



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas – Departamento de Engenharia Ambiental
Curso de Graduação em Engenharia Ambiental



ANA LUIZA PIMENTA SENRA

**PROPOSTA DE UM INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA
NO CAMPUS MORRO DO CRUZEIRO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO
PRETO**

Ouro Preto

2023

Ana Luiza Pimenta Senra

**PROPOSTA DE UM INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA
NO CAMPUS MORRO DO CRUZEIRO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO
PRETO**

Trabalho Final de Curso apresentado como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Engenharia Ambiental na Universidade Federal de Ouro Preto.

Orientadora: Prof.^a Livia Cristina Pinto Dias

Ouro Preto

2023

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

S478p Senra, Ana Luiza Pimenta.

Proposta de um inventário de emissões de gases de efeito estufa no campus Morro do Cruzeiro da Universidade Federal de Ouro Preto. [manuscrito] / Ana Luiza Pimenta Senra. - 2023.

40 f.: il.: color., gráf., tab., mapa.

Orientadora: Profa. Dra. Lívia Cristina Pinto Dias.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia Ambiental .

1. Gases de Efeito Estufa (GEE). 2. Efeito estufa (Atmosfera). 3. Dióxido de carbono. 4. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). I. Dias, Lívia Cristina Pinto. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 504:502

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB-1716



FOLHA DE APROVAÇÃO

Ana Luiza Pimenta Senra

Proposta de um inventário de emissões de gases de efeito estufa no Campus Morro do Cruzeiro da Universidade Federal de Ouro Preto

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Ambiental

Aprovada em 27 de março de 2023

Membros da banca

Profa. Dra. Lívia Cristina Pinto Dias - Orientadora (Universidade Federal de Ouro Preto)
Profa. Dra. Marina de Medeiros Machado (Universidade Federal de Ouro Preto)
MSc. Ana Beatriz dos Santos (Universidade Federal de Viçosa)

Lívia Cristina Pinto Dias, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 26/04/2023



Documento assinado eletronicamente por **Livia Cristina Pinto Dias, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 26/04/2023, às 17:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0515542** e o código CRC **AF8F75B1**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha mãe por tudo e por nunca ter desistido de mim, a meu pai, avós, irmã e cunhado pelo apoio, compreensão e por terem acreditado em mim e estarem sempre ao meu lado durante essa etapa da minha vida.

À Julia que esteve sempre ao meu lado durante todas as etapas da minha vida sempre me apoiando. Aos amigos que conquistei durante essa trajetória em Ouro Preto, cuja amizade e parceria foram fundamentais para essa conquista. Aos meus professores e futuros colegas de profissão que contribuíram diretamente para minha formação.

Agradeço imensamente a minha orientadora Prof.^a Livia Dias pela atenção, paciência e orientação durante a realização deste trabalho.

À Prof.^a Marina Medeiros (GRUFOP), a Proplad e a Precam por ter gentilmente fornecido os dados que possibilitaram a realização deste estudo.

Às minhas amigas antigas de fora da universidade que sempre estiveram ao meu lado me apoiando em minhas decisões.

Agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para que esse sonho se realizasse.

RESUMO

O inventário de emissões de gases de efeito estufa é um registro das emissões de gases que contribuem para o aquecimento global elaborado por empresas, governos ou outras organizações para avaliar sua pegada de carbono e tomar medidas para reduzir suas emissões. Esse também é um documento que pode ser utilizado como base para a tomada de decisões em políticas públicas, para o cumprimento de acordos internacionais (como o Acordo de Paris) e para a elaboração de relatórios de sustentabilidade. O presente estudo teve como objetivo ser o guia a ser utilizado para elaborar o inventário de emissões de gases de efeito estufa (GEE) para o Campus Morro do Cruzeiro da Universidade Federal de Ouro Preto. Definiu-se que, quanto aos limites organizacionais, esse trabalho consideraria uma abordagem de controle operacional, ou seja, uma abordagem onde a instituição responde por 100% das emissões de GEE apenas das operações que controla diretamente. Tendo o limite organizacional como guia, foram identificadas fontes de emissão de GEE a serem inventariadas no Campus e foi feito um compilado de quais informações precisam ser levantadas pela administração da UFOP a fim de elaborar o inventário de emissões. A ferramenta selecionada para o cálculo das emissões foi o *GHG Protocol*. Foi definido que as fontes emissoras no Escopo 1 do GHG Protocol que abrangem as atividades do Campus Morro do Cruzeiro são: consumo de combustíveis, emissões fugitivas, resíduos sólidos e efluentes. Do Escopo 2, ficou definido que as emissões indiretas da energia elétrica adquirida devem ser consideradas no cálculo. Já para o Escopo 3, ficou definido que o consumo de combustíveis por atividades terceirizadas e viagens e negócios devem ser incluídos nos cálculos. Com base nas informações que puderam ser obtidas na UFOP foi feita uma estimativa preliminar das emissões do Campus Morro do Cruzeiro a partir de dados de resíduos sólidos, efluentes e energia elétrica. O total de emissões do Campus Morro do Cruzeiro foi de aproximadamente 17,5 Gt-CO₂/ano. Para que um inventário mais completo e preciso seja feito é preciso um arranjo institucional, administrativo e técnico que garanta a coleta e gestão da qualidade de dados. De posse dos dados do inventário é possível estabelecer uma meta de emissões de GEE, mesmo que ela tenha caráter voluntário. Nesse aspecto o inventário deve estar intimamente ligado ao Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI) da UFOP.

Palavras-chaves: Efeito estufa, CO₂, Mudanças Climáticas, IPCC, GEE, Inventário de emissões.

ABSTRACT

The greenhouse gas emissions inventory is a record of greenhouse gas emissions that contribute to global warming prepared by companies, governments or other organizations to assess their carbon footprint and take steps to reduce their emissions. This is also a document that can be used as a basis for decision-making in public policies, for compliance with international agreements (such as the Paris Agreement) and for the preparation of sustainability reports. This study aimed to be the guide to be used to prepare the greenhouse gas (GHG) emissions inventory for the Morro do Cruzeiro Campus of the Federal University of Ouro Preto. It was defined that, regarding the organizational limits, this work would consider an operational control approach, that is, an approach where the institution accounts for 100% of GHG emissions only from the operations that it directly controls. Using the organizational limit as a guide, GHG emission sources were identified to be inventoried on the Campus and a compilation was made of what information needs to be collected by the UFOP administration in order to prepare the emissions inventory. The tool selected for calculating emissions was the GHG Protocol. It was defined that the emission sources in Scope 1 of the GHG Protocol that cover the activities of the Morro do Cruzeiro Campus are: fuel consumption, fugitive emissions, solid waste and effluents. From Scope 2, it was defined that indirect emissions from purchased electricity must be considered in the calculation. As for Scope 3, it was defined that fuel consumption for outsourced activities and travel and business must be included in the calculations. Based on the information that could be obtained at UFOP, a preliminary estimate of the emissions of the Morro do Cruzeiro Campus was made based on data on solid waste, effluents and electricity. Total emissions from the Morro do Cruzeiro Campus were approximately 17.5 Gt-CO₂/year. For a more complete and accurate inventory to be carried out, an institutional, administrative and technical arrangement is needed to ensure the collection and management of data quality. With the inventory data in hand, it is possible to establish a GHG emissions target, even if it is voluntary. In this respect, the inventory must be closely linked to the Institutional Development Plan (PDI) of UFOP.

Keywords: Greenhouse Effect, CO₂, Climate Change, IPCC, GHG, Emissions Inventory.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação esquemática de funcionamento do efeito estufa.	7
Figura 2 - Representação dos três Escopos.	10
Figura 3 – Ilustração dos critérios da ESG.	13
Figura 4 – Ilustração dos objetivos das ODS.	14
Figura 5 - Localização do Campus.	16
Figura 6 – Relação entre o total de emissões e o tamanho da universidade.	28
Figura 7 – Vazões de projeto das águas residuárias totais do campus da UFOP: bacia 1 + bacia 2.	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores GWP para um horizonte de 100 anos.....	9
Tabela 2 – Escopos e categorias consideradas no <i>GHG Protocol</i>	17
Tabela 3 – Caracterização dos Escopos 1, 2 e 3 para o Campus Morro do Cruzeiro da UFOP.....	21
Tabela 4 – Detalhamento dos dados necessários para um inventário completo das emissões do Campus Morro do Cruzeiro da Ufop. Dados com um asterisco (*) foram obtidos nesse trabalho para um inventário preliminar.	22
Tabela 5 – Dados coletados em inventários de emissões de diferentes IES da Rede Federal brasileiras.....	24
Tabela 6 – Comparativo entre as universidades analisadas.	32
Tabela 7 - Massa de resíduos sólidos do campus Morro do Cruzeiro.....	39
Tabela 8 - Gravimetria dos resíduos.....	39
Tabela 9 - Equivalente populacional dos principais parâmetros considerando as concentrações médias diárias.....	40

LISTA DE SIGLAS

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (Painel Intergovernamental Sobre Mudanças Climáticas)

GEE – Gases do Efeito Estufa

PNMC – Política Nacional Sobre Mudança Do Clima

DOC – Componente Orgânico Degradável

ESG – Environmental, Social and Governance

UFOP – Universidade Federal de Ouro Preto

ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

AR6 – Sexto Relatório de Avaliação

IES – Instituições de Ensino Superior

GHG – Greenhouse Gas Protocol

CO₂ – Dióxido de carbono

ONU – Organização das Nações Unidas

PNUMA – Programa das Nações Unidas para Meio Ambiente

UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change

COP – Conferências das Partes

PNMC – Painel Nacional sobre Mudanças do Clima

NDC – Contribuição Nominalmente Determinada

Proplad – Pró-Reitoria de Planejamento e Administração

Proad – Pró-reitoria de Administração

Precam – Prefeitura do Campus

Grufop – Gestão de Resíduos Sólidos da UFOP

CH₄ – Gás metano

N₂O – Óxido nitroso

O₃ – Ozônio

GWP – Global Warming Potential

AR4 – Quarto Relatório de Avaliação

AR5 – Quinto Relatório de Avaliação

SAR – Segundo Relatório de Avaliação

DBO – Demanda bioquímica de oxigênio

DQO – Demanda química de oxigênio

UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

UFRRJ – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

UFLA – Universidade Federal de Lavras

UFS – Universidade Federal de Sergipe

UFT – Universidade Federal Tocantins

RU/DEGEO – Restaurante Universitário – Departamento de Geologia

PDI – Plano de Desenvolvimento Institucional

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVOS	3
2.1	Objetivo Geral.....	3
2.2	Objetivos Específicos	3
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1	Histórico da preocupação com as mudanças climáticas	4
3.2	Efeito estufa	6
3.3	A utilização do GHG Protocol na produção de inventários	9
3.4	Criação das ODS e ESG	11
4	MATERIAIS E MÉTODOS	16
4.1	Área de estudo	16
4.2	Elaborando o Inventário.....	16
4.2.1	Identificação das fontes de emissão.....	16
4.2.2	Coleta de dados	19
4.2.3	Ferramentas de cálculo	19
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5.1	Detalhamento das fontes emissoras.....	21
5.2	Dados para estimativa de GEE em Campus Universitário	22
5.3	Estimativa das emissões para o Campus Morro do Cruzeiro	29
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
8.	ANEXOS	39

1 INTRODUÇÃO

A sigla ESG (*Environmental, Social, and Governace*) é uma abordagem de investimento que considera critérios ambientais, sociais e de governança corporativa na avaliação de uma empresa ou organização (LI et al., 2021). A adoção das práticas ESG tem crescido, especialmente entre empresas com ações comercializadas nas bolsas de valores, por ela considerar aspectos que podem afetar a performance e valorização das empresas no longo prazo, além de práticas mais responsáveis e sustentáveis. A proposta formal do princípio das práticas de ESG ocorreu em 2004 com a publicação do Pacto Global em parceria com o Banco Mundial e desde então tem sido desenvolvido em diversos países (LI et al., 2021).

O apoio ao princípio ESG deu um grande salto quando 193 países da Organização das Nações Unidas adotaram os 17 objetivos globais conhecidos como Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que tem como meta a busca por um futuro mais sustentável e igualitário. Desde então, os critérios do ESG estão diretamente relacionados aos ODS.

Entre os ODS, a “ação contra a mudança global do clima” ganhou ainda mais visibilidade após a publicação do Sexto Relatório de Avaliação (AR6) do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) em 2021. Entre as principais conclusões do AR6 estão que a mudança climática é inequívoca e causada pela atividade humana, que o aquecimento global está acelerando e que os impactos das mudanças climáticas estão sendo sentidos em todo o mundo (como a ocorrência de eventos climáticos extremos: ondas de calor, inundações e tempestades) (IPCC, 2021). Esse relatório reafirma o entendimento científico de que as mudanças climáticas afetam profundamente não apenas o meio ambiente, mas também a sociedade e a economia (IPCC, 2021).

As ações da sociedade contra a mudança climática podem ser divididas em mitigação e adaptação. De acordo com o AdaptaClima (2023), a mitigação refere-se ao esforço para reduzir ou prevenir a emissão de gases de efeito estufa (GEE) que são os responsáveis pelas mudanças no clima. Já a adaptação refere-se a busca por formas de se reduzir os efeitos danosos das mudanças climáticas. A adaptação é necessária independente do quanto conseguirmos reduzir de emissões, já que as emissões históricas já alteraram o clima de maneira que os impactos das mudanças climáticas serão observados por várias décadas mesmo se as emissões fossem zeradas (ADAPTACLIMA, 2023).

As ações de mitigação buscam reduzir o risco climático, ou seja, buscam reduzir as consequências que podem ocorrer com as mudanças climáticas (HOUGHTON et al., 1994) e,

por isso, a preocupação com as emissões de gases de efeito estufa (GEEs) é um assunto tão importante para a sociedade atual que faz parte da Agenda 2030, sendo tema da ODS 13, e está intimamente ligada as práticas ESG.

O ESG está assumindo maior importância quanto maior a disseminação do entendimento que o papel das instituições na sociedade é mais amplo do que a sua atividade fim. Nesse sentido, o ESG pode ser utilizado por instituições públicas como conjunto de critérios para orientar suas ações de forma responsável e sustentável, como priorizar investimento em energias renováveis, reduzir as emissões de carbono, promover a diversidade e inclusão, assim como adotar práticas mais transparentes e éticas de governança.

Entre as instituições públicas que podem se beneficiar das práticas ESG, as Instituições de Ensino Superior (IES) se destacam pelo grande potencial de transformação, especialmente por influenciar e contribuir para direcionar comportamentos na sociedade. Entre as práticas ESG, adotar o inventário de emissões pode ajudar a IES a identificar áreas de maior emissão e implementar estratégias para reduzir o consumo de energia e os custos associados. A IES também pode utilizar o inventário de emissões para demonstrar o seu compromisso com a sustentabilidade e se destacar em *rankings* que levam em conta a responsabilidade ambiental. Além disso, a IES pode utilizar do inventário de emissões para gerar engajamento da comunidade universitária em diversas iniciativas de sustentabilidade, que vão desde a separação de material reciclável a utilização consciente de energia elétrica ou água.

Diante disso, o objetivo desse trabalho é organizar as informações e metodologias necessárias para elaborar o inventário de emissões de GEE para o Campus Morro do Cruzeiro da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). Pretende-se com esse trabalho apresentar a administração da UFOP e a prefeitura do Campus os benefícios que um inventário de emissões pode trazer para a instituição, bem como um guia fácil e organizado das informações que a administração precisa obter para os cálculos e um cálculo preliminar das emissões – feita a partir de informações de diversas fontes dispersas e dados estimados.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Propor um guia a ser utilizado para elaborar o inventário de emissões de gases de efeito estufa (GEE) para o Campus Morro do Cruzeiro da Universidade Federal de Ouro Preto.

2.2 Objetivos Específicos

- Identificação das fontes de emissão de GEE a serem inventariadas no Campus Morro do Cruzeiro da UFOP;
- Apontar quais informações precisam ser levantadas pela administração da UFOP a fim de elaborar o inventário de emissões;
- Levantar dados de emissões de GEEs em outros Campis Universitários que será fonte de comparação e estimativa;
- Utilizar a ferramenta *Green House Gas Protocol (GHG Protocol)* a fins de quantificar de forma preliminar os GEEs para o Campus Morro do Cruzeiro da UFOP.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Histórico da preocupação com as mudanças climáticas

O aumento recorde de emissão de dióxido de carbono para atmosfera no período 2016-2020, que foram apontados pelo relatório AR6 apresentado pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2021), reascendeu a preocupação e as discussões sobre como reduzir as emissões de GEE. Por ser um assunto atual, muitas pessoas não sabem que a preocupação sobre como a adição de gases na atmosfera podem impactar no equilíbrio do planeta já assola a humanidade há 200 anos.

Pode-se dizer que a ciência das mudanças climáticas se iniciou em 1824, quando Joseph Fourier calculou a temperatura efetiva da Terra e demonstrou com ela seria muito mais fria caso não houvesse a atmosfera (PILEGGI E LAMIA, 2020). Alguns anos mais tarde, em 1896, Arrhenius publicou o primeiro cálculo do aquecimento global e levantou a hipótese de que uma pequena mudança na quantidade de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera poderia provocar mudanças significativas no clima (PILEGGI E LAMIA, 2020). No ano seguinte, Thomas Chamberlin evidenciou que muitos fatores influenciam no ciclo do carbono ao propor o primeiro modelo de troca de carbono global, incluindo feedbacks (PILEGGI E LAMIA, 2020).

Já no século XX, alguns estudos se destacam nas ciências das mudanças climáticas. Manabe e Watherald (1967) descreveram que o dobre de concentração de CO₂ na atmosfera resultaria no aumento de 2°C nas temperaturas globais. Um ano mais tarde, Mercer (1968) apontou que o aumento da temperatura atmosférica poderia derreter as camadas de gelo da Antártida, o que elevaria o nível do mar. Diante dessas advertências sobre os efeitos do CO₂ na atmosfera, a Academia de Ciências da Suécia organizou o *Study of Man's Impact on Climate* (ESTUDO DOS IMPACTOS DO HOMEM SOBRE O CLIMA – MATTHEWS, KELLOGG E ROBINSON, 1971) e pretendia-se que esse relatório influenciasse a Conferência da Organização das Nações Unidas (ONU) que aconteceria no ano seguinte.

A Conferência de Estocolmo (*United Nations Conference on Man and the Environment*), que aconteceu em junho de 1972, teve grande importância ao suscitar comoção mundial em relação aos problemas ambientais e ter inspirado a criação do Programa das Nações Unidas para Meio Ambiente (PNUMA). Um dos principais sucessos de negociação do PNUMA foi a criação o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (*Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC*), em 1988, que tem como objetivo avaliar de maneira completa, objetiva, aberta e transparente as informações científicas, técnicas e socioeconômicas relevantes para o entendimento das bases científicas do risco das mudanças induzidas pela atividade humana,

seus impactos potenciais e opções para adaptação e mitigação. O IPCC publica periodicamente relatórios onde o conhecimento científico sobre o sistema climático e mudanças climáticas é revisada, sendo que o primeiro relatório foi publicado em 1990.

É importante citar também outro acontecimento internacional sobre meio ambiente que aconteceu na década de 1980. A Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento da ONU, coordenado pela então primeira-ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland, iniciou um estudo profundo das questões ambientais e as conclusões foram relatadas no documento intitulado *Nosso Futuro Comum (Our Common Future)* publicado em 1987 (também conhecido como Relatório Brundtland). Entre as conclusões, a Comissão deixa claro que é necessário ter um limite para a utilização dos recursos naturais e definem o conceito mais popular de desenvolvimento sustentável como sendo “o desenvolvimento que encontra as necessidades atuais sem comprometer a habilidade das futuras gerações de atender suas próprias necessidades”.

Todos os eventos e iniciativas que aconteceram nas décadas de 1970 e 1980 acabaram por influenciar a Conferência das Nações Unidas para Meio Ambiente em 1992, também conhecida como Rio-92. Foi durante a Rio-92 que os países participantes consolidaram uma agenda global para minimizar os problemas ambientais, o que incluiu a elaboração da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças no Clima (*United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC*, 2023). A UNFCCC tem como objetivo estabilizar as concentrações de GEE “em um nível que impeça uma perigosa interferência antropogênica (induzida pelo homem) no sistema climático” (UNFCCC, 2023). Para a implementação do objetivo da UNFCCC, são realizadas anualmente as Conferências das Partes (COPs), que avançam nas negociações diplomáticas. A COP1 ocorreu em 1995, em Berlim – Alemanha. Algumas COPs têm maior importância histórica pelos acordos que foram estabelecidos nelas, como a COP3, que ocorreu em Kyoto – Japão e culminou no Protocolo de Kyoto (prescrito), e a COP 15, que ocorreu em Paris e culminou no Acordo de Paris (vigente).

O Brasil esteve frequentemente presente nas discussões sobre clima desde a Rio-92 e assumiu compromissos de redução de emissões. Em 2002, o Brasil ratificou voluntariamente o Protocolo de Kyoto e assumiu o compromisso de reduzir as emissões a níveis menores do que aqueles de 1990. Já em 2009, foi instituído o Painel Nacional sobre Mudanças do Clima (PNMC - Lei Federal 12.187/2009; Decreto Federal 7.390/2010 revogado pelo Decreto Federal 9.578/2018) na qual o país oficializa o compromisso de reduzir suas emissões de GEE entre 36,1% e 38,9% até o ano de 2020. Em 2015, o Brasil apresentou sua primeira versão das

Contribuição Nominalmente Determinada (NDC) conforme preconiza o Acordo de Paris, onde se comprometia, entre outros, a aumentar a participação de bioenergia sustentável na matriz energética, a fortalecer o cumprimento do Código Florestal, restaurar e reflorestar 12 Mha até 2030 e fortalecer as práticas de agricultura sustentável. Essa primeira versão foi revista em 2022 e o Brasil se compromete, sob diversas críticas, a reduzir emissões de GEE em 37% abaixo dos níveis de referência de 2005, em 2025, e em 50% abaixo dos níveis de 2005, em 2030 (BRASIL, 2022).

Desde a instituição do PNMC, os estados do Rio de Janeiro e São Paulo criaram suas próprias Políticas Estaduais sobre as Mudanças Climáticas visando reduzir as emissões nos estados, aplicando fontes renováveis de energia e promovendo soluções tecnológicas de redução do uso de recursos na produção.

3.2 Efeito estufa

O efeito estufa é um fenômeno natural causado principalmente pelos gases CO₂ e CH₄, que estão presentes na atmosfera e têm a função de reter parte do calor emitido pelo Sol e que chegam à atmosfera terrestre. Ocorre que uma parte dos raios solares que atinge a Terra é absorvida pela atmosfera, enquanto cerca de 30% é refletida de volta ao espaço. A absorção dessa radiação pelos gases atmosféricos provoca um aquecimento na superfície, que libera energia em forma de calor, contribuindo para o aquecimento do planeta. Na Figura 1 está ilustrado como esse fenômeno ocorre.

Esse processo mantém a temperatura do planeta em um nível habitável para a vida, como afirma Helene (2007). De acordo com Pearce (2002), sem a atuação desses gases, a Terra seria completamente congelada, inviabilizando a existência da vida como a conhecemos.

Figura 1 – Representação esquemática de funcionamento do efeito estufa.



Fonte: Revista Jovem Explorador, USP 2023

A alteração nas concentrações naturais dos gases causadores do efeito estufa na atmosfera começaram a ocorrer a partir da Revolução Industrial, final do século XVIII, ocasionados pelo aumento da utilização de combustíveis fósseis e desmatamento excessivo (ANTUNES; QUALHARINI, 2008). Atualmente, as atividades humanas são consideradas o principal fator agravante dessa situação, pois a expansão dos setores agrícola, industrial e de transporte tem levado a uma maior queima de combustíveis fósseis e exploração irresponsável de recursos naturais (ROCHA, 2003). Essa situação é preocupante, já que o aumento da concentração de gases do efeito estufa tem causado mudanças climáticas significativas e impactos negativos em ecossistemas e na sociedade (BRAGA e HESPANHOL, 2005; IPCC, 2021). O IPCC (2021) ressalta que as mudanças climáticas já estão sendo sentidas em todo o mundo e são as responsáveis pelo aumento na frequência da maioria dos desastres naturais, como secas, inundações, aumento no nível e da temperatura dos oceanos e descongelamento de geleiras.

Mesmo as mudanças climáticas sendo um fator natural que a terra possui, a preocupação atual é com a velocidade com que essas mudanças vêm ocorrendo, visto que há uma previsão de aumento na temperatura de 2 a 5°C nos próximos 100 anos, que configura um grande aumento em um curto período (IPCC, 2021).

Os GEEs são os gases cujas moléculas são capazes de absorver a radiação presente nos raios solares, ocasionando o aumento da temperatura na superfície terrestre. Os principais GEEs são (IPCC,2007):

- CO₂: Proveniente principalmente da queima de combustíveis fósseis, desmatamento e queimadas;
- CH₄: Sendo o segundo maior em abundância, proveniente da decomposição de resíduo orgânico;
- N₂O: Emitido por bactérias e pelo uso de fertilizantes na agricultura;
- O₃: Formado a partir de óxidos de nitrogênio e hidrocarbonetos provenientes da poluição urbana.

De todos os gases que compõe o GEE, o CO₂ é o mais abundante, com emissões globais anuais se tornando o principal responsável pelo efeito estufa, de acordo com o IPCC (2021), porém, outros gases também contribuem de forma alarmante mesmo em menores quantidades, sendo eles o metano e o óxido nitroso.

No Brasil, as principais fontes de emissão são as mudanças de uso da terra (44%), a agropecuária (28%), o setor de energia (19%), processos industriais (5%) e resíduos (4%) (SEEG, 2019).

O Potencial de Aquecimento Global (*Global Warming Potential*, GWP) é a medida que determina a quantidade que cada um dos gases geradores do efeito estufa contribui para o aquecimento global (FCCC, 2012). Na Tabela 1 está apresentado o comportamento dos principais gases considerados nos cálculos de emissão de GEE em um horizonte de 100 anos, conforme relatórios de avaliação do IPCC.

Tabela 1 – Valores GWP para um horizonte de 100 anos.

	SAR (1995)	AR4 (2007)	AR5 (2014)
CO ₂	1	1	1
CH ₄	21	25	28
N ₂ O	310	298	265

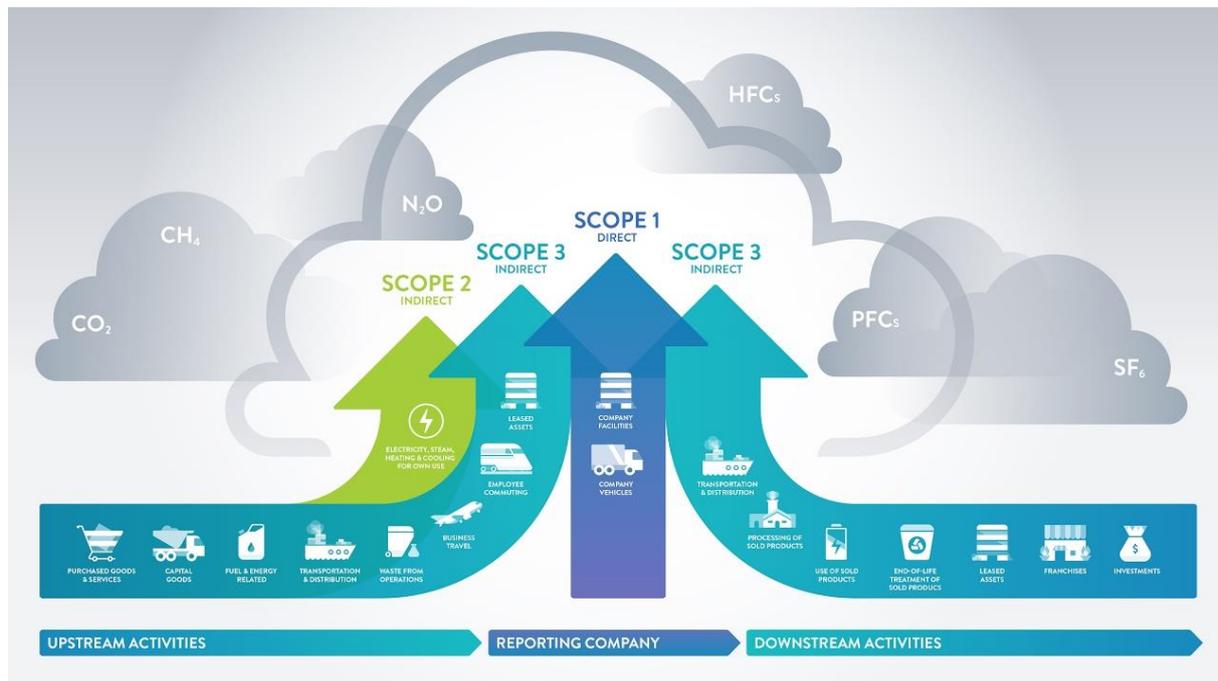
Fonte: Adaptado Global Warming Potential Values.

3.3 A utilização do GHG Protocol na produção de inventários

O *Greenhouse Protocol* foi criado nos Estados Unidos em 1998 com a intenção de quantificar as emissões de gases causadores do efeito estufa de iniciativas públicas ou privadas para que se pudesse planejar ações mitigatórias dessas emissões que fossem mais precisas de acordo com a necessidade e o problema (GREENHOUSE PROTOCOL, 2023). Esse método foi adaptado para as condições brasileiras no ano de 2008, que foi quando começou a ser utilizado no país. A identificação das fontes foi dividida nos seguintes tópicos (WRI, 2015):

- Escopo 1: As emissões serão diretas quando geradas através de indústrias de fontes mecânicas que operam utilizando grande quantidade de eletricidade ou possuem queima de combustível no processo; indústrias que operam através de fontes não mecânicas, mas emitem GEE através de bioprocessos; há a remoção da vegetação nativa da região.
- Escopo 2: Emissões indiretas provenientes de geração elétrica consumida pela indústria.
- Escopo 3: Todas as outras emissões indiretas não citadas no Escopo 2, englobando de atividades *up-stream* (cadeia de suprimentos) e *downstream* (revendedores, distribuição, uso do produto, disposição final) de uma empresa.
- Emissões de biomassa: São resultantes da combustão da biomassa quando não separadas de outros combustíveis fósseis. As emissões mais preocupantes, nesse caso, são a de metano e óxido nitroso, que não podem ser consideradas como emissões neutras (igual CO₂) por não serem gases que se dissipam na atmosfera.

Figura 2 - Representação dos três Escopos.



Fonte: Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions.

O programa brasileiro *GHG Protocol* procura promover a cultura da realização inventário voluntário de emissões no setor corporativo para proporcionar padrões de sustentabilidade entre as empresas e diagnósticos ambientais utilizando o programa com a consonância e as normas da ISO e metodologias descritas no IPCC. O programa foi desenvolvido similar às normas do *GHG Protocol* internacional, porém adaptando-o às características do Brasil visto que não está vinculado a nenhuma política governamental. Analisando as características do território brasileiro e seus principais emissores de GEE e comparando com as prioridades determinadas pelo próprio programa definidas no site oficial, pode-se dizer que algumas das principais diferenças entre o GHG Protocol no Brasil e em outros países incluem:

- Fontes de emissões: O GHG Protocol no Brasil considera algumas fontes de emissões que podem não ser consideradas em outros países, como desmatamento e mudanças no uso da terra.
- Setores de emissões: O GHG Protocol no Brasil tem uma estrutura de setores de emissões diferente de outros países, levando em consideração as características específicas da economia brasileira. Por exemplo, o setor de agropecuária é mais relevante no Brasil do que em muitos outros países.

- Metodologias de cálculo: O GHG Protocol no Brasil utiliza metodologias de cálculo de emissões específicas, que podem ser diferentes das utilizadas em outros países. Por exemplo, a metodologia de cálculo de emissões de transporte rodoviário no Brasil leva em consideração a qualidade do combustível utilizado.
- Regulação: O GHG Protocol no Brasil pode ser utilizado como referência para a regulamentação de emissões de GEE, o que não é necessariamente o caso em outros países. No Brasil, o protocolo pode ser utilizado como base para políticas públicas e regulamentação relacionadas à mitigação das emissões de GEE.
- Contexto político e econômico: As diferenças no contexto político e econômico do Brasil em relação a outros países podem levar a diferenças na forma como o GHG Protocol é aplicado. Por exemplo, a maior relevância do setor de agropecuária no Brasil pode levar a uma maior atenção para as emissões relacionadas a esse setor, em comparação com outros países.

É importante ressaltar que essas diferenças não são limitantes e que o GHG Protocol no Brasil pode ser atualizado ao longo do tempo, levando em consideração mudanças na economia, na regulação e na compreensão científica das emissões de GEE.

Existem várias vantagens em se produzir o inventário de emissões de forma voluntária, visto que no país não é uma obrigação legal. Um dos benefícios na elaboração do inventário é poder conhecer, por meio de diagnósticos, as proporções de emissão e mitigação da empresa para que sejam estabelecidas estratégias, planos e metas que busquem o equilíbrio. Quando uma empresa ou instituição elabora sucessivos relatórios, acaba-se criando um registro histórico com os dados obtidos podendo ser úteis em melhorias adotadas no futuro caso haja a uma nova legislação ou regulamento voltado para a área de emissão de gases, além de obter uma melhoria na relação entre a empresa e o público já que ela pode ter aumento de visibilidade e vantagem midiática em cima de outras empresas que desconhecem seus impactos ambientais, resultando em lucros extras.

3.4 Criação das ODS e ESG

Os ODS (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável) e ESG (*Environmental, Social and Governance*) são conceitos relacionados à sustentabilidade e à responsabilidade social das empresas. A criação das ODS surge como uma agenda global para promover o desenvolvimento sustentável nos aspectos econômico, social e ambiental. A iniciativa veio

como resultado direto do processo de negociação entre os países membros da ONU durante a aprovação da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável (ODS, 2018). O ESG se trata de critérios ambientais, sociais e de governança corporativa que as empresas devem levar em consideração em suas estratégias e operações. O atendimento a esses critérios pode contribuir para a realização dos ODS e, assim, para o desenvolvimento sustentável.

O conceito de ESG surgiu na década de 2000 como uma forma de avaliar o desempenho das empresas em relação a critérios ambientais, sociais e de governança corporativa. Esses critérios foram criados como uma resposta às crescentes preocupações com a sustentabilidade e a responsabilidade social das empresas (PACTO GLOBAL, 2021). Esse termo começou a ser utilizado por investidores e analistas financeiros para avaliar o desempenho das empresas em relação a esses critérios, e para identificar empresas que adotam práticas sustentáveis em suas operações (REVISTA ENSINO SUPERIOR, 2021). O objetivo era criar uma métrica que pudesse ser usada para comparar empresas de diferentes setores e países em relação ao seu desempenho em relação a critérios ESG (PACTO GLOBAL, 2021).

Por se tratar de uma estratégia de sustentabilidade empresarial, as empresas e instituições se enquadram nas ESG quando (Figura 3) (PACTO GLOBAL, 2021):

01 – Respeitam e apoiam os direitos humanos reconhecidos internacionalmente na sua área de influência;

02 – Asseguram a não participação da empresa em violações dos direitos humanos;

03 – Apoiam a liberdade de associação e reconhecem o direito a negociação coletiva;

04 – Elimina todas as formas de trabalho forçado ou compulsório;

05 – Erradica todas as formas de trabalho infantil da sua cadeia produtiva;

06 – Estimula práticas que eliminem qualquer tipo de discriminação no emprego;

07 – Assume práticas que adotem uma abordagem preventiva, responsável e proativa para os desafios ambientais;

08 – Desenvolve iniciativas e práticas para promover e disseminar a responsabilidade socioambiental.

09 – Incentiva o desenvolvimento e a difusão de tecnologias ambientalmente responsáveis;

10 – Combate a corrupção em todas as suas formas.

Figura 3 – Ilustração dos critérios da ESG.



Fonte: KROST- Environmental, social, and governance (ESG) reporting & consulting.

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) são uma agenda mundial criada simultaneamente com a Cúpula das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável, em setembro de 2015, composta por 17 objetivos principais (Figura 4) e 169 metas a serem cumpridas até o ano de 2030. Os objetivos estipulados foram (ODS, 2018):

Figura 4 – Ilustração dos objetivos das ODS.



Fonte: Estratégias ODS, 2018.

01 – Erradicação da pobreza: erradicar a pobreza em todas as suas formas e em todos os lugares.

02 – Fome zero e agricultura sustentável: acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável.

03 – Saúde e bem-estar: assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos.

04 – Educação de qualidade: assegurar a educação inclusiva, e equitativa e de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos.

05 – Igualdade de gênero: alcançar a igualdade de gênero em todos os espaços (corporativos e educacionais).

06 – Água limpa e saneamento: garantir acesso à água potável e saneamento para todos em todos os lugares.

07 – Energia limpa e acessível: garantir acesso à energia barata, confiável, sustentável e renovável para todos.

08 – Trabalho decente e crescimento econômico: promover o crescimento econômico inclusivo e sustentável garantindo trabalho decente e direitos trabalhistas para todos.

09 – Inovação de infraestrutura: construir infraestrutura resiliente, promover a industrialização inclusiva e sustentável, e fomentar a inovação.

10 – Redução das desigualdades: reduzir as desigualdades dentro dos países e entre eles.

11 – Cidades e comunidades sustentáveis: tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.

12 – Consumo e produção responsáveis: assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis.

13 – Ação contra a mudança global do clima: tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos.

14 – Vida na água: conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares, e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável.

15 – Vida terrestre: proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da Terra e deter a perda da biodiversidade.

16 – Paz, justiça e instituições eficazes: promover sociedades pacíficas e inclusivas par ao desenvolvimento sustentável, proporcionar o acesso à justiça para todos e construir instituições eficazes, responsáveis e inclusivas em todos os níveis.

17 – Parcerias e meios de implementação: fortalecer os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável.

Esses objetivos podem ser divididos entre quatro dimensões principais: social, relacionada à necessidades humanas e sociais tais como saúde, justiça, educação e melhoria na qualidade de vida; Ambiental, promovendo ações para a preservação e conservação do meio ambiente terrestre e marinho; Econômica, que aborda a questão de esgotamento de recursos, reciclagem de produtos e economia nos consumos de energia e matéria prima; E questões institucionais que dizem respeito às características e condições reais das regiões em colocar em prática as ODS (ODS, 2018).

As iniciativas nasceram a partir da necessidade de engajar e conscientizar líderes políticos e pessoas influentes diretamente no mercado a respeito dos esforços necessários diante aos problemas que impedem o crescimento econômico-sustentável e social de cada país e para o cumprimento das metas estabelecidas na Agenda 2030. Portanto, adotando as práticas sustentáveis em suas operações e levando em consideração critérios ESG, as empresas e instituições estão contribuindo para a realização dos ODS, e assim, para um futuro mais sustentável e inclusivo (PACTO GLOBAL e STILINGUE, 2021).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

O local de estudo deste trabalho está limitado ao campus da Universidade Federal de Ouro Preto – Morro do Cruzeiro, localizado no bairro Bauxita na cidade de Ouro Preto em Minas Gerais, localizada na latitude 20°23'08" sul, longitude 43°30'29" oeste e possui altitude média de 1179 metros (Figura 5).

Figura 5 - Localização do Campus.



Fonte: Imagem adaptada retirada do Google Earth, 2022.

O clima da região é classificado como subtropical moderado úmido, apresentando precipitações intensas e abundantes no verão e temperaturas mais frias no inverno, mantendo uma temperatura média anual de 18,5°C (WERNECK et al., 2000).

Atualmente, a universidade conta com um total de 11.736 alunos, incluindo pós-graduação e as modalidades de graduação presencial e à distância, 674 técnicos administrativos e 984 professores (UFOP, 2023).

4.2 Elaborando o Inventário

4.2.1 Identificação das fontes de emissão

A elaboração de um inventário de emissões deve ser iniciada pela definição dos limites organizacionais e dos limites operacionais.

Quanto aos limites organizacionais, nesse trabalho foi considerada uma abordagem de controle operacional, ou seja, uma abordagem onde a instituição responde por 100% das emissões de GEE apenas das operações que controla diretamente. Por exemplo, esse trabalho sugere que a combustão de veículos que fazem transporte de estudantes e funcionários da UFOP sejam considerados para cálculo das emissões por combustão móvel, mas não as emissões dos veículos utilizados pelos estudantes e funcionários para se deslocar das residências até o Campus.

Já quanto aos limites operacionais, o *GHG Protocol* define três escopos para registro e relatório de GEE, conforme foi explicado na Seção 3.3 desse trabalho. Os escopos e categorias do *GHG Protocol* podem ser resumidos conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Escopos e categorias consideradas no *GHG Protocol*.

Escopo 1	Combustão estacionária	Combustão móvel	Emissões fugitivas	Processos industriais	Atividades agrícolas	Mudança no uso do solo	Resíduos sólidos	Efluentes
Escopo 2	Eletricidade (localização)	Perdas T&D (localização)	Compra de Energia Térmica	Eletricidade (esc. compra)	Perdas T&D (esc. compra)			
Escopo 3	Transporte & Distribuição upstream	Resíduos sólidos gerados	Efluentes gerados	Viagens e negócios	Deslocamento casa-trabalho	Transporte & Distribuição downstream		

Fonte: GHG Protocol.

No Escopo 1 estão todas as fontes que pertencem ou são controladas pela instituição e são denominadas emissões diretas. As atividades associadas às emissões diretas são:

- Combustão estacionária, que se refere a queima de combustível por equipamentos estacionários próprios, como caldeiras, fornos ou turbinas;
- Combustão móvel, que se refere a queima de combustível por equipamentos móveis, como automóveis, caminhões, tratores, navios ou aviões (modais rodoviário, ferroviário, hidroviário e aéreo);
- Emissões fugitivas, que se refere a emissões resultantes de lançamento intencional ou acidental de GEE, como por equipamentos de refrigeração e ar condicionado,

extintores de incêndio, fugas de metano devido ao transporte de gás ou utilização de hexafluoreto de enxofre (SF₆) e trifluoreto de nitrogênio (NF₃);

- Processos industriais, que se refere ao processamento ou fabricação de produtos químicos e materiais, como cimento ou alumínio e processamento de resíduos;
- Atividades agrícolas, que se refere a processos agrícolas em geral, como criação animal ou processamento de grãos;
- Mudança de uso do solo, que se refere, por exemplo, a emissões por remoção da vegetação;
- Resíduos sólidos e Efluentes, que se referem as emissões dos tratamentos de efluentes e resíduos produzidos pela instituição.

No Escopo 2 são contabilizadas as emissões da geração de eletricidade adquirida ou consumida pela instituição, bem como as emissões indiretas por perdas de transmissão e/ou distribuição (denominadas “Perdas T&D” na Tabela 2). Esse escopo traz duas abordagens distintas para contabilização das emissões: a primeira é a abordagem baseada na localização (*location-based* – “localização” na Tabela 2), em que é utilizado como fator de emissão a média das emissões para geração de eletricidade que compõem o Sistema Interligado Nacional (SIN) (FGV, 2009), e o segundo é a abordagem baseada na escolha de compra (*Market-based* – “esc. compra” na Tabela 2), em que é utilizado o fator de emissão específico associado a cada fonte de geração de eletricidade que a instituição escolheu adquirir. Para esse trabalho foi escolhida a primeira abordagem: abordagem baseada na localização.

No Escopo 3 estão as fontes de emissões indiretas decorrentes de atividades que a instituição não detém o controle. Estão incluídas nesse escopo as atividades terceirizadas, arrendadas e franquias. As atividades associadas às emissões indiretas do Escopo 3 são:

- Transporte e distribuição *upstream*, que se refere ao transporte de materiais em veículos que não sejam da organização ou bens comprados;
- Resíduos sólidos e efluentes gerados em operações, que se referem àqueles gerados pela produção de materiais e combustíveis comprados ou dos produtos vendidos no final de sua vida;
- Viagens e negócios dos colaboradores em veículos que não sejam da organização;
- Deslocamento casa-trabalho pelos colaboradores em veículos que não sejam da organização;
- Transporte e distribuição *downstream*, que se refere a utilização de produtos e serviços vendidos.

Foi feita uma análise minuciosa dos escopos e categorias definidos pelo programa *GHG Protocol* e identificação de quais são as atividades fontes de emissão de GEE no Campus Morro do Cruzeiro que devem ser inventariadas.

4.2.2 Coleta de dados

O levantamento de dados para o Campus Morro do Cruzeiro foi feito por meio de consulta a Pró-reitoria de Administração (Proad), Pró-reitoria de Planejamento (Proplad), Prefeitura do Campus (Precam) e Gestão de Resíduos Sólidos da UFOP (Grufop). O contato foi feito por e-mail e comunicação pessoal. Infelizmente, nem todas as tentativas de contato foram bem-sucedidas e, por isso, o número de dados coletados foi pequeno. Por isso, esse trabalho tem como objetivo listar, de forma clara e sucinta, quais dados a UFOP precisa ter para alcançar um inventário mais completo.

Adicionalmente, foram buscados inventários de emissões de outras IES da Rede Federal a fim de: 1) subsidiar a escolha dos escopos e categorias a serem inventariadas, 2) subsidiar estimativas para variáveis que não fossem obtidas nas consultas feitas aos órgãos da UFOP e 3) subsidiar uma discussão sobre as estimativas de emissão do Campus Morro do Cruzeiro da UFOP. Os inventários de outras IES foram encontrados na plataforma Google Acadêmico utilizando as palavras-chave: emissões de GEE em universidade, gases de efeito estufa, inventário de emissões, GEE, estimativa de emissões de GEE. Foram pesquisados trabalhos de conclusão de curso (graduação e pós-graduação) e artigos de qualquer data. Foram considerados apenas os inventários que detalhassem os dados utilizados nos cálculos – e não apenas o valor final das emissões.

4.2.3 Ferramentas de cálculo

Os cálculos foram realizados utilizando, principalmente, a planilha de Microsoft® Office Excel fornecida no site do Programa Brasileiro *GHG Protocol* (disponível em <https://eaesp.fgv.br/centros/centro-estudos-sustentabilidade/projetos/programa-brasileiro-ghg-protocol>), onde cada dado foi adicionado ao escopo referente para obter a precisão nas conversões e cálculos de emissões. Os dados coletados na UFOP para a realização deste estudo possibilitaram os seguintes cálculos:

○ *Emissão de CO₂ por consumo de energia elétrica*

A Equação 1 utiliza a multiplicação entre o consumo de energia elétrica (CE_y) e o fator de emissão de CO₂ do ano y pela rede elétrica.

$$Emissão = CE_y * EF_y \text{ (Eq. 1)}$$

○ *Emissão de CO₂ pelos resíduos sólidos gerados*

A ferramenta *GHG Protocol* não especifica ao certo como é feita a conversão e os cálculos para encontrar a quantidade de CO₂e gerada por resíduos sólidos. Foi possível identificar que o cálculo é feito a partir dos dados anuais de característica climática da região (temperatura, precipitação e potencial de evapotranspiração), quantidade de resíduos em toneladas, composição do resíduo em porcentagem, classificação do aterro nas categorias:

- A – Não possui a classificação;
- B – Aterro com profundidade menor que 5 metros;
- C – Aterro com profundidade maior ou igual a 5 metros;
- D – Aterro sanitário;
- E – Aterro semi-aeróbico manejado.

Também podem ser acrescentados dados de recuperação de CH₄, se houver. Todos os valores podem ser adicionados em uma faixa de 30 anos, caso haja dados, para obter uma maior precisão no cálculo total.

○ *Emissão de CO₂ pelos efluentes líquidos*

Assim como no caso dos resíduos sólidos, o cálculo de emissão de CO₂ equivalente com os dados de efluentes líquidos não é especificado pelo programa. Foi possível identificar que o cálculo utiliza valores de quantidade de efluentes líquido por ano (m³/ano), dados de composição orgânica do efluente (DBO ou DQO), tipo de tratamento aplicado e se há recuperação de CH₄ para realizar os cálculos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Detalhamento das fontes emissoras

A partir da análise feita nesse trabalho, foi possível sugerir uma configuração mais específica dos Escopos 1, 2 e 3 para atender às particularidades das atividades exercidas no Campus Morro do Cruzeiro da UFOP, que está apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 – Caracterização dos Escopos 1, 2 e 3 para o Campus Morro do Cruzeiro da UFOP.

Escopo	Conjunto de Fontes Emissoras	
Escopo 1 Emissões diretas	Consumo de combustíveis	Emissões de consumo de combustíveis em veículos e equipamentos próprios ou locados pela instituição para operar sob sua gestão. Emissões do consumo de gases em laboratórios e cozinhas
	Emissões fugitivas	Emissões que podem vir a ocorrer por vazamento de gases de efeito estufa em laboratórios, aparelhos de ar condicionado/refrigeradores e extintores de incêndio
	Resíduos sólidos	Emissões dos tratamentos e disposição final de resíduos
	Efluentes	Emissões dos tratamentos de efluentes
Escopo 2 Emissões indiretas da energia adquirida	Eletricidade	Emissões da geração da energia adquirida da rede da Cemig
Escopo 3 Outras emissões indiretas	Consumo de combustíveis	Emissões de consumo de combustíveis em equipamentos de terceiros contratados para execução de serviços dentro do Campus
	Viagens e negócios	Emissões de viagens aéreas, em automóveis ou em ônibus (como de docentes, técnicos e membros da administração) para eventos diversos ligados à pesquisa, ensino, extensão ou atividade administrativa

Fonte: Autora (2023).

5.2 Dados para estimativa de GEE em Campus Universitário

Considerando o funcionamento da instituição e todos os equipamentos e atividades nela que emitem GEE, os dados a serem aplicados no programa *GHG Protocol* para a obtenção de um inventário completo de emissões estão representados na Tabela 4.

Tabela 4 – Detalhamento dos dados necessários para um inventário completo das emissões do Campus Morro do Cruzeiro da Ufop. Dados com um asterisco (*) foram obtidos nesse trabalho para um inventário preliminar.

		Dados necessários	Unidade
Escopo 1	Combustão estacionária	1- Descrição da fonte (por exemplo, gases GLP em laboratórios e cozinhas)	-
		2- Combustível utilizado	-
		3- Quantidade consumida	t
	Combustão móvel (para veículos da Universidade, locados ou para execução de serviços por terceirizados)	1- Descrição da frota (é necessário descrever cada veículo ou equipamento, incluindo o ano da frota)	-
		2- Tipo da frota de veículos	-
		3- Consumo de combustível	L/mês
	Resíduos sólidos*	1- Dados climáticos anuais médios do aterro de destinação dos resíduos (temperatura (°C), precipitação (mm/ano), evapotranspiração (mm/ano)).	
		2- Quantidade de resíduos enviados ao aterro	t/ano
		3- Composição do resíduo (A gravimetria da planilha de cálculo é dividida em A - Papéis/papelão; B - Resíduos têxteis; C - Resíduos alimentares; D - Madeira; E - Resíduos de jardim e parque; F - Fraldas; G - Borracha e couro; H - Lodo de esgoto; outros materiais inertes)	%
		4- Classificação do aterro (A, B C, D)	
Efluentes líquidos*	1- Quantidade de efluente líquido gerada no ano do inventário	m ³ /ano	

		2- Componente orgânico degradável do efluente (Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO ou Demanda Química de Oxigênio – DQO e Quantidade de Nitrogênio no efluente gerado)	kg/m ³
		3- Tipo de tratamento aplicado ao efluente	
		4- Fator de conversão de metano	MCF ⁻¹
Escopo 2	Eletricidade*	1- Dados mensais do gasto de energia elétrica	MWh
Escopo 3	Viagens e negócios	1- No caso de viagens aéreas: Informações sobre as origens e destinos das viagens (cidade ou sigla do aeroporto ou quilômetros percorridos) No caso de viagens de ônibus: Informações sobre a distância percorrida, tipo de ônibus (de viagem ou municipal) No caso de automóveis: tipo de frota de veículos, ano da frota e consumo de combustível (L/mês)	
		Número de vezes que o trecho foi percorrido/voador	-

Fonte: Autora (2023).

Adicionalmente ao levantamento de dados feito na UFOP, foi realizado um levantamento na literatura sobre inventários de emissões em diferentes universidades. Na Tabela 5 estão apresentados a quantificação de emissão de GEE para cada uma das categorias consideradas no *GHG Protocol* visando atender às particularidades das atividades exercidas na IES estudada.

Tabela 5 – Dados coletados em inventários de emissões de diferentes IES da Rede Federal brasileiras.

REFERÊNCIA		DADOS COLETADOS EM CADA ESTUDO										
TÍTULO	AUTOR	COMBUSTÃO ESTACIONÁRIA - CO2(kg)	COMBUSTÃO MÓVEL - CO2(kg)	EMISSIONES FUGITIVAS - CO2(kg)	RESÍDUOS SÓLIDOS - CO2(kg)	ENERGIA ELÉTRICA - CO2(kg)	GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO - CO2(kg)	EFLUENTES LÍQUIDOS - CO2(kg)	ENERGIA PARA PRODUÇÃO DE ALIMENTO - CO2(kg)	EMISSIONES AGRÍCOLA - CO2(kg)	TAMANHO DA UNIVERSIDADE EM NÚMERO DE PESSOAS	TOTAL DE EMISSIONES (kg)
INVENTÁRIO E PROPOSTA DE GERENCIAMENTO DE GASES DE EFEITO ESTUFA (GEE) NA UTFPR: estudo de caso do Câmpus Mourão	EVANDRO EIZO RONCAGLIA YABUSHITA	882393	25994,54	5520	2635	38083	—	198	—	—	31988 (em 2018)	954823,54
INVENTÁRIOS DE EMISSIONES DE GASES DE EFEITO ESTUFA REFERENTES AOS ANOS DE 2019 E 2020 DA UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ - CAMPUS CAMPO MOURÃO	JÚLIO DIÓGENES SCHUQUEL TOMÉ	6620 em 2019 1310 em 2020	26502 em 2019 6470 em 2020	30 em 2019 270 em 2020	—	58180 em 2019 22030 em 2020	—	—	—	—	31989 (em 2018)	91332 (em 2019) 30080 (em 2020)

TÍTULO	AUTOR	COMBUSTÃO ESTACIONÁRIA - CO2(kg)	COMBUSTÃO MÓVEL - CO2(kg)	EMISSIONES FUGITIVAS - CO2(kg)	RESÍDUOS SÓLIDOS - CO2(kg)	ENERGIA ELÉTRICA - CO2(kg)	GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO - CO2(kg)	EFLUENTES LÍQUIDOS - CO2(kg)	ENERGIA PARA PRODUÇÃO DE ALIMENTO - CO2(kg)	EMISSIONES AGRÍCOLA - CO2(kg)	TAMANHO DA UNIVERSIDADE EM NÚMERO DE PESSOAS	TOTAL DE EMISSIONES (kg)
AVALIAÇÃO DA EMISSÃO E SEQUESTRO DE CARBONO NA UFS, CAMPUS DE SÃO CRISTOVÃO	FRANCIANE DOS SANTOS	—	10936720	—	7729300	1103190	70580	40	—	—	26583 (em 2022)	19839830
BALANÇO DE GASES DE EFEITO ESTUFA DA UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO, NO CAMPUS SEROPÉDICA	FERNANDA RAQUEL RODRIGUES MARTINS	—	8952580	—	789690	842110	—	—	180390	—	20458 (em 2019)	10764770

TÍTULO	AUTOR	COMBUSTÃO ESTACIONÁRIA - CO2(kg)	COMBUSTÃO MÓVEL - CO2(kg)	EMISSIONES FUGITIVAS - CO2(kg)	RESÍDUOS SÓLIDOS - CO2(kg)	ENERGIA ELÉTRICA - CO2(kg)	GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO - CO2(kg)	EFLUENTES LÍQUIDOS - CO2(kg)	ENERGIA PARA PRODUÇÃO DE ALIMENTO - CO2(kg)	EMISSIONES AGRÍCOLA - CO2(kg)	TAMANHO DA UNIVERSIDADE EM NÚMERO DE PESSOAS	TOTAL DE EMISSIONES (kg)
ESTUDO DE NEUTRALIZAÇÃO DOS GASES DE EFEITO ESTUFA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS - REITORIA E CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS: UMA FORMA DE MITIGAÇÃO AMBIENTAL	Diego Robson Rocha dos Santos, Aurélio Pessoa Picanço, Girlene Figueiredo Maciel, Juan Carlos Valdés Serra	1220	154380	—	—	52540	—	—	—	10170	15169 (alunos)	218310
ELABORAÇÃO E AVALIAÇÃO DO INVENTÁRIO DE EMISSIONES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DA UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ (UTFPR) - CÂMPUS CURITIBA (CT)	BRUNO WILLYAN LUNELLI PIRES, DÉBORA CRISTINA COLLA	—	75790	—	2014103	436,45	113024,5	—	—	—	31988 (em 2018)	2207253,95

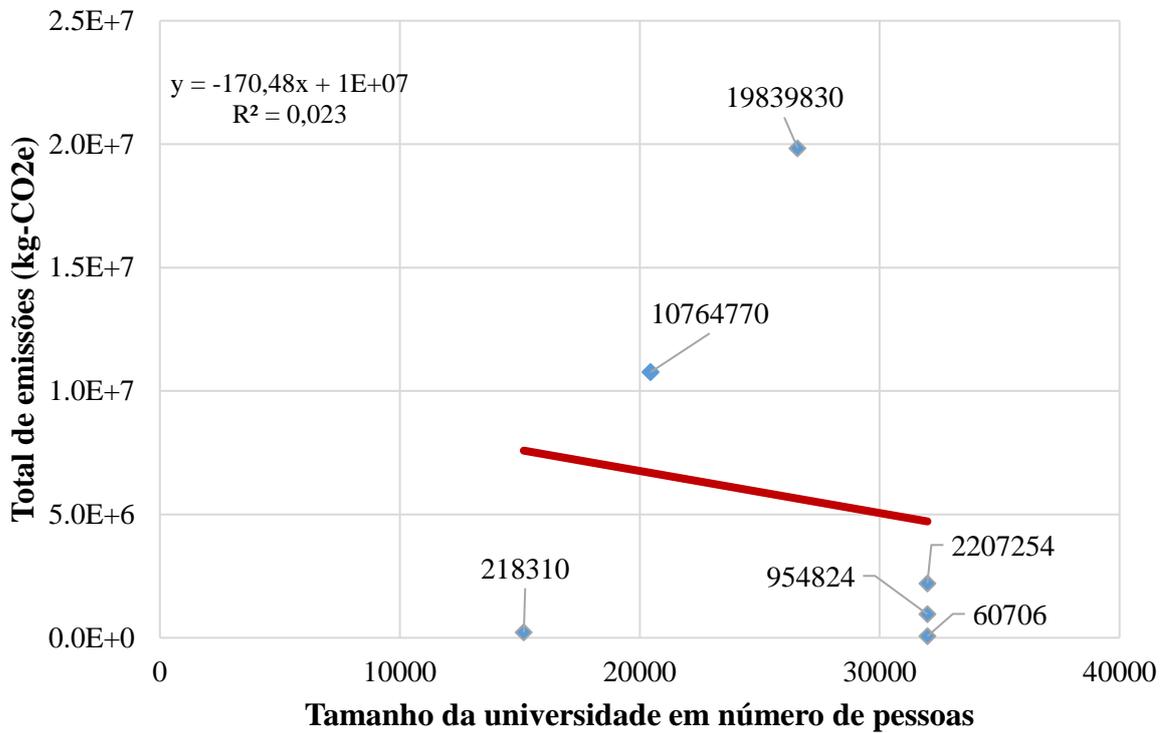
Fonte: Autora (2023).

Três dos seis estudos encontrados foram realizados na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), porém os parâmetros considerados na finalização do estudo foram distintos. Em todas as IES estudadas, os dados coletados pelos autores foram fornecidos pela própria reitoria ou estimados através de questionários aplicados à comunidade geral dos Campi.

Dentre as categorias mais consideradas nos estudos estão a combustão móvel (incluindo combustão móvel proveniente dos veículos que circulam pelo campus - citada 6 vezes), gasto de energia elétrica (citada 6 vezes), resíduos sólidos gerados pela utilização do Campus (citada 4 vezes), combustão estacionária (citada 3 vezes), emissões fugitivas vindas das recargas de extintores de incêndio (citada 2 vezes), efluentes líquidos proveniente do esgoto doméstico (citada 2 vezes), energia para produção de alimento (tais como os combustíveis e lenha utilizados na cozinha – citada 1 vez), e emissões agrícolas resultantes da aplicação de fertilizantes (citada 1 vez). Nenhum dos estudos analisados consideraram categorias do Escopo 3.

Uma análise interessante que pode ser feita a partir do banco de dados formado pela revisão de literatura dos inventários de outras IES é a correlação os valores totais de emissões com o tamanho das universidades em função dos números de alunos e funcionários. Conclui-se que não há uma relação direta entre o tamanho da universidade e o total de emissões de carbono (Figura 6). Por exemplo, há uma circulação maior de pessoas na UTFPR (31988 pessoas) do que na Universidade Federal Rural do Rio (20458 pessoas) e mesmo assim o total de emissões da UFRRJ (19.839.830 kg-CO₂e) é cerca de 8 vezes maior que o índice mais alto apresentado pela UTFPR (2.207.253,95 kg-CO₂e). Esse fato pode estar ligado a vários fatores, tais como a localização da IES, os tipos de atividades exercidas, a incerteza associada a estimativa ou simplesmente a falta de planejamento sustentável.

Figura 6 – Relação entre o total de emissões e o tamanho da universidade.



Fonte: Autora (2023).

Portanto, com essa análise, conclui-se que não é possível fazer uma regressão linear relacionando os dados de emissões e o tamanho da universidade por não haver uma relação direta entre eles. Possivelmente existem outros fatores que fazem com que uma universidade maior emita menos GEE que uma menor, porém esses fatores não foram explicitados nos trabalhos analisados.

Dentre as universidades brasileiras, uma que se destaca na área de sustentabilidade é a Universidade Federal de Lavras – UFLA, sendo reconhecida pelo *GreenMetric World University Ranking* ocupando o 26º lugar no ranking, tendo a melhor colocação entre as universidades da América Latina (Rede Globo, 2015). Essa relação entre a universidade e a sustentabilidade começou em 2009 quando o então reitor José Roberto Escolforo apresentou a proposta de criar uma Diretoria de Meio Ambiente no Campus com a intenção de realizar a gestão de resíduos químicos, além da implementação da coleta de resíduos sólidos, criação de uma estação de tratamento de esgotos e

outras pequenas ações que somadas resultaram em uma diminuição significativa na poluição gerada pelo Campus. Atualmente a UFLA é uma referência em sustentabilidade em uma IES.

5.3 Estimativa das emissões para o Campus Morro do Cruzeiro

Os cálculos foram realizados na ferramenta do *GHG Protocol* enquadrando os valores de resíduos sólidos e efluentes no Escopo 1 e os dados de energia elétrica no Escopo 2. Uma vez que a UFOP ainda não possui a cultura institucional de realizar inventários de emissão, cada dado obtido refere-se a um ano diferente entre 2019 e 2023. Vale lembrar que a UFOP esteve com atividades suspensas devido a pandemia de COVID-19 no período de março de 2020 a fevereiro de 2022.

5.3.1. Energia elétrica

Por se tratar de uma instituição pública federal, a UFOP compra energia elétrica de média/alta tensão THS A4 Verde, sem adição de impostos. A UFOP possui fatura única para todo o Campus e não há discriminação de consumo por prédios. Os dados do histórico de consumo apresentados na conta de luz do ano de 2019 foram utilizados para a realização dos cálculos. Uma vez que não há permissão da UFOP para divulgação desse histórico de consumo, ele não será divulgado nesse trabalho. Primeiramente foi necessário o cálculo do valor médio de energia (kWh) e a conversão de kWh para a unidade utilizada pelo programa (MWh), que resultou em 0,38 MWh.

O valor encontrado foi inserido no programa gerando automaticamente o resultado de 0,05t/ano de CO₂ emitidos.

5.3.2. Resíduos sólidos

Os dados de resíduos sólidos gerados provenientes das atividades do Campus foram obtidos pelo GRUFOP no dia 02/02/2023. Os dados de quantidade e gravimetria dos resíduos foram cedidos para a realização dos cálculos, mas fazem parte de um projeto de pesquisa em andamento e não serão divulgados nesse trabalho. Para a realização dos cálculos na ferramenta do *GHG Protocol*, o valor total encontrado passou pela conversão simples de quilos por dia para toneladas por ano utilizando a Equação 3.

$$Mt = (massa * 365) * 10^{-3} \text{ (Eq. 3)}$$

O valor da quantidade de resíduos gerados encontrado após a conversão foi de 156,12t/ano. Em seguida, utilizou-se os valores de temperatura média anual (20,8°C) e precipitação média anual (169,3mm/ano) da cidade com aterro sanitário mais próxima disponível na plataforma para a realização dos cálculos. Os dados utilizados foram da cidade de Belo Horizonte e coletados no site do ClimaTempo que apresenta as medias climatológicas a partir de uma série de dados de 30 anos de observação.

A gravimetria dos resíduos foi considerada nos cálculos sendo separados nas categorias papel/papelão, resíduos têxteis, resíduos alimentares (resíduos biodegradáveis) e outros materiais inertes (rejeitos). As classes que não haviam dados (madeira, resíduos de jardim e parque, fraldas, borracha e couro e lodo de esgoto) receberam valor zero. Os dados, em porcentagem, da gravimetria são considerados no cálculo do teor de componente orgânico degradável (DOC), variando dependendo da natureza do material. A porcentagem de DOC encontrada foi de 0,07%, de acordo com os materiais considerados no cálculo da plataforma.

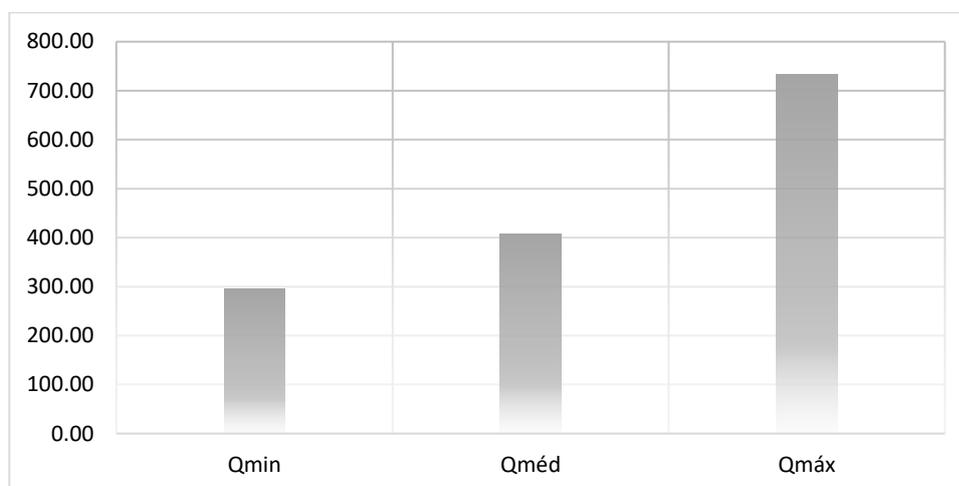
Para atingir uma maior precisão do valor total de emissões de CO₂ por ano, é necessário ter dados de, pelo menos, 10 anos anteriores ao ano desejado para o inventario. Visto que foram fornecidos dados referentes apenas a um ano específico, o preenchimento dos outros anos requeridos foi feito com esse mesmo dado. O valor encontrado pela plataforma foi de 19,5 t-CO₂/ano.

5.3.3. Efluente líquido

Os dados utilizados para cálculo foram retirados do “Projeto do Sistema de Tratamento das Águas Residuárias do Campus da UFOP em Ouro Preto” desenvolvido em colaboração pelos professores Aníbal da Fonseca Santiago e Paulo de Castro Vieira no ano de 2019 e disponibilizado pela Precam.

As águas residuárias foram caracterizadas quanto à vazão e características, físicas, químicas e biológicas. Os pontos de coleta foram a Bacia 1 – RU/DEGEO e Bacia 2 – Volta do vento, com a utilização de baldes graduados e um cronometro que mediu o tempo de preenchimento de determinado volume no balde. As águas coletadas foram reunidas em uma caixa de passagem no início da estação de tratamento para que fossem tratadas em conjunto. As vazões encontradas foram somadas e foi retirada uma média desses valores (Figura 7).

Figura 7 – Vazões de projeto das águas residuárias totais do campus da UFOP: bacia 1 + bacia 2.



Fonte: Adaptação do “Projeto do Sistema de Tratamento das Águas Residuárias do Campus da UFOP em Ouro Preto” – VIEIRA P. C.; SANTIAGO A. F. (2020).

O dado de vazão média apresentado está na unidade de m³/dia e precisou ser transformado para m³/ano para ser utilizado na ferramenta do *GHG Protocol* como uma estimativa anual. Uma conversão simples foi realizada utilizando a Equação 4.

$$Q = (Q_{méd} * 24) * 365 \text{ (Eq. 4)}$$

Para o cálculo, também foi necessário utilizar o valor da DBO encontrada nas bacias. Como resultados. A estimativa anual de vazão foi de 148.847 m³/ano e a DBO total anual encontrada foi de 69.871.950 g/hab, que pôde ser calculada pela Equação 5:

$$DBO = (C * H) * 365 \text{ (Eq. 5)}$$

Onde:

C = contribuição per capita (do projeto);

H = equivalente populacional (do projeto);

365 = dias do ano para se obter um parâmetro anual.

Para a utilização deste valor na tabela do *GHG Protocol*, é necessária a conversão de gramas para quilos por metro cubico, encontrando o valor de 69,87 kg/m³ de DBO. Os dados calculados foram inseridos na ferramenta resultando em um valor de 17.471,89 t de CO₂ emitidos por ano e 624 t/ano de CH₄ também emitidas pelo efluente.

5.3.4. Cálculo preliminar de emissões de GEE

Para obter o valor total de emissões anuais de CO₂, os resultados obtidos de resíduos sólidos (19,5 t/ano), energia elétrica (0,05 t/ano) e efluentes (17.471,89 t/ano) foram somados chegando ao valor de, aproximadamente, 17.491,44 t/ano (ou 17.491.440 kg/ano), emitidos pelo Campus Morro do Cruzeiro.

Ao comparar com as outras universidades (Tabela 6), a UFOP ocupa o segundo lugar de Universidade que mais emite CO₂.

Tabela 6 – Comparativo entre as universidades analisadas.

Universidade	kg-CO ₂ /ano
UFS	19.839.830,00
UFOP	17.491.440,00
UFRRJ	10.764.770,00
UTFPR	2.207.253,95
UTFPR	954.823,54
UFT	218.310,00

Fonte: Autora (2023).

Para melhor interpretação desse resultado é preciso levar em consideração que os dados foram obtidos de diferentes fontes e anos. Para que um inventário mais completo e preciso seja feito é preciso um arranjo institucional, administrativo e técnico que garanta a coleta e gestão da qualidade de dados – dados de alta qualidade tem mais valor.

De posse dos dados do inventário é possível estabelecer uma meta de emissões de GEE, mesmo que ela tenha caráter voluntário. Nesse aspecto o inventário deve estar intimamente ligado ao Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI) da UFOP. Por exemplo, a redução das emissões pelo consumo de eletricidade é possível pelo investimento em autogeração baseada em energias renováveis e no aumento da eficiência energética. A partir dos cálculos foi possível notar que o tratamento adequado dos efluentes líquidos e resíduos sólidos do Campus deve ser tratado como uma urgência, não só pelo aspecto legal, mas também pelo potencial de emissão de GEE.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O inventário de emissões é uma ferramenta fundamental para que as organizações e instituições possam entender e gerenciar suas emissões de gases de efeito estufa e outros poluentes. Por meio dele, é possível quantificar e monitorar as emissões, identificar áreas críticas para a implementação de ações de mitigação e monitorar a eficácia dessas ações ao longo do tempo.

Para a realização de um inventário, existe a necessidade da avaliação do maior número de informações possíveis e precisas sobre o funcionamento da universidade. A gerencia desses dados é importante, também, para o controle de utilização de recursos e possibilita a realização de estudos que visam a melhoria dos exercícios dentro do campus.

Este trabalho foi realizado pensando na importância da realização de um inventário de emissões de GEE em Campus Universitário para obter a melhoria do funcionamento da UFOP no âmbito ambiental.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAPTACLIMA. **Adaptação à mudança climática.** Disponível em: <http://adaptaclima.mma.gov.br/adaptacao-a-mudanca-do-clima>. Acessado em: 16 de março de 2023.
- ANTUNES, R., G.; QUALHARINI, E. L. **A Norma Brasileira de Mudanças Climáticas – ABNT NBR ISSO 14064.** IV Congresso Nacional de Excelência em Gestão. Niterói, RJ, 2008.
- BRAGA, B; HESPANHOL, I. **Introdução à Engenharia Ambiental.** São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.
- BRASIL. Casa Civil. **Contribuição Nacionalmente Determinada do Brasil.** Brasília, DF, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/comite-interministerial-sobre-mudanca-do-clima/arquivos-cimv/item-de-pauta-3-paris-agreement-brazil-ndc-final-1.pdf/view>. Acesso em: 22 mar. 2023.
- BRIANEZI, D., JACOVINE, L. A. G., SOARES, C. P. B., GONÇALVES, W., ROCHA, S. J. S. S. (2014). **Balanco de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa no Campus da Universidade Federal de Viçosa.** Artigo, Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Florestal.
- CENAMO, M. C. (2004). **Mudanças Climáticas, O Protocolo de Quioto e Mercado de Carbono.** Relatório de Estágio, CEPEA.
- FCCC (2015). **Report of the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Kyoto Protocol on its seventh session, held in Durban from 28 November to 11 December 2011.** <https://unfccc.int/resource/docs/2011/cmp7/eng/10a01.pdf>
- FGV – Fundação Getúlio Vargas. Centro de Estudos em Sustentabilidade da EAESP. **Guia para a elaboração de inventários corporativos de emissões de gases do efeito estufa.** São Paulo: FGV, 2009. 22p. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/proclima/wp-content/uploads/sites/36/2014/05/cartilha_ghg_online.pdf. Acessado em: 22 de março de 2023
- Estratégia ODS.** Disponível em: <https://www.estrategiaods.org.br/> Acesso em 10 de março das 2023 às 13:00.

KROST (2023). **Environmental, social, and governance (ESG) reporting & consulting**.
<https://www.krostcpas.com/services/environment-social-and-governance-esg-reporting-consulting>

MATTHEWS, W.H.; KELLOGG, W.; ROBINSON, G.D. **Global Environment: Man's Impact on the Climate**. M.I.T. Press, Cambridge, Mass., 1971. xviii, 594 pp

GREENHOUSE GAS PROTOCOL, **Aplicação no cenário brasileiro**. Disponível em:
<https://eaesp.fgv.br/centros/centro-estudos-sustentabilidade/projetos/programa-brasileiro-ghg-protocol> Acesso em 12 de janeiro das 2023 às 10:00.

GREENHOUSE GAS PROTOCOL, **About Us**. Disponível em: <https://ghgprotocol.org/about-us>

GREENHOUSE GAS PROTOCOL, **Calculation tools**. Disponível em:
<https://ghgprotocol.org/calculation-tools>

Grupo NEWSPACE - PACTO GLOBAL DAS NAÇÕES UNIDAS. Disponível em:
https://gruponewspace.com.br/wp-content/uploads/2022/01/NSP_RELATORIO_Pacto-Global_21_REVISADO.pdf Acesso em 10 de março das 2023 às 14:30.

HELENE, M. E. M.; BUENO, M. A. F.; GUIMARÃES, M. R. F. ; PACHECO, Maria R. ; NUNES, E. **Poluentes atmosféricos**. 1. ed. São Paulo, SP: Scipione, 2007. 63 p

HOUGHTON, J. T.; MEIRA FILHO, L. G.; BRUCE, J. P.; LEE, H.; CALLANDER, B. A.; HAITES, E. F. (Eds.). **Climate change 1994: radiative forcing of climate change and an evaluation of the IPCC 1992 IS92 emission scenarios**. Cambridge University Press.1995.

IPCC, 2007: **AR4 Climate Change 2007: Synthesis Report** [Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4_syr_full_report.pdf

IPCC, 2022: **Summary for Policymakers** [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem (eds.)]. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate

Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3–33, doi:10.1017/9781009325844.001.

MERCER, J. H. “**Antarctic ice and Sangamon sea level,**” 1968

JUNIOR S. B. - **ESG, Impacto Ambientais e Contabilidade.** Disponível em: <http://www.atena.org.br/revista/ojs-2.2.3-06/index.php/pensarcontabil/article/viewFile/3630/2772> Acesso em 10 de março das 2023 às 14:30.

LACASTA, N. S., BARATA, P. M. (1999). **O Protocolo de Quioto Sobre Alterações Climáticas: Análise e Perspectivas.** Programa: Clima e Eficiência Energética.

LI, T. T.; WANG, K.; SUEYOSHI, T.; WANG, D. D. **ESG: Research progress and future prospects.** Sustainability, 13(21), 11663, 2021.

MARTINS, F. R. R. (2015). **Balço De Gases De Efeito Estufa Da Universidade Federal Rural Do Rio De Janeiro, No Campus Seropédica.** Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Engenharia Florestal.

National Geographic (2020) - **Emissões de gases estufa aumentam no Brasil – atividades rurais lideram.** Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/2020/11/emissoes-de-gases-estufa-aumentam-no-brasil-atividades-rurais-lideram> Acesso em 10 de março das 2023 às 14:00.

ORSOLON, M. Crédito de Carbono. Potência, São PauloSP, n. 14, p. 16-26, abril de 2006. PEARCE, F. **O aquecimento global.** São Paulo-SP: Publifolha, 2002. 72p.

PACTO GLOBAL e STILINGUE (2021) – **A evolução do ESG no Brasil.** Disponível em: <https://www.pactoglobal.org.br/pg/esg> Acesso em 10 de março das 2023 às 14:30.

IPCC - Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. **Sumário para Tomadores de Decisão.** In: Sexto Relatório de Avaliação. Genebra: IPCC, 2021. 36 p.

PILEGGI, S. F.; LAMIA, S. A. **Climate change timeline: an ontology to tell the story so far.** IEEE access, 8, 65294-65312, 2020

- PINSKY, V. C.; GOMES, C. M.; KRUGLIANSKAS, I. **Metas brasileiras no Acordo de Paris: reflexões sobre o papel das universidades.** Rev. Gest. Ambient. Sustentabilidade-GeAS. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.5585/geas.v8i2.1229>
- MANABE, S.; WETHERALD, R.T. “Thermal equilibrium of the atmosphere with a given distribution of relative humidity,” J. Atmos. Sci., vol. 24, no. 3, pp. 241–259, May 1967.
- Revista ensino superior (2021). **ESG e as Instituições de Ensino.** <https://revistaensinosuperior.com.br/2021/12/02/esg-e-as-ies/>
- Revista Jovem Explorador (2023). **Efeito estufa.** http://www.jovemexplorador.iag.usp.br/?p=blog_EfeitoEstufa
- SANTOS, F. **Avaliação da Emissão e Sequestro de Carbono na Ufs, Campus de São Cristovão.** Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal de Sergipe.2017.
- SEEG, 2019. **Análise das Emissões Brasileiras de Gases de Efeito Estufa e Suas Implicações para as Metas de Clima do Brasil 1970 – 2019.** https://seeg-br.s3.amazonaws.com/Documentos%20Analiticos/SEEG_8/SEEG8_DOC_ANALITICO_SINTESE_1990-2019.pdf
- SILVA, C. M. J.; BOZELLI, L. R.; SANTOS, F. L.; LOPES, F. A. **Impactos Ambientais da Exploração e Produção de Petróleo na Bacia de Campos, RJ.**IN: IV Encontro Nacional da Anppas 4,5 e 6 de junho de 2008 Brasília - DF – Brasil. Sociedade, v. 4, n.8, p.49-68, 2001a.
- Stanford Social Innovation Review Brasil - **As diferenças entre ESG e investimento de impacto.** Disponível em: <https://revistaensinosuperior.com.br/2023/03/07/as-diferencas-entre-esg-e-investimento-de-impacto/> Acesso em 10 de março das 2023 às 14:30.
- TOMÉ, J. D. S. (2021). **Inventários de Emissões de Gases de Efeito Estufa Referentes aos Anos De 2019 e 2020 da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Campo Mourão.** Trabalho de conclusão de curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- UNFCCC **The sixth Assessment Report of the IPCC.** Disponível em: <https://unfccc.int/topics/science/workstreams/cooperation-with-the-ipcc/the-sixth-assessment-report-of-the->

ipcc?gclid=CjwKCAjw_MqgBhAGEiwAnYOAeoOqYIFtKOjzAZ0Q3E8worTNsFvX_3G6O4Y1uNoHFpFYfEqJfjQi7RoCrC0QAvD_BwE. Acessado em 20 de março de 2023.

United States Environmental Protection Agency (2022) - **Understanding Global Warming Potentials**. Disponível em: <https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials> Acesso em 10 de março das 2023 às 13:00.

UFOP em números (2023). Disponível em: <https://www.ufop.br/ufop-em-numeros> Acesso em 26 de abril de 2023 às 14:00.

VIEIRA P. C.; SANTIAGO A. F. (2020) - **Projeto do Sistema de Tratamento das Águas Residuárias do Campus da UFOP em Ouro Preto**. Projeto desenvolvido na Universidade Federal de Ouro Preto.

WERNECK, M. S.; PEDRALLI, G.; KOENING, R.; GISEKE, L. F. (2000). **Florística e estrutura de três trechos de uma floresta semidecídua na Estação Ecológica do Tripuí, Ouro Preto, MG**. Revista Brasil. Bot., São Paulo, V.23, n. 1, p.97-106, mar. 2000.

WRI BRASIL (2015). **Metodologia do GHG Protocol da agricultura**. https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards_supporting/Metodologia.pdf

WWF – **Efeito estufa e mudanças climáticas**. Disponível em: https://www.wwf.org.br/nossosconteudos/educacaoambiental/conceitos/efeitoestufa_e_mudancasclimaticas/ Acesso em 10 de março das 2023 às 19:48.

YABUSHITA, E. E. R. (2013). **Inventário e Proposta de Gerenciamento de Gases de Efeito Estufa (Gee) na Utfpr: Estudo de Caso do Campus Campo Mourão**. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, Engenharia Ambiental.

8. ANEXOS

Tabela 7 - Massa de resíduos sólidos do campus Morro do Cruzeiro

Local	Massa (kg)
EM	29,61
LAB EM	28,38
DEGEO	24,8
DEMIN	8,78
RU	56,46
DEART/Oficina	6,11
ICEB	71,78
LTOCE	7,71
CCA	5,97
EDTM	40,54
NUPEB	2,27
ENUTRI	31,09
Centro de vivência	46,31
EFAR	27,57
EMED/Ginásios	26,95
Comunicação	6,49
Convergência	6,91
TOTAL	427,74

Fonte: Adaptação dos dados fornecidos pelo GRUFOP

Tabela 8 - Gravimetria dos resíduos

Tipo	Kg	%
Papel e cartão	0,985	14,3
Plásticos	1,809	26,3
Metais	0,076	1,1
Resíduos biodegradáveis	0,305	4,4
Têxteis	0,166	2,4
Isopor	0,015	0,2
Rejeitos	2,799	40,6
Perigosos (Químicos)	0,732	10,6
TOTAL	6,89	100

Fonte: Adaptação dos dados fornecidos pelo GRUFOP

Tabela 9 - Equivalente populacional dos principais parâmetros considerando as concentrações médias diárias.

Parâmetro	Contribuição per capita (g.hab⁻¹d⁻¹)	Equivalente populacional
DQO	100	2900
DBO	54	3545
SST	60	4546
NTK	8	1381
P-total	1	6874

Fonte: Adaptação do “Projeto do Sistema de Tratamento das Águas Residuárias do Campus da UFOP em Ouro Preto” – VIEIRA P. C.; SANTIAGO A. F. (2020)