					0,17
B - Resíduos têxteis	B / Total [%]					0,26
C - Resíduos alimentares	C / Total [%]	58,5%	58,5%	58,5%	58,5%	0,45
D - Madeira	D / Total [%]					0,47
E - Resíduos de jardim e parque	E / Total [%]					0,07
F - Fraldas	F / Total [%]	15,9%	15,9%	15,9%	15,9%	0,11
G - Borracha e couro	G / Total [%]					0,29
Outros materiais inertes	[%]	25,60%	25,60%	25,60%	25,60%	0,33
DOC - Carbono Orgânico Degradável no ano	[tC/tMSW]	0,12591	0,12591	0,12591	0,12591	0,13

Fonte: Elaborado pelo autor.

Onde:

gC = grama de Carbono

gRSU = grama de Resíduo Sólido Urbano

A categoria “Outros” representa os resíduos inertes que, em condições anaeróbicas, não geram metano (CH₄) como produto de sua decomposição. Caso a soma da composição não

atinga 100%, a diferença será automaticamente atribuída à categoria “Outros”. O item “Fraldas” é representado, na Uniisnos, pela categoria Contaminante Biológico.

Foi considerada apenas a disposição final dos restos de alimentos, contaminantes biológicos e dos demais inertes que não foram reciclados. Os valores são baseados nos percentuais de resíduos aterrados pela universidade nos anos anteriores, pois os mesmos.

O local de disposição final dos resíduos influencia na decomposição dos resíduos, por causa das diferentes temperaturas e pluviosidade. Para o aterro de São Leopoldo foram considerados os dados de Porto Alegre, cidade mais próxima cadastrada na Ferramenta GHG Protocol v2016, que apresenta pluviosidade anual superior a 1000mm e temperatura média anual inferior a 20°C (EMBRAPA, 2015; INMET, 2015).

No aterro de São Leopoldo não há recuperação de metano e o percentual de CH₄ no biogás, é de 54%. Não foram contabilizadas as emissões provenientes de compostagem aeróbia, pois o município de São Leopoldo não realiza compostagem, sendo assim foram contabilizadas apenas emissões de CH₄.

Os resíduos reciclados pela universidade dividem-se em 17 tipologias: Lata de Alumínio, Lata de Ferro, Cavacos de Metal, Tetrapak, Plástico Duro Branco, Plástico Mole, Plástico Duro Colorido, Plástico PP (copos água mineral), Plástico PET (garrafas refrigerante), Plástico PS (copinhos água e café), Papelão, Papel toalha, Papel Branco, Papel Jornal, Papel Misto, Vidro de Conserva e Vidro de Nescafé.

Entretanto, a metodologia utilizada GHG Protocol v2016 (WRI,2013) utiliza os parâmetros estabelecidos pelo IPCC (2006), o qual estabelece diferentes categorias de resíduos como fontes de emissão de GEE quando aterrados. As categorias utilizadas pelo IPCC são papel/papelão, resíduos têxteis, resíduos alimentares, madeira, resíduos de jardim, fraldas/contaminante biológico, borrachas/couro e outros materiais inertes.

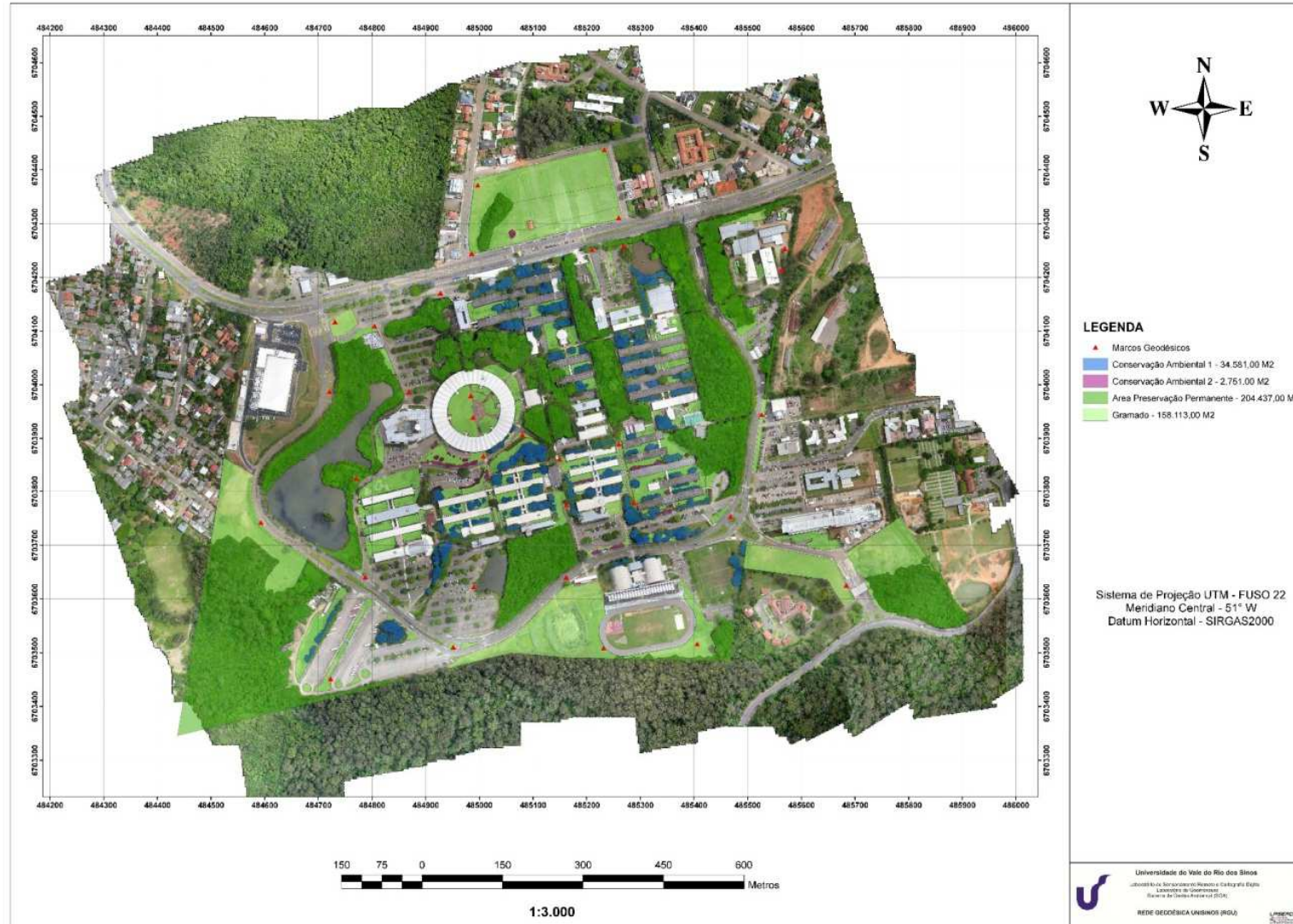
Para facilitar o enquadramento dos resíduos reciclados na metodologia utilizada, utilizou-se 5 grandes categorias de resíduos: papel, metal, tetrapack, plástico e vidro

3.6 SEQUESTRO DE CARBONO PELA COBERTURA VEGETAL

Para o cálculo da compensação de GEE pela cobertura vegetal da Unisinos, foram consideradas apenas as áreas de vegetação contínua da Unisinos, as Áreas de Preservação Permanente (APP).

A Unisinos possui sua cobertura vegetal classificada, conforme dados do SGA (Figura 13).

Figura 13 - Classificação da cobertura vegetal da Unisinos.



Fonte: SGA

São considerados quatro tipos de vegetação na universidade:

- Conservação ambiental 1 – caracterizados por aglomerados de grandes árvores ao longo do campus, possui uma área de 34.581m² (Figura 14);

Figura 14 - Conservação ambiental 1.



Fonte: Elaborado pelo autor.

- Conservação ambiental 2 – caracterizados por árvores de pequeno porte dispersas, possui uma área de 2.751m² (Figura 15).

Figura 15 - Conservação ambiental 2.



Fonte: Elaborado pelo autor.

- Gramado – formação de gramíneas, possui área de 158.113m² (Figura 16);

Figura 16 - Gramado.



Fonte: Elaborado pelo autor.

- Área de Preservação Permanente – vegetação arborea contínua, possui altura estimada entre 6 e 10 metros, área de 204.437m² (Figura 17).

Figura 17 - Área de Preservação Permanente.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para a contabilização da quantidade de CO₂ que é capturada na pela área de APP da Unisinos, adotou-se os valores propostos por Rodríguez (2015) e Dávila (2010), por ser um trabalho desenvolvido em região de Floresta Estacional Semidecidual, mesmo enquadramento de fitosifionomia da Mata Atlântica no município de São Leopoldo, conforme o Quadro 22.

Quadro 22 - Comparação de três métodos de sequestro de CO₂.

Método	Fonte	Valor do fator de sequestro (tCO₂/ha/ano)	Tempo	Características que considera:
1	IPCC (2006)	25,9942 (áreas de até 20 anos) 7,3253 (áreas com mais de 20 anos)	Dividido em dois períodos: para áreas com até 20 anos e para áreas com mais de 20 anos	Contabilização da parte aérea e raiz, isto é os valores de captura de carbono na biomassa aérea e abaixo do solo, diferencia etapas de crescimento da árvore.
2	Projeto Mata Nativa (INPE, 2009)	13,75 (para os primeiros 20 anos de crescimento)	20 anos	A velocidade de crescimento da massa da árvore por unidade e área é assumido linear
3	Desenvolvido a partir das resoluções da SMA e Dávila (2010)	12,5 (para o tempo de vida de 40 anos da árvore)	40 anos	Dinâmica de crescimento da árvore não é implícita, pois considera tempo de vida médio

Fonte: Rodríguez (2015)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados são apresentados, de acordo com os 3 escopos padronizados para inventários de gases de efeito estufa e conforme as categorias informadas na Figura 10.

4.1 ESCOPO 1

As emissões do Escopo 1 são apresentadas no Quadro 23, apresentando dados de emissão direta nas categorias Combustão Estacionária, Combustão Móvel, Emissões Fugitivas, Resíduos Sólidos e Efluentes.

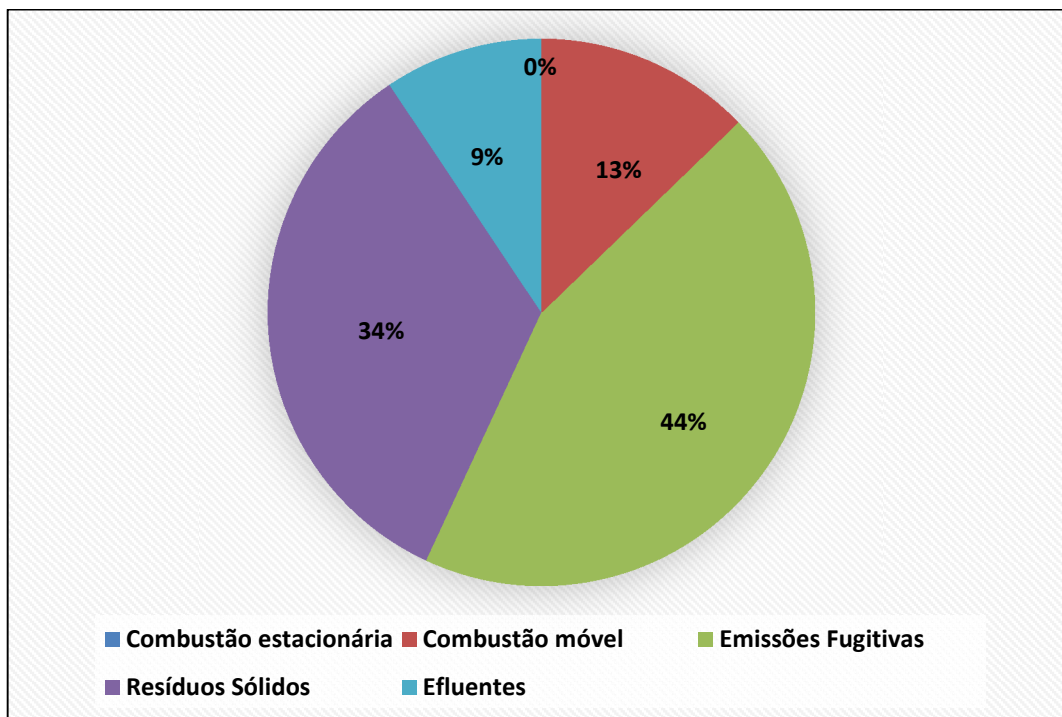
Quadro 23 - Emissões de GEE do Escopo 1 por categoria

	Combustão estacionária	Combustão móvel	Emissões fugitivas	Processos industriais	Agrícolas e mudança no uso do solo	Resíduos (resíduos sólidos + efluentes)	Total de emissões (t) Escopo 1	GWP	tCO _{2e}
CO ₂ (t)	-	72,65	-	-	-	5,78	78,43	1	78,43
CH ₄ (t)	0,0002	0,0077				5,25	5,26	25	131,63
N ₂ O (t)	0,00004	0,01				0,39	0,40	298	121,42
HFC-32 (t)			0,01				0,11	675	7,69
HFC-134 (t)			0,23				0,23	1.100	254,1
CO _{2e} (t)	0,017	75,79	261,79			255,67	593,27	-	593,27
CO ₂ biogênico	4,69	17,06					21,75	-	21,75

Fonte: Elaborado pelo autor.

As emissões do Escopo 1 totalizaram 593,27 tCO₂e, sendo a categoria de Emissões Fugitivas responsável por 44% das emissões totais, resíduos sólidos 34%, combustão móvel 13%, tratamento de efluentes 9% e combustão móvel com representatividade abaixo de 1% (Figura 18).

Figura 18 - Emissões percentuais de GEE do Escopo 1.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.1 Combustão Estacionária

A Unisinos possui 2 geradores nos Campus de São Leopoldo, os quais utilizaram no ano de 2015 um total de 2.000L de biodiesel B100 (Quadro 24Quadro 24)

Quadro 24 - Combustão de fontes estacionárias e emissões de CO₂, CH₄ e N₂O totais da organização.

Tipo de combustível	Consumo de combustível	Unidade	Fatores de Emissão do setor:			Emissões de CO ₂ (kg)	Emissões de CH ₄ (kg)	Emissões de N ₂ O (kg)	Emissões em CO ₂ e (kg)
			CO ₂ (kg/un)	CH ₄ (kg/un)	N ₂ O (kg/un)				
Biodisel (B100)	2.000	Litros	2,35	0,0001	0,00002	4.695,40	0,2	0	4.712,20

Fonte: PROGRAMA BRASILEIRO GHG PROTOCOL (2016)

As emissões de GEE provenientes de combustão estacionária totalizaram 4,7 tCO₂e e cerca de 0,79% das emissões totais do Escopo 1, demonstrando baixa representatividade na somatória das emissões da universidade.

Dos 21 trabalhos analisados, 13 fizeram o levantamento de combustão estacionária, sendo que a média geral foi de 569.775,98tCO₂e e uma representatividade de 14,81% das emissões totais nos inventários. Destaca-se o inventário realizado pela Eletrobrás (2014) no qual foram emitidos 10.198.595tCO₂e nas suas atividades no ano de 2013, representando cerca de 84,53% do total do IGEE. Tais valores, se devem a operação de cinco Usinas Termoelétricas de Energia, que convertem energia estacionária (carvão mineral) em energia elétrica.

Observa-se que houve baixa representatividade da combustão estacionária no total do inventário, cerca de 0,17% do total das emissões provenientes e utilização de 2.000 L de biodiesel. Números semelhantes são encontrados no estudo de Santos et al (2010), no qual foi identificado que na Universidade Federal do Tocantins esta fonte de emissão foi responsável por 1,22% das emissões do IGEE realizado.

Entretanto, em inventário realizado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Yabushita (2013), constatou que as emissões provenientes de fontes estacionárias foram responsáveis por 92,42% do total de emissões do IGEE. Nesse estudo foram consideradas diferentes fontes de emissões estacionárias, além do uso de fontes fósseis para a geração de energia, foram contabilizadas as emissões provenientes de uso de concreto betuminoso na recomposição da malha asfáltica da universidade, que correspondeu a 91,89% das emissões totais.

4.1.2 Combustão Móvel

As emissões provenientes de combustão móvel por transporte terrestre totalizaram 75,79 tCO₂e e representam 12,7% e 2,8% do total das emissões do Escopo 1 e do IGEE, respectivamente.

No total, a universidade apresenta 21 veículos automotores em sua frota, sendo 3 motocicletas com motorização flex, 16 automóveis com motorização flex e 2 veículos comerciais leves. No ano de 2015, todas as motocicletas e automóveis foram abastecidos com gasolina, os veículos comerciais leves foram abastecidos com biodiesel (B100), conforme apresentado no Quadro 25.

Quadro 25 - Consumo mensal de combustível por veículos automotores.

(continua)

Registro da frota	Tipo da frota de veículos	Ano da frota	Consumo mensal de combustível (L)											
			jan	fev	mar	Abr	mai	jun	Jul	ago	set	out	nov	dez
Moto IWR 3923	Motocicleta flex a gasolina	2015	3	3	7	7	7	7	6	7	7	7	7	7
Moto IWR 3931	Motocicleta flex a gasolina	2015	13	13	30	30	30	30	25	30	30	30	30	30
Moto IWR 3936	Motocicleta flex a gasolina	2015	11	11	24	24	24	24	20	24	24	24	24	24
Fiesta IVN 6976	Automóvel flex a gasolina	2014	126	126	281	281	281	281	239	281	281	281	281	281
Fiesta IVN 6963	Automóvel flex a gasolina	2014	18	18	40	40	40	40	34	40	40	40	40	40
Fiesta IVN 6988	Automóvel flex a gasolina	2014	179	179	398	398	398	398	338	398	398	398	398	398
Fiesta IVN 7004	Automóvel flex a gasolina	2014	147	147	328	328	328	328	279	328	328	328	328	328
Fiesta IVN 6956	Automóvel flex a gasolina	2014	156	156	351	351	351	351	298	351	351	351	351	351
Fiesta IVN 6909	Automóvel flex a gasolina	2014	105	105	234	234	234	234	199	234	234	234	234	234
Fiesta IVN 7075	Automóvel flex a gasolina	2014	127	127	282	282	282	282	240	282	282	282	282	282
Fiesta IVP 3264	Automóvel flex a gasolina	2014	138	138	308	308	308	308	262	308	308	308	308	308
Fiesta IVN 6947	Automóvel flex a gasolina	2014	126	126	280	280	280	280	238	280	280	280	280	280
Palio IVG 6649	Automóvel flex a gasolina	2014	67	67	150	150	150	150	127	150	150	150	150	150
Palio IVG 6705	Automóvel flex a gasolina	2014	84	84	187	187	187	187	159	187	187	187	187	187
Palio IVG 6671	Automóvel flex a gasolina	2014	75	75	168	168	168	168	143	168	168	168	168	168

(conclusão)

Registro da frota	Tipo da frota de veículos	Ano da frota	Consumo mensal de combustível (L)											
			jan	fev	mar	Abr	mai	jun	Jul	ago	set	out	nov	dez
Kombi IVF 1564	Automóvel flex a gasolina	2014	61	61	137	137	137	137	116	137	137	137	137	137
S10 IVF 1985	Veículo comercial leve a diesel	2014	90	90	201	201	201	201	171	201	201	201	201	201
Linea IVG 6661	Automóvel flex a gasolina	2014	61	61	136	136	136	136	115	136	136	136	136	136
Gol IVE 4071	Automóvel flex a gasolina	2014	173	173	384	384	384	384	326	384	384	384	384	384
Fiorino IVC 4487	Automóvel flex a gasolina	2014	25	25	56	56	56	56	47	56	56	56	56	56
Ambulancia IIM 0650	Veículo comercial leve a diesel	2000	27	27	61	61	61	61	52	61	61	61	61	61

Dezenove trabalhos realizaram o levantamento dessa categoria nos seus IGEE, sendo a categoria mais representativa nos inventários realizados, estando presente em 90,5% dos trabalhos. A média geral foi de 19,06% na representatividade nas emissões de GEE, sendo que para as universidades, a média ficou em 38,67%.

A combustão móvel representou 2,8% do total de emissões da Unisinos, valor muito próximo ao encontrado no trabalho realizado por Yabushita (2013), no qual as emissões provenientes de combustão móvel representaram 2,72% do total das emissões e que totalizaram 25,99 tCO_{2e}. Já Agnesini (2012), em trabalho semelhante na Escola de Engenharia de Lorena, obteve valores de 81,23% do total das emissões do IGEE realizado.

Valores semelhantes foram encontrados por Santos et al (2010), que observaram 70,72% das emissões oriundas desta fonte, os autores não mencionam quantos veículos foram contabilizados no inventário, porém foram consumidos 296.776 litros de combustível, entre gasolina, álcool e óleo diesel, frente aos 43.433 litros de combustível consumidos pelos 21 veículos da frota própria da universidade.

4.1.3 Emissões Fugitivas

A contabilização das emissões por Emissões Fugitivas mensurou o balanço das emissões dos gases HFC-32 e HFC-134 (Quadro 26)

Quadro 26 - Emissões de GEE por equipamentos de ar-condicionado.

Gás ou composto	GWP	Unidades Novas		Unidades Existentes	Unidades Dispensadas		E = Emissões de CO _{2e} (kg)
		Carga (kg)	Capacidade (kg)	Recarga (kg)	Capacidade (kg)	Recuperada (kg)	
HFC-134	1.100	-	-	231,0	-	-	254.100
HFC-32	675	-	-	11,4	-	-	7.695

Fonte: Elaborado pelo autor.

As emissões decorrentes da recarga de aparelhos de ar-condicionado acarretaram no lançamento de 26,18 tCO_{2e}, o que corresponde a 4,41% das emissões do Escopo 1 e 0,97% do total das emissões levantadas no inventário. Mesmo com a pequena quantidade de gases controlados pelo protocolo de Quioto na universidade, estes apresentam alto GWP e consequente impacto no total de emissões equivalentes.

Entre os IGEE analisados, onze realizaram o levantamento das emissões de GEE por emissões fugitivas, provenientes de recargas de aparelhos de ar-condicionado, os valores

médios foram de 1,36% entre todos os trabalhos analisados. Os valores variaram entre 0,01%, no trabalho de Sulamérica (2013), que não reportou a quantidade de gases de refrigeração utilizados, a 18,73% no inventário realizado por ABIMAQ (2016).

Apenas o trabalho de Yabushita (2013) inventariou as emissões fugitivas entre as universidades comparadas no referencial teórico, no trabalho realizado, o autor encontrou na Universidade Tecnológica Federal do Paraná a utilização de 5,2 toneladas de CO₂ na recarga de extintores de incêndio, o que representou 0,58% das emissões do IGEE realizado.

Valores mais próximos foram encontrados nos trabalhos elaborados pela Caixa Econômica Federal (CAIXA, 2016) e em uma indústria metalúrgica do Rio de Janeiro (ABIMAQ, 2013). O primeiro trabalho foi realizado em todas as agências da instituição bancária do Brasil e teve uma emissão total de 7.337 tCO₂e e que representou 4,72% das emissões do IGEE, não foram detalhadas as fontes de emissão e os gases utilizados.

No trabalho realizado por ABIMAQ (2013), as emissões fugitivas foram provenientes de 8 kg de gás R22 utilizados na manutenção de aparelhos de ar-condicionado, o que resultou em uma emissão total de 2,22 tCO₂e e 14,48% do total de emissões do IGEE. Por serem gases com alto GWP, pequenas quantidades de gases utilizados podem ter grande representatividade no resultado dos inventários.

Refrigeradores e condicionadores de ar podem vaziar mais no verão do que no inverno, devido à maior pressão interna do sistema e uso mais frequente, ambos associados à maior temperatura ambiente no verão. As altas pressões de vapor no verão, cerca de 8 a 12 vezes a pressão atmosférica, podem promover fugas após o selamento nos sistemas de refrigeração. Em utilização, ambos os refrigerantes possuem pressões muito mais elevadas na linha de compressores em comparação com quando não está em uso (SIEGL et al, 2002).

Esta pressão de vapor ainda maior durante a operação, combinada com o uso mais frequente de dispositivos de resfriamento no verão, pode levar a taxas de vazamento maiores no verão em comparação com o inverno. A associação de taxas de vazamento com a maior pressão de vapor no verão parece ser consistente com a estação do ano de HCFC-22 que é usada principalmente em aplicações estacionárias, comparada com a de HFC-134, usado principalmente sistemas móveis (como veículos), que estão expostos a temperaturas ambientais mais extremas (XIANG, 2014; SIEGL et al, 2002; ZHAN et al, 2013).

Além das "fugas normais" ocorridas devido à má vedação, existem fugas episódicas e de serviço, na manutenção e recarga dos aparelhos de ar-condicionado, que ocorrem principalmente durante os meses de verão (XIANG et al, 2014).

Duas pesquisas realizadas na Alemanha e Estados Unidos mostram que 70% das manutenções e recargas dos aparelhos de ar-condicionado ocorrem nos meses de verão, e, devido à maior pressão dos gases nesses meses, há uma maior emissão fugitiva durante o processo de carregamento, carga e recarga. Sendo altamente aconselhável a realização das recargas nos meses mais frios do ano (LIU et al, 2005; ZHANG et al, 2014).

4.1.4 Resíduos Sólidos

Os resíduos sólidos da Unisinos e de São Leopoldo, após passar por triagem são encaminhados para um aterro sanitário localizado no próprio município. No ano de 2015, foi coletado na Unisinos um total de 370,24 t de resíduos domésticos, dos quais, 303,92 foram encaminhadas para aterro sanitário e o restante, 66,85t, foi triado e reciclado (Quadro 27).

Quadro 27 - Resíduos coletados por tipologia.

(continua)

Material (kg)	Jan	Fev	Mar	Abril	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	2015
Lata de Alumínio	118	94	119	188	275	354	284	372	413	417	102	86	2.822
Lata de Ferro	134	100	112	201	77	96	120	420	451	437	123	89	2.360
Cavacos de Metal	90	100	125	175	200	250	300	200	200	0	130	90	1.860
Tetrapak	146	126	137	322	277	281	242	312	391	368	142	98	2.842
Plástico Duro Branco	137	111	157	251	161	158	165	255	286	282	194	113	2.270
Plástico Mole	229	203	219	562	1.335	1.175	863	886	924	794	244	202	7.636
Plástico Duro Colorido	245	214	244	209	191	212	196	307	371	342	250	209	2.990
Plástico PP (copos água mineral)	155	132	189	199	269	241	208	279	324	317	112	106	2.531
Plástico PET (garrafas refrigerante)	203	165	172	297	737	604	420	443	423	386	169	116	4.135
Plástico PS (copinhos água e café)	157	142	103	364	268	256	215	248	279	245	167	99	2.543
Papelão	359	328	338	518	366	361	267	393	372	342	530	286	4.460
Papel toalha	498	472	619	706	502	378	315	731	683	661	644	354	6.563
Papel Branco	577	526	656	408	515	429	352	419	358	345	479	314	5.378
Papel Jornal	314	266	451	157	72	95	78	191	223	169	186	161	2.363
Papel Misto	401	363	359	430	3.410	3.347	1.592	1.822	1924	1828	343	207	16.026
Vidro de Conserva	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vidro de Nescafé	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL REICLÁVEIS	3.763	3.342	4.000	4.987	8.655	8.237	5.617	7.278	7.622	6.933	3.815	2.530	66.779
Restos de alimentos + Contaminante Biológico	12.351	14.053	17.485	17.182	27.757	24.857	21.060	45.232	51.920	49.069	12.465	9.961	303.392
TOTAL COLETADO	16.114	17.395	21.485	22.169	36.412	33.094	26.677	52.510	59.542	56.002	16.280	12.491	370.171

Fonte: SGA

A geração de resíduos na Unisinos, a quantidade triada e aterrada ao longo do período de utilização do aterro é apresentada no Quadro 28.

Quadro 28 - Geração de resíduos na Unisinos

Ano	2012	2013	2014	2015
Coletado (kg)	507.064	448.121	193.340	370.171
Aterrado (kg)	365.573	349.261	148.196	303.392
Reciclado	141.491	98.860	48.144	66.779

Fonte: SGA

O aterro sanitário que recebe os RSU da Unisinos para disposição final tem um percentual de 54% de CH₄ no biogás gerado e não há recuperação do metano ou queima em *flare* (RONCALIO, 2016).

Quadro 29 - Emissões totais de resíduos sólidos aterrados (emissões históricas anuais, considerando disposições passadas de resíduos sólidos)

	Anos	2012	2013	2014	2015
Emissões de CH₄	[tCH ₄ /ano]	1,284	2,399	2,713	3,456
Emissões em CO₂e	[tCO ₂ e/ano]	32,089	59,985	67,830	88,642
Emissões em CO₂– biogênico	[tCO ₂ /ano]	-	-	-	-

Fonte: Elaborado pelo autor.

No ano de 2015, a disposição final de RSU por parte da Unisinos emitiu 88,64 tCO₂e e um total de 199,87 tCO₂e, contabilizando-se as emissões por incineração de resíduos de serviço de saúde (RSS) e resíduos perigosos (Quadro 29).

O gerenciamento de resíduos no ano de 2015 foi responsável por 33,7% do total de emissões do Escopo 1 e 7,4% das emissões totais do inventário realizado.

Treze inventários analisados, de um total de 21, relataram emissões diretas da geração de resíduos sólidos e sua disposição final em aterros sanitários, sendo uma média de 1,36% de representatividade no total das emissões. Entre as universidades analisadas, somente uma reportou essa categoria de emissões, a média percentual entre as universidades foi 4,21%.

Destaca-se a grande representatividade das emissões de GEE em 4 cidades analisadas, com valores variando entre 6,7% a 55,6% das emissões das cidades analisadas (Quadro 30).

Quadro 30 - Emissões de GEE pela disposição final de RSU por municípios

Referências	Nome	Resíduos sólidos	
		tCO ₂ e	%
RIO DE JANEIRO, 2016	Prefeitura do Rio de Janeiro	1.604.600	6,7
SÃO PAULO, 2013	Prefeitura de São Paulo	2.240.000	14,23
RECIFE, 2013	Prefeitura de Recife	601.390	8,35
BELO HORIZONTE, 2015	Prefeitura de Belo Horizonte	1913	55,60

Fonte: Elaborado pelo autor.

Números semelhantes aos encontrados no presente trabalho, foram encontrados por Brianezi et al (2014), que realizaram inventário na Universidade Federal de Viçosa, tendo encontrado 996,18 tCO₂e na disposição final dos resíduos gerados na universidade, correspondendo a 16,57% dos GEE pela UFV no ano de 2011.

Em inventário realizado no ano de 2012, Aguiar et al (2016) constataram que o tratamento e disposição final de uma indústria metalúrgica emitiu 89,45 tCO₂e, sendo responsável por 20,5% das emissões do IGEE. Um percentual tão alto nesse inventário se deve à incineração de resíduos industriais perigosos que são gerados pela indústria, como: estopa/panos e serragem embebidos em óleo ou solventes, óleo solúvel, solvente de tinta, borra de resina acrílica.

4.1.4.1 Incineração de RSS e Resíduos Perigosos

As emissões provenientes da incineração de RSS e resíduos perigosos totalizaram 111,23 tCO₂e, sendo 5,78 tCO₂ e 0,35 tN₂O. Corresponde a 55,65% das emissões referentes ao tratamento e disposição final de resíduos sólidos da universidade (Quadro 31)

Quadro 31 - Emissões totais de resíduos tratados por incineração.

Tipo de Resíduos	Quantidade gerada (kg)	Emissão CO ₂ (t)	Emissão N ₂ O (t)	CO ₂ e (t)
Perigosos	3.421	5,61	0,34	107,56
RSS	196	0,17	0,01	3,67
Total		5,78	0,35	111,23

Fonte: Elaborado pelo autor

Nenhum dos trabalhos avaliados realizou o levantamento das emissões oriundas da incineração de RSS e resíduos perigosos.

4.1.5 Efluentes

A geração e tratamento dos 173.594 m³ de efluentes foi responsável pela emissão de 1,71 tCH₄ e 0,04 tN₂O no ano de 2015, sendo convertidos em 55,8 tCO₂e, 9,4% do total de emissões do Escopo 1 e responsável por 2,06% do total de emissões da universidade (Quadro 32).

Quadro 32 - Tratamento de efluente sanitário pela Unisinos.

Quantidade de efluente gerado (m ³)	173.594
Tratamento aplicado ao efluente	Reator anaeróbio
Componente orgânico degradável do efluente – DQO (kgDQO/m ³)	0,05
Quantidade de Nitrogênio no efluente gerado (kgN/m ³)	0,03
Fator de emissão de N ₂ O pela descarga de efluente (kgN ₂ O-N/kgN)	0,005
Emissões de CH ₄ por tratamento de efluentes [tCH ₄ /ano]	1,71
Emissões de N ₂ O por tratamento de efluentes [tN ₂ O/ano]	0,04
Emissões em CO ₂ e por tratamento de efluentes [tCO ₂ e/ano]	55,80
Emissões em CO ₂ biogênico por tratamento de efluentes [tCO ₂ /ano]	-

Fonte: SGA e WRI (2013).

Ao longo da revisão bibliográfica, verificou-se que oito IGEE abordaram as emissões provenientes do tratamento de efluentes, com valores variando entre 0,57% e 84,06%, a média geral nos inventários analisados foi de 5,25%. Entre as universidades analisadas, 2 relataram as emissões do tratamento de efluentes, sendo a média de 3,12%, valores muito próximos ao encontrados no presente inventário.

Brianezi et al (2014) quantificaram os valores de GEE emitidos pelo tratamento de efluentes na UFV, no qual foram emitidos 750,65 tCO₂e, sendo responsável por 12,44% das emissões totais do IGEE, números semelhantes foram encontrados na disposição de resíduos sólidos. Yabushita (2013) levantou as emissões do tratamento do esgoto doméstico da Universidade Federal do Paraná, as quais somaram 0,2 tCO₂e, ao longo do trabalho não foram divulgadas as quantidades de efluente gerado e tratado.

Destaca-se nesse processo e emissão de GEE o inventário da Companhia de Saneamento do Estado do Paraná, que no ano de 2015 emitiu 716.945 tCO₂e no tratamento de esgoto doméstico, representando 84,06% do total das emissões do seu inventário. Por ser uma

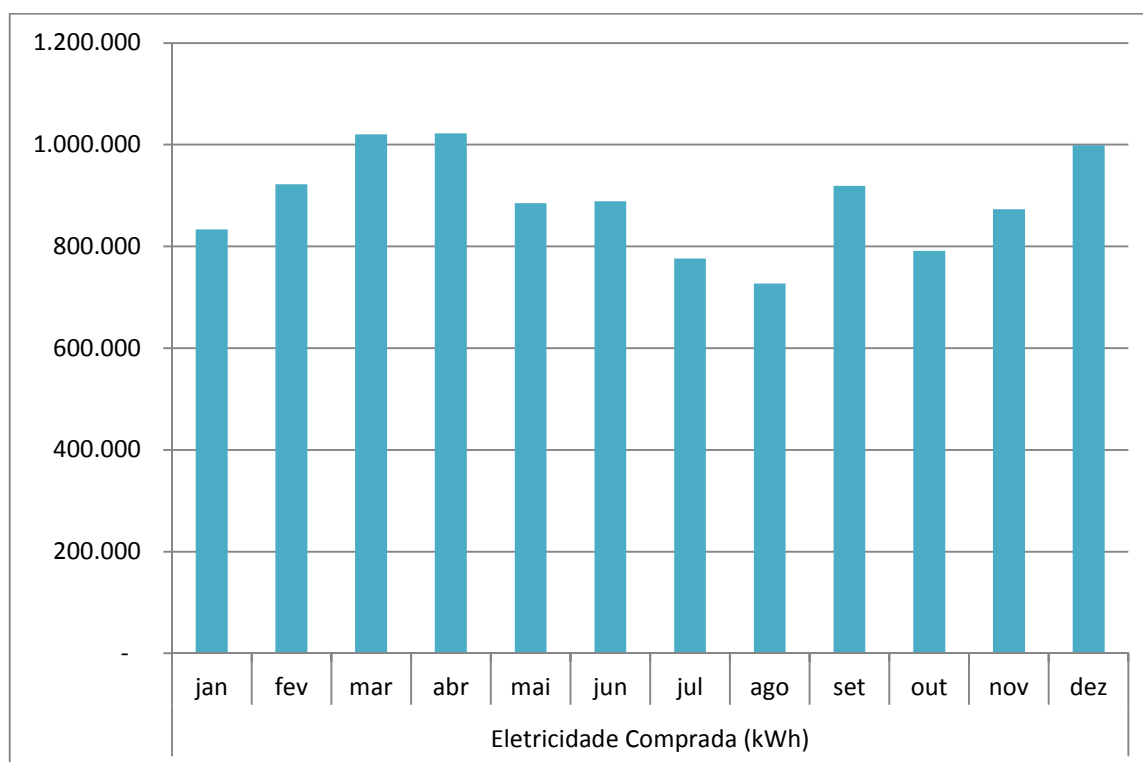
concessionária de saneamento e sua atividade principal ser tratamento de água e efluentes, os valores são muito acima dos demais inventários comparados.

4.2 ESCOPO 2

4.2.1 Compra de Energia Elétrica

O consumo mensal de energia da Unisinos é apresentado na Figura 19.

Figura 19 - Compra de Energia Elétrica do Sistema Interligado Nacional em 2015.



Fonte: Elaborado pelo autor.

As emissões do Escopo 2 são apresentadas no Quadro 33, apresentando dados de emissão direta na categoria Compra de Energia Elétrica. As emissões do Escopo 2 totalizaram 1.328,99 tCO₂, representando 49,19% das emissões inventariadas.

Quadro 33 - Emissões mensais de CO₂ por compra de energia elétrica.

Emissões mensais de CO ₂ (t)												Emissões de CO ₂ (t)
jan	fev	mar	Abr	mai	Jun	jul	ago	set	out	nov	Dez	
106,28	121,83	139,66	133,01	111,37	124,95	94,79	86,04	111,83	93,41	98,4	107,39	1.328,99

Fonte: SGA

Destaca-se a compra de energia elétrica como a categoria que mais emite GEE nos inventários analisados, sendo responsável por 21,91% das emissões verificadas nos IGEE relacionados. Percentual muito próximo foi encontrado por Santos et al (2010), que na Universidade Federal do Tocantis encontrou valores de 24,07% para as emissões de energia. Brianezi et al (2014) verificaram representatividade de 20,09% das emissões de energia elétrica, frente ao total emitido pela Universidade Federal de Viçosa.

Agnesini (2012) estabeleceu números próximos ao analisar as emissões da Escola de Engenharia de Lorena, seu inventário constatou que 18,77% das emissões em 2011 foram provenientes do consumo de energia elétrica. Na Universidade Federal do Paraná, Yabushita (2013) obteve um índice de 3,99% no total das emissões oriundas da compra de energia elétrica.

Mais importante que analisar o percentual, é analisar o consumo ao longo dos anos, pois o fator de emissão de CO₂ do Sistema Nacional Interligado varia de ano a ano. Consumos semelhantes podem representar valores distorcidos, se comparados em anos diferentes. (MCT, 2016)

Segundo ABIMAQ (2016), as emissões de GEE provenientes de consumo de energia elétrica, geralmente representam valores próximos a 50% das emissões nos inventários realizados, devido ao fator de emissão do Sistema Interligado Nacional (SIN) de energia elétrica brasileiro ter um aumento em 506% do ano de 2009 para 2015, devido ao baixo volume hídrico das hidroelétricas e maior utilização de termoeletricas, conforme Tabela 14. Portanto, por mais que haja uma ação interna de redução de consumo de energia elétrica deve-se comparar não só as emissões de GEE de cada ano, mas o consumo em si (MCT, 2016).

4.3 ESCOPO 3

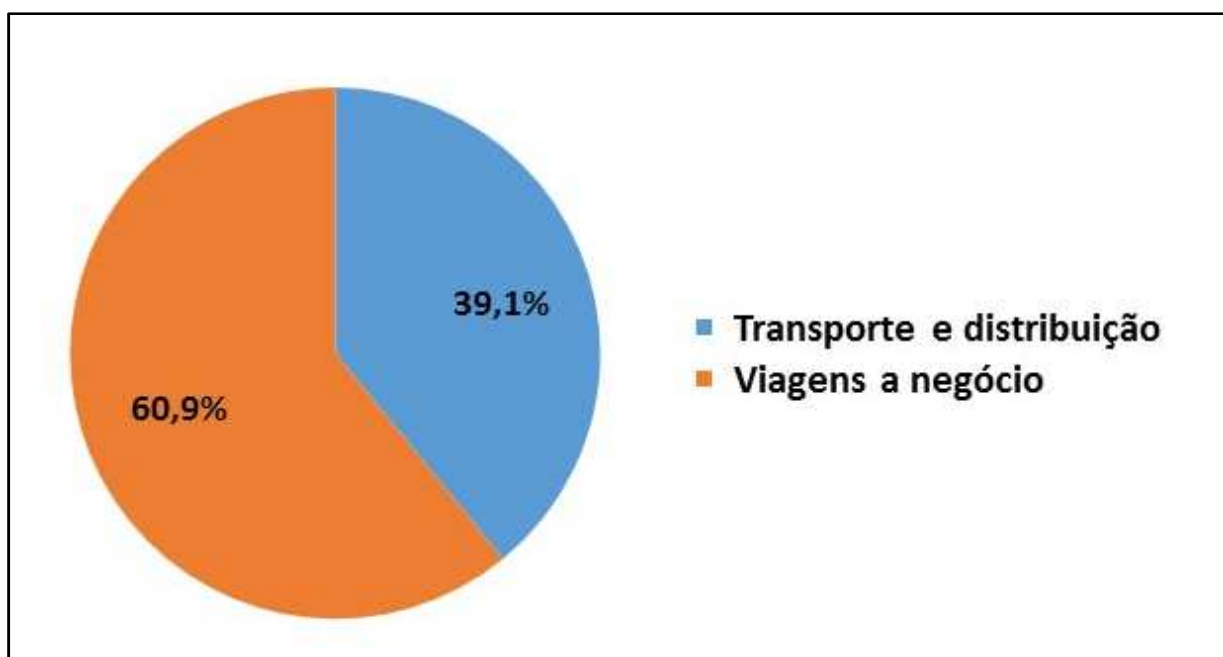
As emissões do Escopo 3 são apresentadas no Quadro 34, apresentando dados de emissão direta nas categorias Transporte e distribuição (*upstream*) e Emissões por Viagens a Negócio.

Quadro 34 - Emissões do Escopo 3

Gases	Categoria 1 Transporte e Distribuição (<i>upstream</i>)	Categoria 2 Viagens a negócio	Total de Emissões Escopo 3 (t)	GWP	tCO ₂ e
CO ₂ (t)	301,68	470,02	771,7	1	771,71
CH ₄ (t)	0,018	0,001	0,019	25	0,45
N ₂ O (t)	0,009	0,016	0,025	298	7,2
CO ₂ e (t)	304,67	474,68	779,36	-	-
CO ₂ biogênico	21,21	-	21,21	-	-

Fonte: Elaborado pelo autor.

As emissões do Escopo 3 totalizaram 779,36 tCO₂e, sendo a categoria de Viagens a Negócio responsável por 60,9% das emissões totais e transporte e distribuição (*upstream*) com representatividade de 39,1%, conforme apresentado na Figura 20.

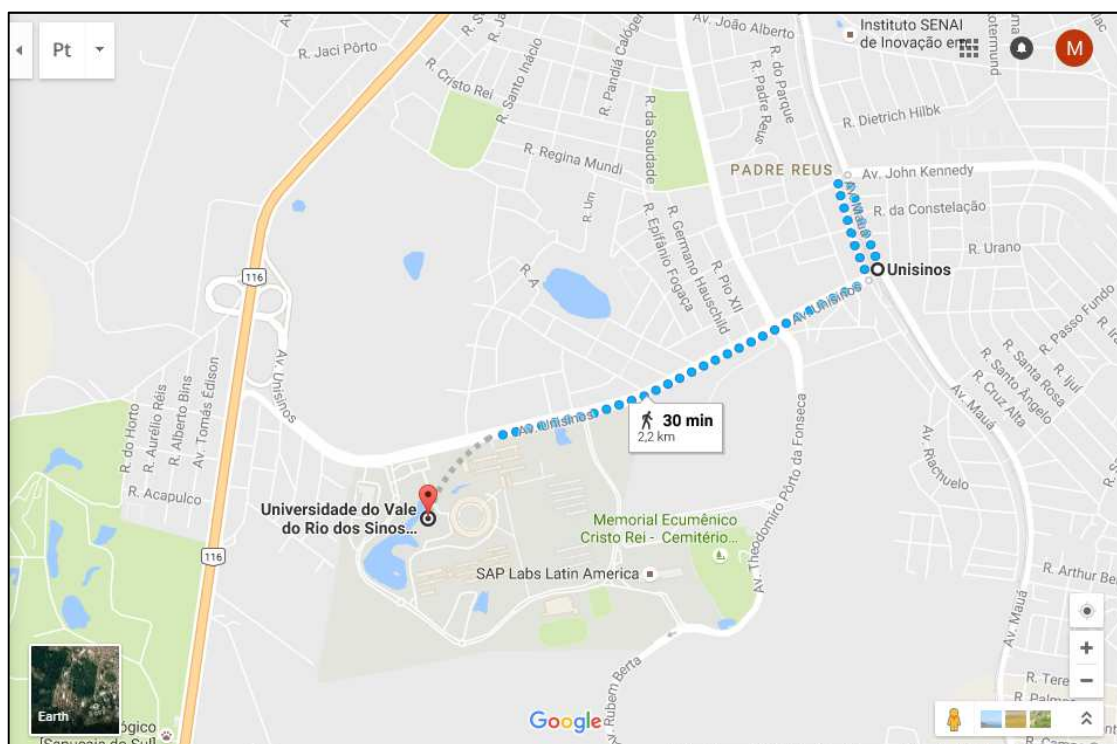
Figura 20 - Emissões percentuais de GEE do Escopo 3.

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3.1 Transporte e Distribuição (upstream)

As emissões provenientes de combustão móvel por transporte terrestre totalizaram 304,68 tCO₂e e representam 39,1% e 11,28% do total das emissões do Escopo 3 e do IGEE, respectivamente.

No total, a universidade apresenta a locação de 10 ônibus urbanos a diesel para realizar o transporte circular dos alunos entre o câmpus de São Leopoldo e a estação Unisinos da Trensurb, distantes cerca de 2,2 km, de acordo com a Figura 21 (GOOGLE MAPS, 2016).

Figura 21 - Trajeto do ônibus circular.

Fonte: GOOGLE MAPS, 2016.

O consumo de combustível nos veículos utilizados pela Unisinos em sua linha circular é apresentado no Quadro 35.

Quadro 35 - Consumo mensal de combustível por veículos locados.

Descrição da fonte	Tipo da frota de veículos	Ano da frota	Consumo mensal de combustível												Consumo anual
			jan	fev	Mar	Abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
			Circular 1	Ônibus urbano a diesel	2005	513	513	789	789	789	789	789	789	789	
Circular 2	Ônibus urbano a diesel	2007	683	683	1.051	1.051	1.051	1.051	1.051	1.051	1.051	1.051	1.051	1.051	11.876
Circular 3	Ônibus urbano a diesel	2007	786	786	1.210	1.210	1.210	1.210	1.210	1.210	1.210	1.210	1.210	1.210	13.672
Circular 4	Ônibus urbano a diesel	2010	682	682	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	11.864
Circular 5	Ônibus urbano a diesel	2005	541	541	833	833	833	833	833	833	833	833	833	833	9.412
Circular 6	Ônibus urbano a diesel	2007	937	937	1.442	1.442	1.442	1.442	1.442	1.442	1.442	1.442	1.442	1.442	16.294
Circular 7	Ônibus urbano a diesel	2010	1.122	1.122	1.727	1.727	1.727	1.727	1.727	1.727	1.727	1.727	1.727	1.727	19.514
Circular 8	Ônibus urbano a diesel	2010	882	882	1.357	1.357	1.357	1.357	1.357	1.357	1.357	1.357	1.357	1.357	15.334
Circular 9	Ônibus urbano a diesel	2011	435	435	669	669	669	669	669	669	669	669	669	669	7.560
Circular 10	Ônibus urbano a diesel	2005	585	585	901	901	901	901	901	901	901	901	901	901	10.180

Fonte: SGA

As emissões do Escopo 3 são contabilizadas por poucas instituições, pois nem sempre as instituições dispõem desses dados. No total 8 organizações relataram as emissões provenientes de transportes locados, sendo que a média dessa categoria foi de 8,03% entre os IGEE. Nenhuma universidade das verificadas listou as emissões provenientes de transporte e distribuição.

Números próximos aos da Unisinos foram encontrados no IGEE do Planetário do Rio de Janeiro (2016), que em 2015 emitiu um total de 213,11 tCO₂e, que representou 37,55% das emissões do IGEE realizado, ante as 304,84tCO₂ do presente trabalho. Essa quantificação foi baseada na distância que os colaboradores percorriam no trajeto casa-trabalho, e nas viagens escolares de visita ao planetário ao longo dos 12 meses.

Em levantamento realizado na Associação Brasileira de Indústria de Máquinas e Equipamentos, no ano de 2011, as emissões advindas da contratação de serviços de transporte representaram 13,82%, oriundas da utilização de táxi por colaboradores da empresa, sendo consumido um total de 6.057,60 litros de gasolina nesses deslocamentos. O valor percentual se aproxima aos da Unisinos, que representou 11,26% nesta categoria.

4.3.2 Emissões por viagens a negócio

As viagens em aeronaves variaram ao longo do ano, sendo a maior concentração entre os meses de março e setembro, no período de férias discentes (janeiro, fevereiro e dezembro) houve uma redução no número de deslocamentos (Quadro 36).

Quadro 36 - Viagens aéreas no ano de 2015.

Viagens aéreas												
jan	Fev	mar	abr	mai	Jun	jul	ago	set	out	nov	dez	total
52	81	127	133	114	115	140	162	159	88	97	59	1327

Fonte: SGA.

Ao longo do ano de 2015, foram realizadas 1.327 viagens a negócio na universidade (137 internacionais e 1.158 nacionais), num total de 2.821 trechos e 4.838.590 km voados, divididos em trechos de curta distância (<500 km), média distância (500 – 3700 km) e longa distância (>3700 km), de acordo com o Quadro 37.

Quadro 37 - Soma das distâncias voadas por classificação.

Distância	Distância total por classificação
Curta-distância ($d < 500$ km)	106.354
Média-distância ($500 \leq d < 3.700$ km)	2.519.548
Longa-distância ($d \geq 3.700$ km)	2.212.688

Fonte: Elaborado pelo autor.

As emissões provenientes de viagens aéreas somaram 474,69 tCO₂e no ano inventariado, correspondendo a 60,9% das emissões do Escopo 3 e 17,57% do total de emissões do inventário (Quadro 38).

Quadro 38 - Emissões totais de GEE por viagens aéreas.

Distância total (km)	4.838.590
Emissões de CO ₂ (t)	470,023
Emissões de CH ₄ (t)	0,00114
Emissões de N ₂ O (t)	0,01555
Emissões CO₂e (t)	474,69

Fonte: Elaborado pelo autor.

Dos 21 IGEE analisados, 8 continham a informação sobre emissões de viagens a negócio, no modo aéreo. Os valores variaram de 0,1% (CEMIG, 2014) a 55,98% (MDCI, 2010), a média geral das emissões dessa categoria foi de 5,37%. Nenhuma universidade relatou as emissões provenientes desta fonte.

Números próximos aos da Unisinos são relatados pela Sulamérica (2013), no qual a companhia de seguros emitiu 1.451,88 tCO₂e e esta categoria representou 8,91% do total de GEE. Em nenhum inventário analisado são apresentados os números de viagens e/ou distâncias percorridas com os deslocamentos aéreos.

Com o auxílio da ferramenta GHG Protocol, padronizou-se uma distância de 1.000 km para estimar as emissões emitidas ao percorrer a mesma distância entre uma viagem aérea de avião e uma viagem rodoviária de ônibus.

A metodologia utilizada para viagens a negócio, exhibe as emissões de CO₂e por pessoa e por trecho percorrido, sendo que para este cálculo adotou-se as emissões relativas ao deslocamento de 1 passageiro (Quadro 39).

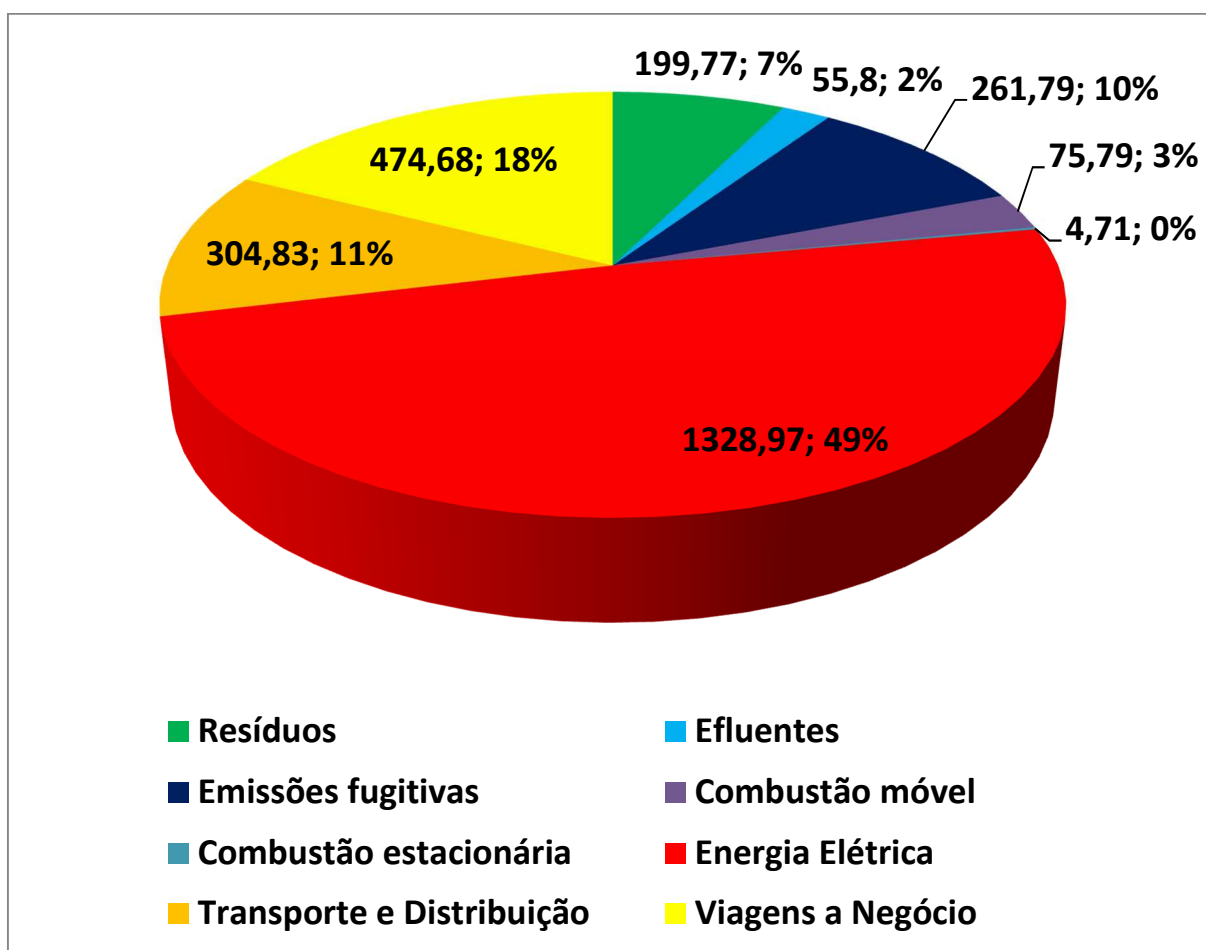
Quadro 39 - Emissões de GEE por transporte de ônibus e avião.

Transporte	Distância total (km)	Emissões de CO ₂ (t)	Emissões de CH ₄ (t)	Emissões de N ₂ O (t)	Emissões CO _{2e} (t)
Avião	1.000	0,09	0	0	0,09
Ônibus	1.000	0,028	0	0	0,028

Fonte: Elaborado pelo autor.

O transporte de passageiros, em viagens a negócio, emite 68,9% menos CO_{2e} quando realizado através de transporte terrestre por ônibus, se comparado ao mesmo trecho percorrido através de viagem aérea de avião.

Dentre todas as fontes de emissão de GEE, a mais representativa foi o consumo de energia elétrica, representando 49% de todas o lançamento de CO_{2e} na atmosfera, de acordo com a Figura 22.

Figura 22 - Emissões de tCO_{2e} por categoria.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Viagens a negócio, transporte e distribuição, emissões fugitivas e tratamento de resíduos emitiram 18%, 11%, 10% e 7%, respectivamente, do total de GEE expelidos na

atmosfera pela universidade. Essas quatro categorias juntas somam 46% de todo o CO₂e da Unisinos, sendo as mais representativas e com maior potencial de redução, juntamente com o consumo de energia elétrica.

4.4 COMPENSAÇÃO DE GEE PELO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS

No ano de 2015, foi gerado na Unisinos um total de 370,24 ton de resíduos domésticos, os resíduos foram triados e reciclados com uma eficiência de 18,06% (66,85 t). Estes resíduos ao passarem por processo de reciclagem não são encaminhados para aterro sanitário e, conseqüentemente, não emitem GEE na sua decomposição.

Os resíduos reciclados pela universidade no ano de 2015 são apresentados no Quadro 40.

Quadro 40 - Resíduos reciclados na Unisinos em 2015.

Material (kg)	Jan	Fev	Mar	Abril	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	2015
Lata de Alumínio	118	94	119	188	275	354	284	372	413	417	102	86	2.822
Lata de Ferro	134	100	112	201	77	96	120	420	451	437	123	89	2.360
Cavacos de Metal	90	100	125	175	200	250	300	200	200	0	130	90	1.860
Tetrapak	146	126	137	322	277	281	242	312	391	368	142	98	2.842
Plástico Duro Branco	137	111	157	251	161	158	165	255	286	282	194	113	2.270
Plástico Mole	229	203	219	562	1.335	1.175	863	886	924	794	244	202	7.636
Plástico Duro Colorido	245	214	244	209	191	212	196	307	371	342	250	209	2.990
Plástico PP (copos água mineral)	155	132	189	199	269	241	208	279	324	317	112	106	2.531
Plástico PET (garrafas refrigerante)	203	165	172	297	737	604	420	443	423	386	169	116	4.135
Plástico PS (copinhos água e café)	157	142	103	364	268	256	215	248	279	245	167	99	2.543
Papelão	359	328	338	518	366	361	267	393	372	342	530	286	4.460
Papel toalha	498	472	619	706	502	378	315	731	683	661	644	354	6.563
Papel Branco	577	526	656	408	515	429	352	419	358	345	479	314	5.378
Papel Jornal	314	266	451	157	72	95	78	191	223	169	186	161	2.363
Papel Misto	401	363	359	430	3.410	3.347	1.592	1.822	1924	1828	343	207	16.026
Vidro de Conserva	2,8	2,8	3,15	2,45	4,9	2,1	2,8	4,2	2,45	3,15	2,8	3,5	37
Vidro de Nescafé	3,6	3,6	4	1,6	2,8	4,4	3,2	4,4	4	4	0	0	36
TOTAL RECICLÁVEIS	3.769	3.348	4.007	4.991	8.663	8.244	5.623	7.287	7.628	6.940	3.818	2.534	66.852

Fonte: SGA

O percentual de resíduos reciclados e que deixou de ser enviado para aterro sanitário e, conseqüentemente, deixou de emitir GEE é apresentado no Quadro 41.

Quadro 41 - Composição dos resíduos reciclados.

Resíduo	Quantidade reciclada (kg)	Percentual	Classificação IPCC	
Papel	34.790	52,04%	Papel	52,04%
Metal	7.042	10,53%	Outros Inertes	47,96%
Tetrapack	2.842	4,25%		
Plástico	22.105	33,07%		
Vidro	73	0,12%		
Total	66.852	100%	-	100%

Fonte: Elaborado pelo autor.

A categoria papel/papelão corresponde a 52,04% dos resíduos reciclados e as demais categorias totalizaram 47,96% de outras matérias inertes. O total de emissões de GEE que deixaram de ocorrer pela reciclagem dos materiais foi de 9,7 tCO₂e, o que consegue mitigar 0,36% do total de emissões da universidade e 4,85% das emissões provenientes com a disposição dos resíduos em aterro (Quadro 42).

Quadro 42 - Emissões evitadas com a reciclagem de resíduos.

Ano		2015
Emissões evitadas de CH ₄	[tCH ₄ /ano]	0,388
Emissões evitadas em CO ₂ e	[tCO ₂ e/ano]	9,701
Emissões evitadas em CO ₂ - biogênico	[tCO ₂ /ano]	-
Emissões evitadas em CO ₂ e no ano inventariado	[tCO ₂ /ano]	9,701

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.5 COMPENSAÇÃO POR ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

A cobertura de APP na universidade tem a capacidade de sequestrar 255 toneladas de CO₂ da atmosfera anualmente (Quadro 43).

Quadro 43 - Sequestro de carbono pela cobertura vegetal.

Área de APP (ha)	Absorção de CO ₂ (tCO ₂ /ha.ano)	Sequestro de carbono (tCO ₂ /ano)
20,4	12,5	255

Fonte: Elaborado pelo autor.

Por ser uma vegetação já formada, o estoque de carbono da vegetação tende a se acumular mais lentamente, diferente de área de replantio, que estocam grandes quantidades de carbono no seu desenvolvimento inicial, ao longo dos 20 primeiros anos. (RODRÍGUES, 2015; SOS MATA ATLÂNTICA, 2016).

4.6 BALANÇO DE EMISSÕES DE GEE

A Unisinos no ano de 2015 emitiu 2.706 tCO₂e, conforme o Quadro 44.

Quadro 44 - Dados de emissão de GEE consolidados por escopo.

Emissões em toneladas de CO ₂ equivalente (tCO ₂ e)						
Escopo 1		Escopo 2		Escopo 3		IGEE
Combustão Estacionária	4,71	Energia elétrica	1328,97	Transporte e Distribuição	304,84	
Combustão Móvel	75,79			Viagens a Negócio	474,68	
Emissões Fugitivas	261,79					
Resíduos Sólidos	199,87					
Efluentes	55,79					
Total	597,95		1328,97		779,52	2706,44

Fonte: Elaborado pelo autor.

A cobertura vegetal da universidade, pela sua área de preservação permanente, sequestrou um total de 255 toneladas de CO₂ da atmosfera, de acordo com o item 4.6.

O balanço das emissões de GEE pelas atividades da Unisinos e a compensação pelas emissões evitadas pela área vegetada da universidade é apresentada no Quadro 45.

Quadro 45 - Balanço das emissões de GEE pela Unisinos.

Fonte	tCO₂e
Emissões de GEE	2706,44
Sequestro de carbono pela APP	255
Emissões líquidas	2.451,44

Fonte: Elaborado pelo autor.

As emissões líquidas da Unisinos totalizaram 2.451,44 tCO₂e, sendo que o sequestro de carbono pela cobertura vegetal compensou em 9,42% o total das emissões de GEE no ano inventariado.

4.7 AÇÕES PARA A UNIVERSIDADE

Tomando por base o resultado do Inventário de Gases de Efeito Estufa da Unisinos, o qual resultou em 2.706 toneladas de CO₂e emitidos para a atmosfera em 2015, é de suma importância ações para mitigar os impactos da universidade frente às mudanças climáticas.

De acordo com o IPCC (2014), reduzir as emissões até um nível que limite o aquecimento em 2°C, até 2100, custaria ao planeta 0,06% de seu crescimento econômico anual, em um cenário no qual a economia mundial cresce entre 1,3% a 3% ao ano. Para isso, governos, sociedade e empresas precisam se engajar no seu papel de agentes ambientais e propor a mudança.

Abaixo são sugeridas as ações para a Universidade do Rio dos Sinos quanto a possíveis alternativas para minimizar as suas emissões de CO₂:

- Continuar a realizar o IGEE nos anos posteriores e submeter ao Programa GHG Protocol – a realização do inventário de gases de efeito estufa permite adquirir conhecimento sobre métodos de cálculo, publicação e divulgação de emissões. Vantagem competitiva por ter um negócio sustentável. Registro histórico de dados que poderão ser consideradas sob legislação ou regulamentos programáticos adotados no futuro.
- Estabelecer uma meta de redução da emissão de GEE – tão importante quanto monitorar a emissão dos GEE é haver uma meta da redução das emissões e/ou aumento da compensação de CO₂.

- Optar pelo abastecimento da frota própria com etanol nos veículos flex – as emissões provenientes da combustão do etanol são neutralizadas durante o ciclo de vida da cana-de-açúcar e não contribuem para as mudanças climáticas.
- Replântio de áreas verdes com espécies nativas – Uma das formas mais rápidas de compensar o carbono emitido é com o replântio de áreas verdes.
- Maior eficiência na reciclagem dos resíduos – uma maior eficiência na reciclagem dos resíduos evita que material seja depositado em aterros sanitários e emitam GEE
- Redução do consumo de energia – o consumo de energia representa 49% das emissões de GEE da Unisinos, trabalhar a eficiência energética continuamente para diminuir as emissões dessa categoria.
- Manutenção e recarga de aparelhos de ar-condicionado no inverno – devido à maior pressão interna pelo calor, no verão aumenta o risco de emissões fugitivas e vazamento nos aparelhos de refrigeração.
- Adotar videoconferência nas bancas envolvendo professores externos – evita viagens aéreas pela organização, uma das categorias que mais emite GEE na Unisinos.

5 CONCLUSÕES

A partir da coleta de dados e informações levantadas no presente trabalho, concluiu-se que:

As emissões da Unisinos no seu inventário de gases de efeito estufa, para o ano de 2015, totalizaram 2.706,44 tCO₂e em todas as categorias identificadas. O escopo mais representativo foi o escopo 2, com a emissão de 1.328,97 tCO₂e, o que corresponde a 49,1% das emissões.

As categorias que mais emitiram GEE foram emissões fugitivas (9,67%), transporte e distribuição (11,26%), viagens a negócio (17,54%) e compra de energia elétrica (49,1%), sendo que estas 4 categorias juntas correspondem a 87,57% do total de emissões de GEE e são as categorias mais críticas a serem trabalhadas para a redução das emissões de CO₂.

O gerenciamento de resíduos realizado pela Unisinos apresenta uma eficiência de 18,06% na reciclagem dos resíduos gerados no campus e corresponde a 66,85 t de resíduos que deixaram de ser encaminhados para disposição final em aterro sanitário. Tal quantidade de resíduos reciclados deixou de emitir uma quantidade satisfatória de 9,7 tCO₂e na atmosfera, devido à baixa fração de carbono degradável dos resíduos reciclados.

As áreas de preservação permanente da Unisinos, que totalizam 20,4 hectares, são capazes de sequestrar 255 toneladas de CO₂ da atmosfera anualmente. Tais valores seriam maiores caso fosse uma vegetação em regeneração ou replantio, pois vegetações mais antigas acumulam menos carbono, devido ao menor incremento crescimento anual.

O balanço das emissões de GEE da Unisinos demonstrou que o sequestro de carbono por parte da cobertura vegetal do câmpus compensou 9,42% do total de emissões do IGEE, sendo responsável pelo abatimento de 255 tCO₂e no inventariado, valores suficientes para compensar a categoria de emissões fugitivas, que tiveram uma emissão total de 261,79 tCO₂e.

É de grande importância para a universidade continuar utilizando a ferramenta GHG Protocol nos próximos anos e continuar realizando anualmente o IGEE para manter um histórico de dados e verificar a evolução das emissões.

A universidade deve realizar ações e estipular metas de redução dos GEE nos próximos anos, priorizando as categorias de emissões fugitivas, transporte e distribuição,

viagens a negócio e compra de energia elétrica, pois são as categorias mais críticas e com maior representatividade no inventário realizado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2013**. 114 p. 2014..

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2014**. 120 p. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS. **Inventário corporativo de emissões de gases de efeito estufa (gee) da abimaq - associação brasileira da indústria de máquinas e equipamentos**. São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.conselhos.org.br/arquivos/download/upload/99.pdf>>. Acesso em: 08 nov. 2016.

Agência Europeia do Ambiente - AEA. **Melhorar a gestão dos resíduos urbanos para reduzir as emissões de gases com efeito de estufa**. Copenhagem, 2008. Disponível em: <http://www.eea.europa.eu/pt/publications/briefing_2008_1>. Acesso em: 19 nov. 2015.

AGUIAR, L. V.; FORTES, J. D. N.; MARTINS, E. Neutralização compensatória de carbono - estudo de caso: indústria do setor metal mecânico, Rio de Janeiro (RJ). **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 1, p. 197-205, Mar. 2016. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141341522016000100197&lng=en&nrm=iso>. access on 05 Dec. 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-4152201600100116414>.

ALVES, José Eustáquio Diniz. Sustentabilidade, Aquecimento Global e o Decrescimento Demo-Econômico/Sustainability, Global Warming and the Demo-Economic Degrowth. **Revista Espinhaço (UFVJM)**, v. 3, n. 1, p. 4-16, 2014.

ALVIM, Carlos F.; EIDELMAN, Frida; MAFRA, Olga; FERREIRA, Omar C.(2008) Avaliação das Emissões Evitadas pela Política Energética Brasileira no Setor Transporte Rodoviário. **Revista Economia e Energia**, Nº 70, outubro-novembro 2008, ano XII, p.32-33

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP, disponível em <http://www.anp.gov.br>. Acesso em 14 nov. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. (Org.). RDC 306 - Dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. 2004. Disponível em: <<http://www20.anvisa.gov.br/segurancadopaciente/index.php/legislacao/item/rdc-306-de-7-de-dezembro-de-2004>>. Acesso em: 11 nov. 2016.

ANTÔNIO, J. Água e mudanças climáticas. **Estudos avançados**, v. 22, n. 63, p. 83, 2008.

ANTHOFF, D. et al. Global and regional exposure to large rises in sea-level: a sensitivity analysis. **Tyndall centre for climate change research-Working Paper**, v. 96, 2006.

ANTUNES, Reynaldo Galvão; QUALHARINI, Eduardo L. A norma brasileira de mudanças climáticas—ABNT NBR ISO 14064. In: **IV Congresso Nacional de Excelência em Gestão**. 2008.

BM&FBOVESPA. **Inventário Corporativo de Emissões Diretas e Indiretas de Gases de Efeito Estufa**: Ano 2010. São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.bmfbovespa.com.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileI>>. Acesso em: 08 nov. 2016.

BORBA, S. M. P. **Análise de Modelos de Geração de Gases em Aterros Sanitários: Estudo de Caso [Rio de Janeiro]** 2006 XV, 134 p. Dissertação – Universidade Federal do Rio de Janeiro.

BRASIL. **Lei Federal nº 12189, de 29 de dezembro de 2009**. Lei Nº 12.187, de 29 de Dezembro de 2009.: Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências.

BRASIL. Lei n. 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. Brasília, DF, Brasil. 2009. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/112187.htm. Acesso em: 02 ago. 2015.

BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010)**. Brasília: Diário Oficial da União, 2010a. Disponível em <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em 05.08.15.

BRASIL. **Decreto nº 7.390/2010 (Lei nº 12.305/2010)**. Brasília: Diário Oficial da União, 2010b. Disponível em < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7390.htm>. Acesso em 25.10.15.

BRIANEZI, D.; JACOVINI, L. A.; SOARES, C. P. B.; GONÇALVES, W.; ROCHA, S. J. S.S. Balanço de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa no Campus da Universidade Federal de Viçosa. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 2, p. 182-191, 2014.

BURNS, B. et al. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) Decisions and conclusions: existing mandates and entry points for gender equality. Gender & Climate Change Technical Guide for COP20. UNFCCC, Lima, Peru, 2014.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Inventário de emissões de gases de efeito estufa**: Ano inventariado: 2015. Brasília, 2015. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/downloads/sustentabilidade-inventarios-gee/ghg_protocol_inventario_gases_de_efeito_estufa_caixa_2015.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2016.

CAMPOS, Heliana Kátia Tavares. Renda e evolução da geração per capita de resíduos sólidos no Brasil. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro , v. 17, n. 2, p. 171-180, June 2012 .

CANADELL, Josep G. et al. Contributions to accelerating atmospheric CO₂ growth from economic activity, carbon intensity, and efficiency of natural sinks. **Proceedings of the national academy of sciences**, v. 104, n. 47, p. 18866-18870, 2007.

CASAGRANDE, Alessandro; JUNIOR, Pedro SILVA; MENDONÇA, Francisco. Mudanças climáticas e aquecimento global: controvérsias, incertezas e a divulgação científica. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 8, 2011.

CEMIG (Minas Gerais). Companhia Energética de Minas Gerais (Org.). **Inventário de Gases de Efeito Estufa Ano 2013**. Belo Horizonte: Cemig, 2014. 24 p. Disponível em: <https://www.cemig.com.br/pt-br/A_Cemig_e_o_Futuro/sustentabilidade/nossos_programas/mudancas_climaticas/Documents/Cemig_2013_inventario.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2016.

CENTRO CLIMA. **Balanco de Emissões de Gases de Efeito Estufa de Biodiesel Produzido a Partir de Soja e Dendê no Brasil**. Disponível em: <<http://www.centroclima.coppe.ufrj.br/>>. Acesso em: 10 dez. 2016.

CHURCH, John A.; WHITE, Neil J. Sea-level rise from the late 19th to the early 21st century. **Surveys in Geophysics**, v. 32, n. 4-5, p. 585-602, 2011.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Inventário de emissões antrópicas de gases de efeito estufa diretos e indiretos do Estado de São Paulo**. São Paulo, 2011. Disponível em: http://inventariogeesp.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/30/2014/01/Primeiro_Inventario_GEE_WEB_Segunda-Edicao-v1.pdf. Acesso em: 08 nov. 2016.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ – SANEPAR. **Inventário de gases de efeito estufa Sanepar**. Curitiba, 2016. Disponível em: <http://site.sanepar.com.br/sites/site.sanepar.com.br/files/sustentabilidade_2012/re001_apda_-_inventario_gee_2015.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2016.

COWIE, Annette; ECKARD, Richard; EADY, Sandra. Greenhouse gas accounting for inventory, emissions trading and life cycle assessment in the land-based sector: a review. **Crop and Pasture Science**, v. 63, n. 3, p. 284-296, 2012.

CRVR - Companhia Riograndense de Valorização de Resíduos. Disponível em: <<http://crvr.com.br/>>. Acesso em: 10 nov. 2016.

CULLATHER, R. I., Y.-K. LIM, L. N. BOISVERT, L. BRUCKER, J. N. LEE, and S. M. J. NOWICKI. 2016. **Analysis of the warmest Arctic winter, 2015-2016**. *Geophysical Research Letters*, 43, doi:10.1002/2016GL071228.

DA MOTTA, R. S. A política nacional sobre mudança do clima: aspectos regulatórios e de governança. **MUDANÇA DO CLIMA NO BRASIL**, p. 31.

DA SILVA, Darly Henriques. Protocolos de Montreal e Kyoto: pontos em comum e diferenças fundamentais. **Revista Brasileira de Política Internacional**, v. 52, n. 2, p. 155-172, 2009.

DÁVILA, J. **Estudio prospectivo de la captura de carbono (CO₂) con la instalacion de 200 has de bosques de eucalipto, en la provincia Daniel Carrion, region de pasco 2010-2020**. 2010. Tesis para optar el grado academico de magister en gestion y negocios. Universidad Nacional Hermilio Valdizan, Huánuco, Peru, 2010. 36 p.

DUTTON, A. et al. Sea-level rise due to polar ice-sheet mass loss during past warm periods. **Science**, v. 349, n. 6244, p. aaa4019, 2015.

ELETROBRAS. **Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa: ano base 2013 | junho 2014**. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://www.eletrbrasalagoas.com/arquivos/inventario%20feito%20estufa-2013.pdf>>. Acesso em: 08 nov. 2016.

EVEN CONSTRUTORA. **Relatório de emissões de gases de efeito estufa: ano-base 2014**. São Paulo, 2015. Disponível em: <http://www.even.com.br/sustentavel/wp-content/uploads/2015/09/Even_RELATORIO-EMISSOES-2015.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2016.

FÁBIO AMATO (Brasília). G1. **Mistura de etanol na gasolina sobe para 27% a partir de 16 de março**. 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/noticia/2015/03/mistura-de-etanol-na-gasolina-sobe-para-27-partir-de-16-de-marco.html>>. Acesso em: 04 mar. 2015.

FERNANDES, J. G. **Estudo da emissão de biogás em um aterro sanitário experimental** [manuscrito] / Juliana Gonçalves Fernandes. – 2009. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.

FIBRIA. **Inventário de gases de efeito estufa e estimativa de estoque de carbono: inventário de GEEs 2013, base 2012**. São Paulo, 2013. Disponível em: <http://www.fibria.com.br/shared/midia/publicacoes/inventario_de_carbono_2013.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2016.

FILHO, Luiz Fernandes de Brito **Estudo de Gases em Aterros de Resíduos Sólidos Urbanos** [Rio de Janeiro]2005 XV, 222 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, M.Sc., Engenharia Civil, 2005) Dissertação – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE

GÓES, Helivia Costa. Coleta seletiva, planejamento municipal e a gestão de resíduos sólidos urbanos em Macapá/AP. **Planeta Amazônia: Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas**, n. 3, p. 45-60, 2012.

GOUVEIA, Nelson; PRADO, Rogério Ruscitto do. Análise espacial dos riscos à saúde associados à incineração de resíduos sólidos: avaliação preliminar. **Rev. bras. epidemiol.**, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 3-10, Mar. 2010.

GUIMARÃES, Roberto; FONTOURA, Yuna. Desenvolvimento sustentável na Rio+ 20: discursos, avanços, retrocessos e novas perspectivas. **Cad. EBAPE. BR**, v. 10, n. 3, p. 508-532, 2012

KRAUSMANN, F.; GINGRICH, S.; EISENMENGER, N.; HABERL, H.; FISCHER-KOWALSKI, M. Growth in global materials use, GDP and population during the 20th century. **Ecological Economics**, v. 68, n. 10, p. 2696-2705, 2009.

HALL, D. K.; COMISO, J. C. DIGIROLAMO, N. E.; SHUMAN, C. A.; BOX, J. E.; KOENIG, L. S. Variability in the surface temperature and melt extent of the Greenland ice sheet from MODIS. **Geophysical Research Letters**, v. 40, n. 10, p. 2114-2120, 2013.

HOLDREN, John P.; SMITH, Kirk R. **Energy, the environment and health**. In: World energy assessment: energy and the challenge of sustainability. UNDP, 2000

INSTITUTO ETHOS. **Lixo Zero – Gestão de Resíduos Sólidos para uma Sociedade mais próspera**. ABRAMOVAY et. Al. São Paulo, SP - 2012

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Greenhouse gas inventory reporting instructions – IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories. Vol 1, 2, 3**. Intergovernmental Panel on Climate Change, United Nations Environment Program, the Organization for Economic Co-operation and Development and the International Energy Agency, London. 1996.

IPCC. 2006. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006. **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Eggleston, H.S; Buendia, L; Miwa, K; Ngara, T. and Tanabe, K.(Ed.). Japão: IGES.

IPCC. GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO. **Cambio climático 2013 – Bases físicas. Resumen para responsables de políticas, Resumen técnico y Preguntas frecuentes**. Disponível em: . Acesso em: 12 dez. 2015.

IPCC. **Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2007- Synthesis Report**. Disponível em:http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_synthesis_report.htm. Acesso em: 1. set. 2015.

IPCC. **Intergovernmental Panel on Climate Change** Genebra, 2015. Disponível em: <www.ipcc.ch>. Acesso em: 17 nov. 2015.

LACERDA, J. D.; COUTO, H. D.; HIROTA, M.; PASISHNYK, N.; POLIZEL, J. Estimativa da Biomassa e Carbono em áreas Restauradas com Plantio de Essências Nativas. **Metrum**, Piracicaba, n. 5, p. 23, 2009.

LIU, Cejun; CHEN, Chou-Lin; UTTER, Dennis. **Trend and Pattern Analysis of Highway Crash Fatality by Month and Day**. 2005.

LOUREIRO, C. F. B. **Trajetória e fundamentos da educação ambiental**. São Paulo: Cortez, 2004.

MARENGO, J. A. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semi-árido do Brasil. **Parcerias estratégicas**, v. 13, n. 27, p. 149-176, 2010.

MATZINGER, S. **Caminhos para uma economia de baixa emissão de carbono no Brasil**. [2009]. Disponível em: <www.mckinsey.com.br/sao_paulo/carbono.pdf>. Acesso em: 14 novembro. 2015.

MCKENNA, R., REITH, S., CAIL, S., KESSLER, A., FICHTNER, W. Energy savings through direct secondary reuse: an exemplary analysis of the German automotive sector. **Journal of Cleaner Production**, v. 52, p. 103-112, 2013.

MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Zona Franca de Manaus (Org.). **Inventário de Gases de Efeito Estufa GEE**. Manaus: Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, 2010. Disponível em: <http://www.suframa.gov.br/download/publicacoes/inventario_gee_vfiam.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2016.

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. Brasília. 2013

Ministério da Ciência e Tecnologia (Comp.). **Convenção sobre Mudança do Clima**. Brasília, 2012. 27 p. Disponível em: <http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/convencao_clima.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2016

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME. (Org.). **Balanco Energético Nacional 2015 (ano base 2014)**. 2015. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/default.aspx>>. Acesso em: 01 set. 2016.

Ministério do Meio Ambiente, 2014. **Ações Brasileiras para proteção da Camada de Ozônio**, Brasília. 2014

Ministério do Meio Ambiente – MMA. **Efeito Estufa e Aquecimento Global**. Brasília, [2015?]. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/quem-%C3%A9-quem/item/195-efeito-estufa-e-aquecimento-global>>. Acesso em: 02 dez. 2015.

Nobre, C. A. (2007) Mudanças Climáticas Globais e o Brasil: porque devemos nos preocupar, **Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia**, Vol.31, Nº 4, abril de 2007, p.7-11.

NOBRE, C. A.; YOUNG, A. F.; SALDIVA, P.; MARENGO, J. A.; NOBRE, A. D.; ALVES JR, S., LOMBARDO, M. **Vulnerabilidades das Megacidades Brasileiras às Mudanças Climáticas: Região Metropolitana de São Paulo. Sumário Executivo - junho de 2010**. INPE, IPT, UNICAMP, USP, UNESP- Rio Claro. Disponível em:http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/publicacoes/2010/SumarioExecutivo_megacidades.pdf. Acesso em: 10 set.2015.

PACHAURI, Rajendra K. et al. **Climate Change 2014: Synthesis Report**. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014.

PLANETÁRIO DO RIO DE JANEIRO. **Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa da Fundação Planetário da Cidade do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<http://www.planetariodorio.com.br/wp-content/uploads/2016/09/Relatorio-Inventario-GEE-FPCRJ-2015-VF.pdf>>. Acesso em: 09 nov. 2016.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **Inventário de emissões de gases de efeito estufa: período de referência - 2000 a 2013**. Belo Horizonte, 2015. Disponível em: < http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/files.do?evento=download&urlArqPlc=3o_Inventario_Emissoes_GEE_2015.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2016.

PREFEITURA DE RECIFE. **1º Inventário de emissões de gases de efeito estufa para a cidade do Recife**. Recife, 2013. Disponível em: <

http://carbonn.org/uploads/tx_carbonndata/anexo_1InventárioRecife_DS_20mar14_Luiz.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2016.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Inventário de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa do município de São Paulo de 2003 a 2009, com atualização para 2010 e 2011 nos setores energia e resíduos**. São Paulo, 2013. Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/meio_ambiente/arquivos/SE_INVEMI.pdf>. Acesso em: 09 nov. 2016.

PROGRAMA BRASILEIRO GHG PROTOCOL. **Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol**. São Paulo, [2015?]. Disponível em: <http://www.ghgprotocolbrasil.com.br/especificacoes-do-programa-brasileiro-ghg-protocol?locale=pt-br>. Acesso em 10 nov. 2016.

RIO DE JANEIRO. Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. **Inventário de emissões de gases de efeito estufa da cidade do Rio de Janeiro- resumo executivo**. Rio de Janeiro: Coleção Estudos Cariocas, 2010. Disponível em: <http://portalgeo.rio.rj.gov.br/estudoscariocas/download/2421_Inventario_de_Emissoes_de_Gases_do_Efeito_Estufa_da_Cidade_do_Rio_de_Janeiro.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2016

RIO+20 - Conferencia das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (RIO+20). (Org.). O Futuro que Queremos. Rio de Janeiro: Anais, 2012

RODRÍGUEZ, Carlos René Muñiz. **Estimativa do potencial sequestro de carbono em áreas de preservação permanente de cursos d'água e topos de morros mediante reflorestamento com espécies nativas no município de São Luiz do Paraitinga**. 2015. 148 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2015.

RONCALIO, Diogo Pinheiro. **Dados sobre aterro CRVR São Leopoldo**. [mensagem pessoal] Mensagem recebida por: <maicon_preuss@yahoo.com.br>. em: 17 maio 2016.

SACHS, Ignacy. **A revolução energética do século XXI**. Estudos avançados, v. 21, n. 59, p. 21-38, 2007.

SANTOS D.R.R.; PICANÇO, A. P.; MACIEL G. F.; SERRA, J.C.V. Estudo de neutralização dos gases de efeito estufa da Universidade Federal de Tocantins - Reitoria e campus universitário de Palmas: Uma forma de mitigação ambiental. **Revista Geográfica Acadêmica** 2010; 4(2): 29-40.

SILVA, Givaldo Pereira da. **Educação ambiental na escola: conscientização da necessidade de proteção da camada de ozônio**. 2014. 50 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Gestão Ambiental em Municípios, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014.

SILVA JUNIOR, Roberto Donato; FERREIRA, Leila da Costa. Sustentabilidade na era das conferências sobre meio ambiente e desenvolvimento - um olhar para ecologia e economia. *Ambient. soc.*, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 1-18, Mar. 2013.

SIMM, Sandra R. **Descarbonização do regime energetico dominante : perspectivas para a economia do hidrogenio no Brasil.** : Descarbonization of dominant energetic regime : perspectives on economy of hydrogen in Brazil. 2008.

SEEGEE - Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estuda. 2016. Disponível em: <<http://seeg.eco.br/>>. Acesso em: 10 dez. 2016.

SHEPHERD, Andrew et al. A reconciled estimate of ice-sheet mass balance. **Science**, v. 338, n. 6111, p. 1183-1189, 2012.

SOS MATA ATLÂNTICA. **Calculadora de Emissão de CO2.** São Paulo. Disponível em: <<https://www.sosma.org.br/projeto/florestas-futuro/calculadora/>>. Acesso em: 9 dez. 2016.

SOUZA, C. R. B.; VALE, M. S. Planos intermunicipais e gestão integrada dos resíduos sólidos: do conceito a prática um caminho difícil, porém possível e necessário ao desenvolvimento sustentável da região dos municípios produtores de petróleo. **Exatas & Engenharia**, [S.l.], v. 5, n. 13, out. 2015. ISSN 2236-885X.

SULAMÉRICA. **Versão web inventário corporativo de gases de efeito estufa.** São Paulo: Way Carbon, 2013. 9 p. Disponível em: <http://www.sulamerica.com.br/sustentabilidade/sustentabilidade_gee_2012.pdf>. Acesso em: 09 nov. 2016.

TERRA: A história das COPs. A história das COPs. 2013. Disponível em: <<http://www.terra.com.br/noticias/ciencia/infograficos/cops/>>. Acesso em: 25 out. 2015.

TEIXEIRA, E. C; FELTES, S; SANTANA, E. R. R. **Estudo Das Emissões De Fontes Móveis Na Região Metropolitana De Porto Alegre, Rio Grande Do Sul.** Química Nova, Vol. 31, pag 244, 2008.

TOLENTINO, Mario; ROCHA-FILHO, Romeu C. A química no efeito estufa. Química Nova na Escola, n. 8, 2015. Disponível em <http://qnint.sbg.org.br/novo/index.php?hash=tema.7>. Acesso em: 01 dez. 2015

UNEP (2011). Keeping Track of Our Changing Environment: From Rio to Rio+20 (1992-2012). Division of Early Warning and Assessment (DEWA), United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi.

United Nations Framework Convention on Climate Change - UNFCCC. **Conference of the Parties (COP).** Disponível em: <<http://unfccc.int/bodies/body/6383.php>>. Acesso em: 20 dez. 2016.

WALDMAN, Maurício. Gestão do lixo domiciliar. Considerandos sobre a atuação do Estado. In: **Texto de subsídio para a Conferência “Ecologia Humana e Movimentos Sociais”, desenvolvida no Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo.** USP. 2012.

XIANG, Bin et al. Global emissions of refrigerants HCFC-22 and HFC-134a: Unforeseen seasonal contributions. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 111, n. 49, p. 17379-17384, 2014.

YABUSHITA, E. E. R. INVENTÁRIO E PROPOSTA DE GERENCIAMENTO DE GASES DE EFEITO ESTUFA (GEE) NA UTFPR: estudo de caso do Câmpus Campo Mourão. 2013. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2013.

ZHANG, Shaojun et al. Can Euro V heavy-duty diesel engines, diesel hybrid and alternative fuel technologies mitigate NOX emissions? New evidence from on-road tests of buses in China. **Applied Energy**, v. 132, p. 118-126, 2014.