REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

ANÁLISE TEMPORAL DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA (GEE) PARA O ESCOPO 2 DO PROGRAMA BRASILEIRO GHG PROTOCOL NA UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS - CAMPUS POÇOS DE CALDAS

TEMPORAL ANALYSIS OF GREENHOUSE GAS (GHG) EMISSIONS FOR SCOPE 2 OF THE BRAZILIAN GHG PROTOCOL PROGRAM AT THE FEDERAL UNIVERSITY OF ALFENAS - POÇOS DE CALDAS CAMPUS

ANÁLISIS TEMPORAL DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI) DEL ALCANCE 2 DEL PROGRAMA BRASILEÑO GHG PROTOCOL EN LA UNIVERSIDAD FEDERAL DE ALFENAS - CAMPUS POÇOS DE CALDAS

Letícia Oliveira Nicácio[1], Davi Luis de Oliveira[2], Patrícia Monte Stefani Perussi[3], Paulo Augusto Zaitune Pamplin[4]

e676606
https://doi.org/10.47820/recima21.v6i7.6606

PUBLICADO: 7/2025

RESUMO

O artigo apresenta um estudo detalhado sobre as emissões de gases de efeito estufa (GEE) na Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL), *campus* Poços de Caldas, utilizando a análise do Escopo 2 do Programa Brasileiro GHG Protocol, no período de 2010 a 2022. O estudo adotou a metodologia de cálculo de emissões de GEE do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), utilizando o método de Tier 2 para análise. Além disso, são discutidas medidas sugeridas para a redução das emissões de GEE no *campus*, visando contribuir para a sustentabilidade ambiental e mitigar os impactos negativos no clima local. A média anual da série histórica foi de 20,1196 tCO_2e. A emissão total acumulada do Escopo 2 para o *campus* foi de 260,8544 tCO_2e. O estudo evidencia a importância de monitorar e gerenciar as emissões de GEE, bem como implementar ações eficazes de redução para promover a sustentabilidade ambiental na instituição.

PALAVRAS-CHAVE: Emissão de GEE. Fator de Emissão. GHG Protocol. Escopo 2.

[1] Mestranda no Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais, Graduada em Engenharia Ambiental, graduada em Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal de Alfenas. Analista ambiental da Fundação Jardim Botânico de Poços de Caldas. Universidade Federal de Alfenasta científica. UNIFAL-MG.

[2] Mestrando no Programa de Pós Graduação em Ciência e Engenharia Ambiental, Graduado em Engenharia Ambiental, graduado em Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal de Alfenas. Universidade Federal de Alfenas. UNIFAL-MG.

[3] Doutora em Ecologia pela Universidade Federal de São Carlos e mestre em Ciências da Engenharia Ambiental pela Universidade de São Paulo. Graduada em Ciências Biológicas pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. Especialista em elaboração de Programas Ambientais e participação em Estudos de Avaliação de Impacto Ambiental nos setores de energia, imobiliário, rodoviários, portuários e minerários. UFSCar.

[4] Graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de São Carlos, mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental pela Universidade de São Paulo e doutorado em Ecologia e Recursos Naturais pela Universidade Federal de São Carlos. Revisor de periódico da Revista Brasileira de Zoologia, Revisor de periódico da Acta Scientiarum. Biological Sciences, Revisor de periódico da Revista Brasileira de Zoociências, Revisor de periódico da Acta Limnologica Brasiliensia, professor titular da Universidade Federal de Alfenas, Revisor de periódico da Journal of Ecology and the Natural Environment e Revisor de periódico da Checklist - Journal of species lists and distribution. Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

ABSTRACT
The article presents a detailed study of greenhouse gas (GHG) emissions at the Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL), campus Poços de Caldas, using the analysis of Scope 2 of the Brazilian GHG Protocol Program, from 2010 to 2022. The study adopted the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) methodology for calculating GHG emissions, using the Tier 2 method for analysis. In addition, suggested measures for reducing GHG emissions at the campus are discussed, with a view to contributing to environmental sustainability and mitigating negative impacts on the local climate. The annual average of the historical series was 20,1196 tCO_2e. The total accumulated Scope 2 emission for the campus was 260,8544 tCO_2e. This work highlights the importance of monitoring and managing GHG emissions, as well as implementing effective reduction actions to promote environmental sustainability at the institution.

KEYWORDS: *GHG Emissions. Emission Factors. GHG Protocol. Scope 2.*

RESUMEN
El artículo presenta un estudio detallado sobre las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el campus Poços de Caldas de la Universidad Federal de Alfenas (UNIFAL), utilizando el análisis del Alcance 2 del Programa Brasileño GHG Protocol, en el período de 2010 a 2022. El estudio adoptó la metodología de cálculo de emisiones de GEI del Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), utilizando el método de Nivel 2 (Tier 2) para el análisis. Además, se discuten medidas sugeridas para la reducción de las emisiones de GEI en el campus, con el objetivo de contribuir a la sostenibilidad ambiental y mitigar los impactos negativos en el clima local. El promedio anual de la serie histórica fue de 20,1196 tCO_2e. La emisión total acumulada del Alcance 2 para el campus fue de 260,8544 tCO_2e. El presente trabajo destaca la importancia de monitorear y gestionar las emisiones de GEI, así como implementar acciones eficaces de reducción para promover la sostenibilidad ambiental en la institución.

PALABRAS CLAVE*: Emisión de GEI. Factor de Emisión. GHG Protocol. Alcance 2.*

INTRODUÇÃO

O efeito estufa é um processo natural, o qual possibilita que a Terra se torne um local habitável. Isto é possível devido à presença de gases na atmosfera que têm como uma de suas principais funções reter parte da radiação solar e, assim, reduzir a variação drástica da temperatura global. Dessa forma, o clima se mantém inalterado quando há um balanço entre a energia solar incidente e a energia refletida na forma de calor pela superfície terrestre. Entretanto, o aumento das emissões antrópicas dos gases de efeito estufa (GEE) têm causado impactos relevantes nesse equilíbrio dos gases atmosféricos (MMA, 2023). Os gases conhecidos como GEE, regulados pelo Protocolo de Quioto, são dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hexafluoreto de enxofre (SF_6), Hidrofluorcarbono (HFC) e Perfluorocarbono (PFC) (ABNT, 2022).

De acordo com o relatório do Painel Intergovernamental para as Mudanças Climáticas – IPCC (2006), houve aumento de 35% da concentração de CO_2 na atmosfera, 148% da concentração de metano e 18% da concentração de N_2O no período entre os anos de 1750 e 2005. Sendo assim, desde o século XX , acredita-se que o aumento de GEE na atmosfera seja

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

proveniente das ações antrópicas. Nesta circunstância, a emissão contínua de GEE pode alterar todos os componentes do sistema climático, ocasionando impactos irreversíveis para os seres humanos e ecossistemas do planeta (IPCC, 2021). Dessa forma, foram estabelecidas reduções substanciais das emissões de GEE para os próximos anos (IPCC, 2014).

Conforme Brasil (2024), para auxiliar nessa problemática, entrou em vigor, no ano de 2005, o Protocolo de Quioto, de forma complementar à Convenção - Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Neste Protocolo foram definidas as metas de redução de emissões de GEE para os países desenvolvidos e os que, à época, apresentavam economia em transição para o capitalismo, considerados os responsáveis históricos pela mudança atual do clima. Assim, cada país negociou a sua própria meta de redução de emissões de GEE em função da sua visão sobre a capacidade de atingi-la no período acordado (Brasil, 2024).

Na 21ª Conferência das Partes (COP21) da *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC), foi aprovado o Acordo de Paris pelos 195 países presentes, de modo que o acordo tem como objetivo reduzir emissões de gases de efeito estufa (GEE) no contexto do desenvolvimento sustentável (Brasil, 2024). O tratado internacional estabelece como objetivo central a contenção do aquecimento global, visando restringir o aumento da temperatura média do planeta a valores inferiores a 2 °C em relação aos níveis pré-industriais, com a recomendação de intensificar esforços para limitar esse acréscimo a no máximo 1,5 °C (IPCC, 2021).

Alguns anos depois, na 28ª Conferência das Partes (COP28), que aconteceu entre novembro e dezembro de 2023, tratou-se a emissão de GEE como assunto prioritário, visando uma transição da chamada “era dos combustíveis fósseis” para uma nova realidade voltada para o consumo sustentável e consciente (UNFCCC, 2023). Ainda durante a conferência, o Brasil foi formalmente confirmado como país sede da 30ª Conferência das Partes (COP30), que ocorrerá em 2025 e trará como pauta de discussão o balanço global sobre o Acordo de Paris (UNFCCC, 2023).

Neste contexto, foi criado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (ONU Meio Ambiente) e pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), que tem como objetivo fornecer para seus contribuintes informações sobre as mudanças climáticas, seus impactos e ameaças futuras, bem como sugerir opções de adaptação e ações mitigadoras (Brasil, 2024). Contudo, antes de qualquer iniciativa voltada para a questão climática, as organizações precisam conhecer suas fontes de emissões, estabelecendo suas fronteiras e quantificando seus poluentes (Norteenergia, 2022).

A elaboração de inventários de emissões de gases de efeito estufa (GEE) representa a etapa inicial e essencial para que organizações públicas ou privadas possam atuar de forma estratégica no enfrentamento das mudanças climáticas (FGV, 2023). Ainda conforme destacado pela Fundação Getulio Vargas - FGV (2023), a contabilização das emissões é a base para o

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

planejamento de ações de mitigação, já que permite identificar as principais fontes de GEE, quantificar os volumes emitidos e compreender a distribuição das emissões dentro das fronteiras operacionais da instituição.

Com esse objetivo, foi criado o Programa Brasileiro GHG Protocol (PBGHGP), uma adaptação metodológica do *Greenhouse Gas Protocol* internacional, desenvolvida por meio da colaboração entre a FGV, o *World Resources Institute* (WRI) e o *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD), com apoio do Ministério do Meio Ambiente (MMA) e de diversas organizações brasileiras. Essa iniciativa fornece diretrizes padronizadas para a mensuração, o relato e a gestão das emissões de GEE no contexto nacional, promovendo a transparência, a comparabilidade entre instituições e o fortalecimento de práticas sustentáveis alinhadas aos compromissos climáticos internacionais (WRI; WBCSD, 2004; FGV, 2023).

O PB GHG Protocol possui uma metodologia de cálculos de emissão de GEE baseada nas emissões diretas ou indiretas, que são subdivididas em três “escopos”, onde o escopo 1 aborda as emissões diretas que pertencem ou são controladas pela organização; o escopo 2 contabiliza as emissões de GEE provenientes da aquisição de energia elétrica e/ou térmica consumida, consideradas como uma fonte indireta de emissão; e, o escopo 3 é de caráter opcional e considera as demais fontes de emissões indiretas (FGV, 2023).

Assim, o objetivo deste trabalho foi realizar o levantamento temporal de emissão de GEE na Universidade Federal de Alfenas/MG, *campus* Poços de Caldas, referente ao escopo 2 do Programa Brasileiro GHG Protocol, para o período de 2010 a 2022.

REFERENCIAL TEÓRICO

O conceito de sustentabilidade em instituições de ensino superior vai além da gestão ambiental pontual e passa a integrar um modelo de governança participativa, crítica e transformadora. Disterheft *et al*. (2015) argumentam que a sustentabilidade nas universidades deve ser conduzida de maneira transversal, envolvendo não apenas infraestrutura e gestão de recursos, mas também a cultura organizacional, práticas pedagógicas e processos decisórios inclusivos. A autora destaca que mudanças significativas na pegada ecológica institucional, como a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE), só se tornam viáveis quando há envolvimento ativo de toda a comunidade acadêmica, incluindo estudantes, professores e gestores. A gestão eficiente do consumo energético, com foco na minimização das emissões do Escopo 2, emerge como uma das principais frentes operacionais para a materialização dos compromissos ambientais dessas instituições.

Complementarmente, estudos mais recentes desenvolvidos por Disterheft, Caeiro e Leal Filho (2020) reforçam que a implementação de sistemas de sustentabilidade bem-sucedidos nas universidades depende da articulação entre políticas institucionais, auditorias ambientais e

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

indicadores de desempenho. O consumo de energia elétrica, enquanto componente significativo das emissões indiretas, é apontado como uma variável estratégica de controle, cuja mitigação pode ser promovida através de ações como o uso de fontes renováveis, otimização de infraestrutura e educação ambiental contínua. Dessa forma, a abordagem da sustentabilidade proposta por Disterheft está fortemente alinhada à necessidade de elaboração de inventários precisos de GEE e à promoção de uma cultura de governança climática no ensino superior.

Essa preocupação com as emissões indiretas se reflete particularmente nas discussões em torno do Escopo 2 do GHG Protocol, que trata das emissões provenientes da energia elétrica adquirida. Tais emissões vêm sendo cada vez mais investigadas em instituições de ensino superior, devido ao peso que representam na pegada de carbono institucional. Conforme apontado por Yáñez *et al*., (2022), universidades operam em amplos espaços físicos e requerem alta demanda energética para o funcionamento de suas atividades acadêmicas e administrativas, tornando-se fontes expressivas de emissões nesse escopo.

Nesse contexto, a literatura acadêmica tem destacado o avanço no monitoramento das emissões de GEE no setor educacional por meio da adoção de ferramentas padronizadas, como o GHG Protocol e os inventários corporativos, que promovem maior transparência e efetividade no planejamento climático das instituições (Fardoun *et al*., 2020). Adicionalmente, o uso de metodologias aprimoradas, como a Tier 2 recomendada pelo IPCC, permite uma contabilização mais precisa das emissões, ao incorporar dados específicos de consumo e fatores de emissão regionais (Pereira; Cunha, 2021).

Estudos aplicados em instituições da América Latina, como a Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), a Universidad de los Andes (Colômbia), além de universidades no Chile e Peru, evidenciam que o tipo de matriz energética utilizada é o principal determinante das emissões no Escopo 2. Sistemas fortemente dependentes de fontes fósseis resultam em maiores valores de tCO_2e por MWh consumido (Espinosa *et al*., 2023). No caso brasileiro, embora as universidades dependam majoritariamente de fontes renováveis, o Sistema Interligado Nacional (SIN) apresenta variações nos fatores de emissão anuais, especialmente em períodos de seca, o que pode aumentar temporariamente a contribuição das termelétricas (Espinosa *et al*., 2023; Marques; Camargo, 2022).

Como resposta a essa problemática, diversas instituições de ensino têm implementado ações mitigadoras voltadas à eficiência energética. A substituição de lâmpadas convencionais por LEDs, a instalação de sistemas fotovoltaicos e a automação da iluminação são medidas que vêm demonstrando impactos positivos na redução das emissões associadas ao consumo elétrico (Rivera; Urrutia, 2020). Além dos ganhos ambientais, essas práticas fortalecem a construção de uma cultura institucional alinhada aos princípios da sustentabilidade.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Conforme analisado por Clabeaux *et al*., (2020), embora o porte da instituição influencie os níveis absolutos de emissões, ele não é o único determinante. Variáveis como o perfil dos cursos, a presença de laboratórios com elevada demanda energética e os hábitos de consumo da comunidade universitária impactam diretamente nos índices de emissão por aluno. No *campus* da Clemson University, os laboratórios e o consumo de eletricidade foram responsáveis por 41 % das emissões, enquanto o transporte domiciliar–campus respondeu por 18 % — resultando em uma emissão média de 4,4 t CO_2e por aluno em 2014 – 2017 (Clabeaux *et al*., 2020).

Por fim, observa-se uma tendência crescente à integração dos inventários de GEE com as políticas institucionais de sustentabilidade, consolidando-se como uma ferramenta estratégica de gestão ambiental. Tal abordagem possibilita o alinhamento entre as metas climáticas institucionais e os compromissos internacionais assumidos no âmbito do Acordo de Paris e da Agenda 2030, promovendo maior coerência entre ação local e governança global (Rodrigues *et al*., 2023).

MÉTODO

Caracterização da área de estudo

As atividades administrativas e acadêmicas da Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG), *campus* Poços de Caldas foram iniciadas em janeiro de 2009, a partir da adesão da UNIFAL-MG ao Programa de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (REUNI) do Governo Brasileiro, instituído pelo Decreto Presidencial nº 6.096, de 24 de abril de 2007, e por intermédio da Resolução nº 057, de 7 de dezembro de 2007, do Conselho Superior da UNIFAL-MG.

Inicialmente, as atividades desse *campus* ocorreram no prédio da Autarquia Municipal de Ensino (AME) de Poços de Caldas-MG, por intermédio de um convênio com a Prefeitura Municipal. Com o crescimento do número de alunos, disciplinas e servidores, em agosto de 2010 foi realizada a mudança do *campus* para sua área definitiva localizada na rodovia José Aurélio Vilela (BR-267), km 533).

De acordo com a Universidade Federal de Alfenas (2023), a média da quantidade de alunos do *campus* Poços de Caldas, relativo aos anos base (2010 - 2022), corresponde a 1062 alunos entre os cursos de graduação vigentes no período (Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, Engenharia Ambiental, Engenharia Química e Engenharia de Minas) e 115 alunos de pós-graduação vinculados aos programas *Stricto Sensu* em Ciências Ambientais (PPGCA), Ciência e Engenharia Ambiental (PPGCEA), Ciência e Engenharia de Materiais (PPGCEM), Engenharia Química (PPGEQ), Química (PPGQ) e Física (PPGF). Já para o ano de 2022, último período de referência para a elaboração do presente estudo, o *campus* atendeu 867 alunos entre os cursos de graduação vigentes no período (Bacharelado Interdisciplina r em Ciência e

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Tecnologia, Engenharia Ambiental, Engenharia Química e Engenharia de Minas) e 112 alunos de pós-graduação vinculados aos programas *Stricto Sensu* em Ciências Ambientais (PPGCA), Ciência e Engenharia Ambiental (PPGCEA), Ciência e Engenharia de Materiais (PPGCEM), Engenharia Química (PPGEQ), Química (PPGQ) e Física (PPGF). Atualmente, o *campus* implementou mais três cursos de graduação em seu Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI), sendo eles, Engenharia Civil, Engenharia de Produção e Gestão Ambiental. A quantidade de discentes atendidos atualmente é de 900 alunos entre os 7 cursos de graduação e 110 alunos de pós-graduação, conforme observado na Figura 1.

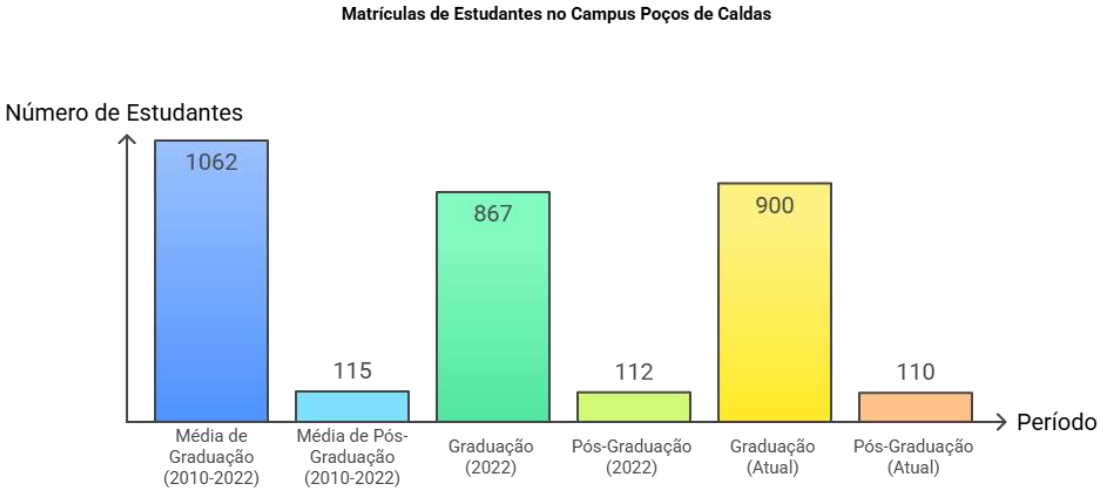

Figura 1: Número de estudantes matriculados na UNIFAL-MG nos períodos analisados
Fonte: Autores, 2024

O *campus* possui área total de 50.000 m², no qual atualmente existem 10 prédios construídos que ocupam aproximadamente 16.500 m².

Limites Operacionais - Escopo 2

Para este estudo, foram contabilizadas as emissões geradas por intermédio do Escopo 2 - Emissões derivadas de eletricidade (Tabela 1) adquiridas da rede, consideradas pelo PB GHG Protocol (2008) como emissões indiretas, no período entre 2010 e 2022 na UNIFAL-MG campus Poços de Caldas.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Tabela 1: Classificação das fontes de emissão de GEE para a elaboração de um inventário

Escopos	Limites operacionais
Escopo 1	Emissões controladas pelo estabelecimento (emissões diretas). Engloba todas as combustões controladas ou que são pertencentes ao local.
Escopo 2	Emissões derivadas de eletricidade adquiridas da rede (emissões indiretas).
Escopo 3	Emissões provenientes do uso final de bens de consumo (emissões indiretas). Todas as emissões ocorridas que não estão sob controle da instituição. Esse escopo divide-se em duas outras categorias: *upstream* (etapas iniciais) e *downstream* (etapas finais).

Fonte**:** Adaptado de GHG Protocol Brasil (2014).

Contextualização da metodologia de cálculos e fatores de emissão

Para a elaboração do levantamento temporal de emissões de GEE do *campus* de Poços de Caldas da Universidade Federal de Alfenas, foi utilizada a ferramenta disponível no site Programa Brasileiro GHG Protocol versão 2023 (v2023.0.3). A fonte de emissão de GEE analisada na instituição foi organizada e contabilizada de acordo com os limites operacionais classificados por intermédio do Escopo 2.

Conforme as diretrizes do *IPCC Guidelines* (2006), foram estabelecidos três níveis ou *Tiers* distintos relativos à precisão da metodologia de cálculo, no qual o *Tier 1* trata de uma metodologia de cálculos simplificada, que utiliza dados genéricos, tornando o método com maior grau de incerteza, o *Tier 2* é o nível intermediário, no qual utiliza-se de ferramentas e dados de emissões específicos por regiões, setores ou países, tornando este método com menores índices de incertezas; e o *Tier 3*, que consiste em um método de alta complexidade que utiliza-se de procedimentos modelados e específicos, tornando o método mais preciso e com baixos índices de incerteza. Para a construção desta análise, foi utilizado o método de *Tier 2* segundo o IPCC.

Aplicação da metodologia de cálculos e fatores de emissão

O primeiro passo para a utilização da ferramenta foi a identificação da organização e a escolha do ano inventariado, no caso, entre os anos de 2010 e 2022. A identificação correta do ano inventariado por período é de suma importância, pois os fatores de emissão variam de acordo com o ano-base utilizado.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Conseguinte, a metodologia que avalia as emissões de GEE do Escopo 2, utiliza a média das emissões associadas à geração de energia elétrica em um sistema elétrico específico *(grid)*, considerando sua localização geográfica e um período de tempo determinado. A abordagem baseada na localização *(location-based)*, é o método convencional adotado pelo PBGHGP para contabilizar o Escopo 2, utilizando a média das emissões da geração de eletricidade no Sistema Interligado Nacional (SIN). Atualmente, o Ministério da Ciência Tecnologia Inovação e Comunicação (MCTIC) calcula e disponibiliza esse fator de emissão. No contexto do Programa Brasileiro GHG Protocol, é obrigatório relatar as emissões associadas à aquisição de eletricidade seguindo a abordagem baseada na localização.

Coleta e tratamento de dados - Escopo 2: Emissões pela compra de energia elétrica (*location-based*)

O levantamento dos dados para o consumo anual de eletricidade foi obtido por intermédio das contas de consumo de energia emitidas pelo DME Distribuição S.A (Departamento Municipal de Eletricidade de Poços de Caldas). A solicitação foi realizada para o setor administrativo da universidade, que disponibilizou os documentos necessários para as consultas referentes ao período de janeiro a dezembro para os anos de 2010 a 2022.

Atualmente, a Universidade possui dois números de inscrição que representam o consumo de energia elétrica em todo o *campus*. A matrícula de número 19743260 corresponde ao consumo de uma bomba d'água, responsável por auxiliar no abastecimento das caixas d'água da instituição. Já a matrícula de número 16749202 contempla o restante da eletricidade utilizada nas demais dependências universitárias. Convém destacar que, para a matrícula 19743260, os dados de consumo estão disponíveis apenas a partir do ano de 2019, sendo este o ponto de início da sua contabilização.

Com base nessas informações, procedeu-se à leitura do consumo mensal de energia elétrica de cada matrícula, inicialmente em quilowatt-hora (kWh), posteriormente convertido para megawatt-hora (MWh). Em seguida, para estimar as emissões de gases de efeito estufa (GEE) relativas ao Escopo 2 (método *location-based*), aplicou-se o fator de correção estabelecido pelo Programa Brasileiro GHG Protocol, conforme a equação a seguir:

$$\text{Emissão}_{(\text{location-based})} = \text{Consumo (MWh)} * (\text{Fator de correção}) \quad (1)$$

Em que:

- **Emissão (*location-based*)** é o total de emissões estimadas em toneladas de CO_2 equivalente (tCO_2e);
- **Consumo (MWh)** representa o consumo mensal de energia elétrica em megawatt-hora;

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

- **Fator de correção** corresponde ao coeficiente de emissão aplicável para a região, conforme o inventário nacional ou base de dados do GHG Protocol.

Essa equação permite quantificar as emissões totais expressas em toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO_2e) associadas ao consumo elétrico registrado no período analisado.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A eletricidade utilizada na UNIFAL-MG representa uma fonte indireta, enquadrada no Escopo 2 de emissões de gases de efeito estufa. Essa fonte é proveniente da aquisição de energia do Sistema Interligado Nacional (SIN) que atende às regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte da região Norte do Brasil, conforme definido pela ferramenta de cálculo GHG Protocol de 2023.

Sendo assim, o consumo acumulado total de energia elétrica para a matrícula 16739202 no *campus* de Poços de Caldas da Universidade Federal de Alfenas, entre 2010 a 2022 (Tabela 4), foi de 2902,0950 MWh.

Tabela 2: Consumo anual de energia elétrica e Emissão total de GEE da matrícula 16739202 referente aos anos 2010 - 2022

Anos (2010 - 2022)	Consumo Total Anual (MWh)	Média Anual do Fator de Correção (tCO_2/MWh)	Emissão Total de GEE (*Location-based*) (tCO_2e)
2010	29,6760	0,0512	2,0847
2011	118,6390	0,0292	3,5077
2012	157,1100	0,0653	13,0925
2013	261,3390	0,0960	24,7430
2014	311,5770	0,1355	43,0143
2015	305,7810	0,1244	37,9207
2016	334,8020	0,0817	26,9931
2017	347,3660	0,0927	32,6494
2018	349,7730	0,0740	25,8924
2019	233,5300	0,0750	16,9784
2020	137,6380	0,0617	7,8493
2021	144,4250	0,1264	18,5651

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

2022	170,4390	0,0426	7,2524
TOTAL	**2902,0950**	**-**	**260,5431**

Fonte: Autores, 2024.

Conforme o gráfico da Figura 2, o consumo médio de energia elétrica para a matrícula referente foi de 223,2381 MWh entre 2010 e 2022.

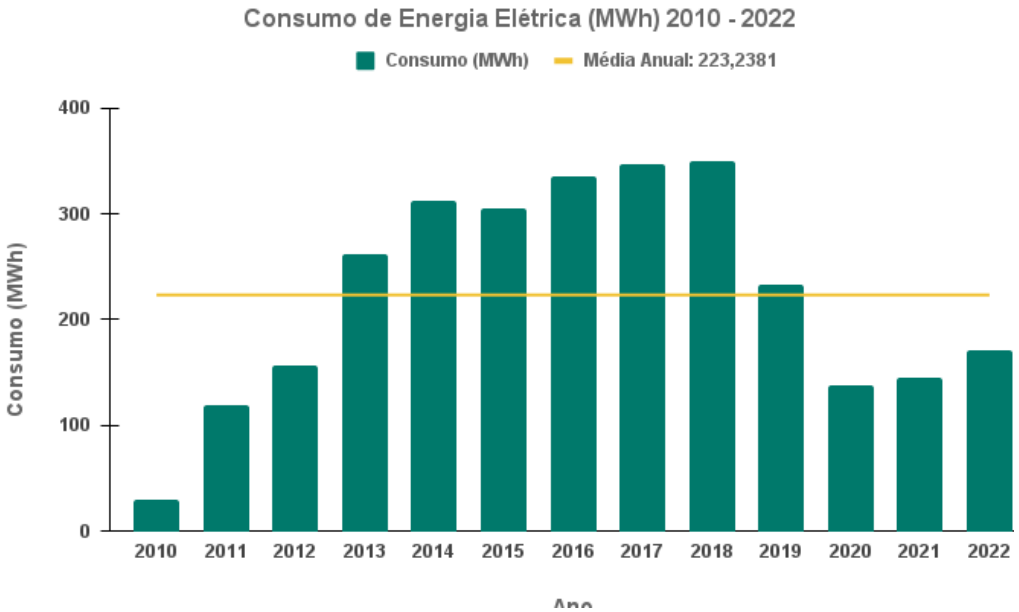

Figura 2: Consumo total de eletricidade (MWh) referente à matrícula 16739202 da UNIFAL-MG *campus* Poços de Caldas entre 2010 e 2022
Fonte: Autores, 2024

De acordo com o gráfico da Figura 3, a média anual de emissão de GEE, entre 2010 a 2022 no Escopo 2, referente à matrícula 16739202, foi de 20,0418 tCO_2e.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

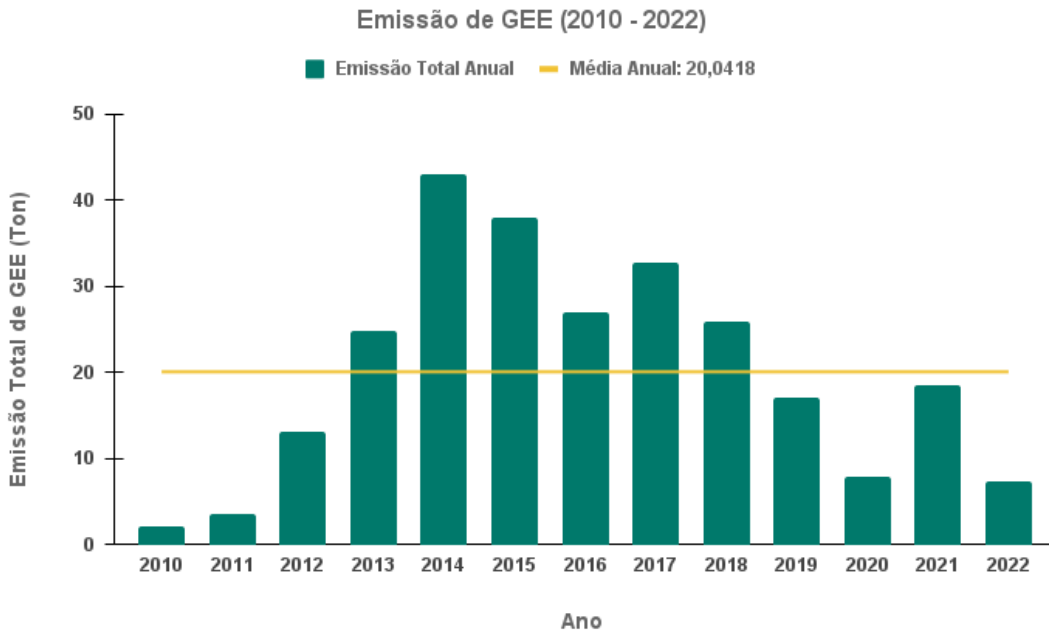

Figura 3: Emissões totais anuais de GEE (tCo_2e) referente à matrícula 16739202 da UNIFAL-MG *campus* Poços de Caldas entre 2010 e 2022
Fonte: Autores, 2023

E a emissão acumulada total de GEE (Tabela 2) corresponde a 260,5431 tCO_2e.

Para a matrícula de número 19743260, o consumo acumulado total de energia elétrica no *campus* para o período foi de 4,5360 MWh, conforme a Tabela 3.

Tabela 3: Consumo anual de energia elétrica e Emissão total de GEE da matrícula 19743260 referente aos anos 2019 - 2022

Anos (2019 - 2022)	**Consumo total Anual (MWh)**	**Média Anual do Fator de Correção (tCO_2/MWh)**	**Emissão Total de GEE (Location-based) (tCO_2e)**
2019	2,0430	0,0750	0,1387
2020	1,0810	0,0617	0,0554
2021	0,7360	0,1264	0,0882
2022	0,6760	0,0426	0,0290
TOTAL	**4,5360**	**-**	**0,3113**

Fonte: Autores, 2024

Conforme o gráfico da Figura 4, o consumo médio de energia elétrica para a matrícula referente foi de 1,1340 MWh entre 2010 e 2022.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

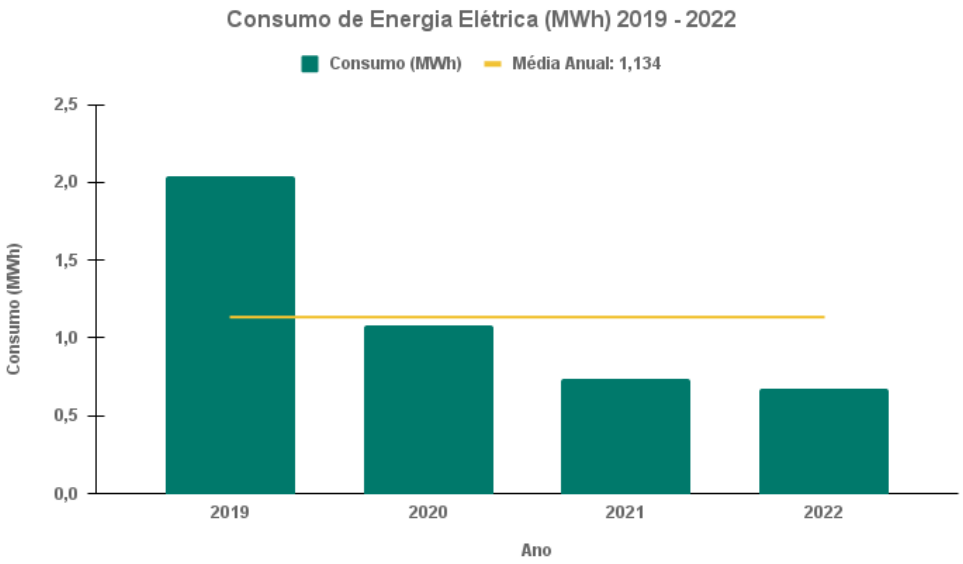

Figura 4: Consumo total de eletricidade (MWh) referente à matrícula 19743260 da UNIFAL-MG *campus* Poços de Caldas para o período de 2019 a 2022
Fonte: Autores, 2024

De acordo com o gráfico da Figura 5 e Tabela 3, a média anual de emissão de GEE, entre 2010 e 2022 no Escopo 2, referente à matrícula 19743260, foi de 0,0778 tCO_2e com um total acumulado de emissão de 0,3113 tCO_2e.

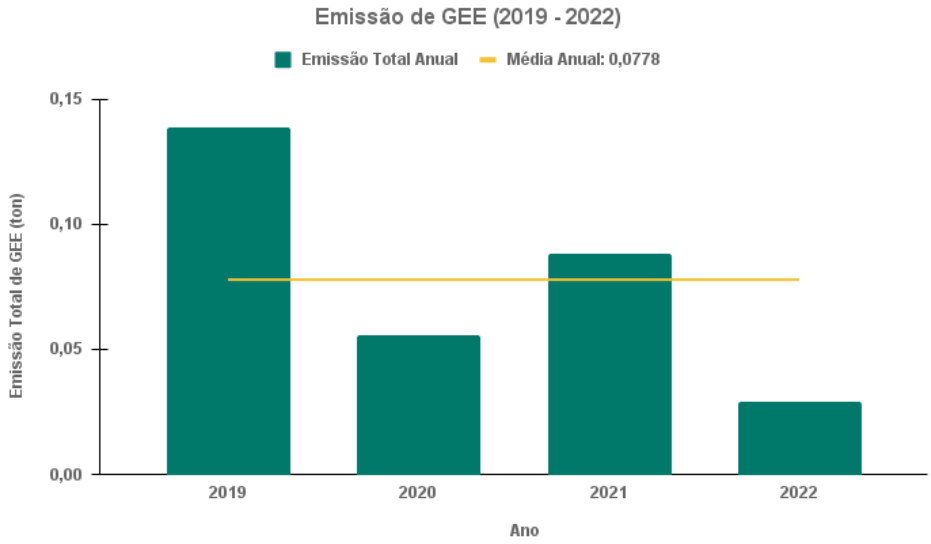

Figura 5: Emissões totais anuais de GEE (tCo_2e) referente à matrícula 19743260 da UNIFAL-MG *campus* Poços de Caldas entre 2019 e 2022
Fonte: Autores, 2023.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Observa-se no gráfico da Figura 2 e nos dados da Tabela 1 que entre os anos de 2013 e 2014, houve grande salto no consumo de energia elétrica da universidade, de modo que, no ano de 2013, a universidade contava com 1124 alunos matriculados nos cursos de Graduação e Pós-Graduação com um consumo energético de (261,34 MWh) em 2014, por sua vez, a universidade contava com um total de 1244 alunos entre os cursos e um consumo energético de (311,58 MWh). Porém, de acordo com Senra (2023), essa diferença de consumo não se relaciona com a quantidade de pessoas no *campus* ou com o tamanho da universidade, o que corrobora com os resultados obtidos.

Ampliando o espectro de comparação para os demais períodos, tem-se o ano de 2018 com o maior consumo de energia elétrica do período de estudo (349,77 MWh) e 1153 alunos matriculados entre os dois cursos, valor este inferior ao consumo para o ano de 2014, conforme já citado, e que apresentou uma maior quantidade de alunos matriculados. Sendo assim, ainda de acordo com SENRA (2023), esse crescimento no consumo pode estar relacionado com as diferentes atividades exercidas em determinado ano, bem como as incertezas associadas à estimativa ou até mesmo pela falta de planejamento sustentável das atividades no *campus,* não estando interligada diretamente com o tamanho da universidade e o número de pessoas no *campus*.

Ainda analisando o gráfico da Figura 2, observa-se que entre 2019 e 2021 houve queda brusca no consumo de energia quando comparado aos anos anteriores, de modo que esse comportamento se deu pelo início do período de pandemia, declarado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) decorrente do vírus da SARS-Cov-2 (COVID-19). Em virtude desta condição, a universidade encerrou as aulas no *campus* e os demais projetos presenciais que ocorriam em suas dependências, retornando gradativamente com aulas no sistema híbrido (síncronas e assíncronas) à medida que ocorria o fim da pandemia. Neste cenário, também foi observado por intermédio do gráfico da Figura 3, que os níveis de emissão de GEE foram os menores registrados desde 2014.

Em relação aos valores de emissão de GEE expressos na Tabela 2, o ano de maior emissão (2014 - 43,0143 tCO_2e - 311,58 MWh) não corresponde ao ano de maior consumo de energia (2018 - 25,8924 tCO_2e - 349,77 MWh), esse comportamento ocorre devido ao alto valor do fator de correção de emissão que foi aplicado para o ano de 2014 (0,1355 tCO_2/MWh) comparado ao aplicado para o ano de 2018 (0,0740 tCO_2/MWh). Para fazer essa comparação, é importante destacar que as emissões do Escopo 2 são significativamente afetadas por alterações no índice de emissão de energia elétrica do SIN, o qual varia conforme o baixo nível de água nas hidrelétricas e o aumento ou diminuição da operação de usinas térmicas ao longo do ano (CEMIG, 2018). Portanto, as emissões de GEE relativas à compra de eletricidade possuem dois fatores de

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

influência: o próprio consumo energético e o fator anual de correção de emissão aplicado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Informação (MCTI).

Por intermédio de um comparativo, segundo Vásquez *et al.* (2015), no *campus* universitário de Curicó, localizado no Chile, o valor normalizado é de 0,2 tCO_2e/aluno, já na PUC-RJ, *campus* da Gávea, de acordo com Carvalho *et al.* (2017), foi registrado um valor de 0,29 tCO_2e/aluno, na Universidade Federal do Paraná, *campus* Curitiba, foi apontado uma emissão de 0,13 tCO_2e/aluno (Da Cruz; D`Avila, 2013) e para a Universidade *Clemson,* uma média de 4,4 tCO_2e/aluno (Clabeaux *et al*., 2020). A Figura 6 apresenta uma visualização comparativa dos valores normalizados de emissão por aluno entre as universidades nacionais e internacionais comparadas, destacando o desempenho do *campus* Poços de Caldas em relação às demais.

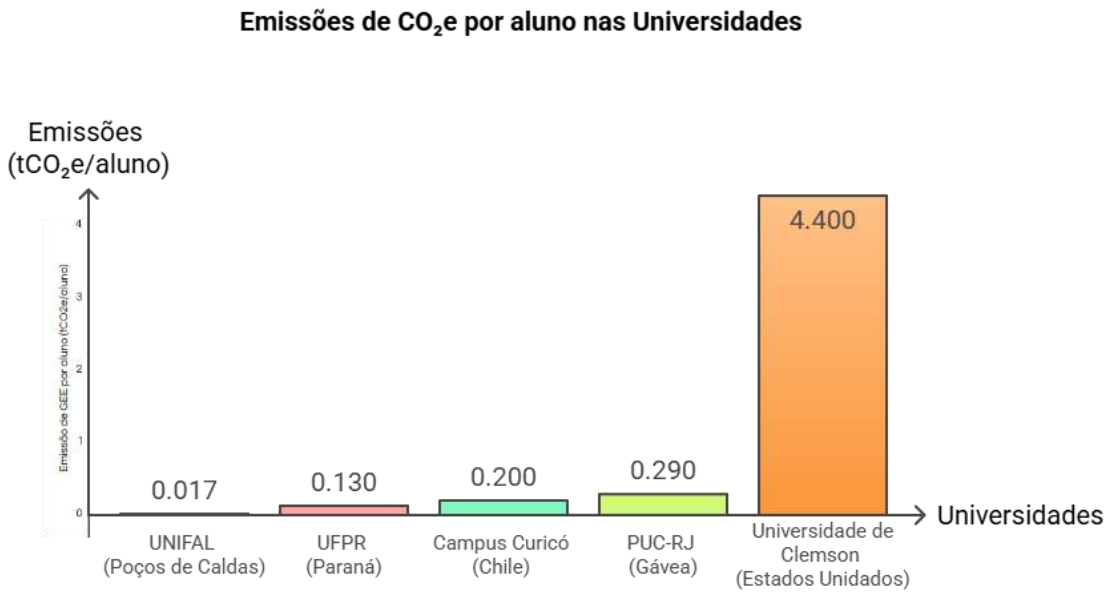

Figura 6: Comparativo das emissões médias de gases de efeito estufa (GEE) por aluno (tCO_2e/aluno) entre universidades
Fonte: Adaptado de Da Cruz & D'Avila (2013), Carvalho *et al*., (2017), Vásquez *et al*., (2015), Clabeaux *et al*., (2020) e dados do presente estudo

Para o *campus* analisado, foi registrada uma média anual de emissões de 20,1196 tCO_2e com um valor normalizado sobre o número total de alunos de 0,0171 tCO_2e/aluno. Além disso, analisando as duas matrículas de inscrição, nota-se que a matrícula referente ao número 19743260 possui baixa influência no total de emissão da universidade pois, além de apresentar baixo consumo, também apresenta baixa emissão de GEE, mantendo sua média de emissão para o período de 2019 a 2022 em (0,0778 tCO_2e), resultado este que respalda sua utilização no *campus*.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Ainda seguindo com a discussão entre a comparação de cenários regionais e internacionais, o valor médio de 0,0171 tCO_2e/aluno registrado no *campus* Poços de Caldas permanece consideravelmente inferior à média observada em outras universidades brasileiras e internacionais. No entanto, é importante destacar que essa diferença não se restringe apenas ao porte da instituição, mas também reflete o perfil das atividades acadêmicas e o grau de integração de práticas sustentáveis.

A realidade observada na UNIFAL-MG, com um total acumulado de 260,8544 tCO_2e no período de estudo, revela um perfil de emissões consideravelmente inferior ao registrado em instituições como a *Clemson University*, nos Estados Unidos. A partir da média de 4,4 tCO_2e por aluno identificada por Clabeaux *et al*., (2020), é possível perceber a magnitude da diferença, atribuída principalmente à elevada demanda energética de laboratórios de pesquisa e ao intenso deslocamento diário da comunidade acadêmica, que juntos respondem por mais da metade das emissões da universidade norte-americana.

No contexto da UNIFAL-MG, a adoção sistemática de práticas de mitigação e a integração dos inventários de GEE com as políticas institucionais de sustentabilidade podem ampliar ainda mais seu desempenho ambiental, especialmente diante de um cenário de crescimento institucional. Essa abordagem tem sido reconhecida como uma diretriz estratégica em universidades comprometidas com metas globais de redução de emissões, como estabelecido pelo Acordo de Paris e pela Agenda 2030, conforme apontado por Rodrigues *et al*., (2023).

Portanto, ao evitar análises limitadas ao número de alunos ou ao consumo energético bruto, essa abordagem comparativa reforça a importância de ações de gestão energética qualificada, cultura organizacional voltada à sustentabilidade e adoção de tecnologias limpas, como elementos decisivos para a contenção das emissões no setor educacional.

CONSIDERAÇÕES

Em suma**,** a metodologia proposta pela ferramenta GHG Protocol se mostrou eficaz e de fácil aplicação no que diz respeito à obtenção das estimativas de emissão por Escopos, seja para obter dados de um escopo específico ou para a realização de um inventário total de emissão de GEE. Todas as modelações matemáticas necessárias para os cálculos das emissões são disponibilizadas pela ferramenta, promovendo assim maior exatidão e confiabilidade dos resultados.

Ademais, é importante destacar que os cálculos e estimativas geradas pela ferramenta, dependem da consideração de vários elementos que estão sujeitos a variações anuais, como a matriz energética nacional e os fatores anuais de correção de emissão utilizados para o desenvolvimento dos cálculos para o Escopo 2.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Por fim, sugere-se como medidas mitigatórias para o Escopo analisado na UNIFAL-MG *campus* Poços de Caldas, conforme discutido na seção anterior, implementar a troca de lâmpadas fluorescentes para lâmpadas LED; utilizar placas fotovoltaicas a fim de converter a energia solar em energia elétrica, reduzindo assim a compra de eletricidade do SIN; e a instalação de sensores automáticos de iluminação para evitar o consumo desnecessário de energia elétrica. Essas ações resultam em uma significativa redução do impacto ambiental na geração de GEE pela universidade.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14064:1:** Gases de efeito estufa: Especificação e orientação a organizações para quantificação e elaboração de relatórios de emissões e remoções de gases de efeito estufa. Rio de Janeiro: ABNT, 2022. Disponível em: https://www.abntonline.com.br/sustentabilidade/Documentos/ghg/METODOLOGIA_GuiaDeAcoes.pdf. Acesso em: 5 jan. 2024.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima – IPCC**. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2024. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/ciencia_do_clima/painel_intergovernamental_sobre_mudanca_do_clima. Acesso em: 17 fev. 2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Acordo de Paris**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2024. Disponível em: https://antigo.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris.html. Acesso em: 3 mai. 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Protocolo de Quioto**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2024. Disponível em: https://antigo.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/protocolo-de-quioto.html. Acesso em: 25 abr. 2024.

CARVALHO, J. P. A. F. de; ELK, A. G. H. P. V.; ROMANEL, C. Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Campus Gávea da PUC-Rio. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 3, p. 591–595, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1590/s1413-41522017155865. Acesso em: 15 maio 2024.

CLABEAUX, R.; CARBAJALES-DALE, M.; LADNER, D.; WALKER, T. Assessing the carbon footprint of a university campus using a life cycle assessment approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 273, p. 122600, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122600. Acesso em: 7 jun. 2024.

DA CRUZ, F. A.; D'AVILA, S. P. **Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Curitiba – Sede Central e Ecoville**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - UTFPR, Curitiba, 2013. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/13121. Acesso em: 27 ago. 2024.

ESPINOSA, N.; LÓPEZ, M. T.; VEGA, C. A. Energy use and GHG emissions in university campuses: Insights from Latin American institutions. **Energy Reports**, v. 9, p. 225–236, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.10.015. Acesso em: 20 dez. 2024.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

FARDOUN, F.; IBRAHIM, O.; YOUNES, R. Carbon footprint and energy analysis of a university campus: Case study in Lebanon. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, v. 39, 100701, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.seta.2020.100701. Acesso em: 11 jan. 2025.

FGV - FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS. O que é o inventário de emissões de GEE? **Plataforma Empresas pelo Clima**, 2023. Disponível em: https://epc.fgv.br/o-que-e-inventario-emissoes. Acesso em: 10 maio 2025.

FGV. FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS. **O Registro Público de Emissões**. Rio de Janeiro: FGV, 2023. Disponível em: https://registropublicodeemissoes.fgv.br/. Acesso em: 18 maio 2045.

GHG PROTOCOL BRASIL. **Programa Brasileiro GHG Protocol – versão 2023.0.3**. [S. l.]: GHG PROTOCOL BRASIL, 2023. Disponível em: http://www.ghgprotocolbrasil.com.br/. Acesso em: 23 mai. 2025.

GHG PROTOCOL. **Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol:** Contabilização, Quantificação e Publicação de Inventários Corporativos de Emissões de Gases de Efeito Estufa. 2. ed. [S. l.]: GHG PROTOCOL, 2008. Disponível em: https://eaesp.fgv.br/centros/centro-estudos-sustentabilidade/projetos/programa-brasileiro-ghg-protocol. Acesso em: 28 jun. 2025.

IPCC. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Alterações Climáticas 2014:** *Relatório de Síntese*. Genebra: IPCC, 2014. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/. Acesso em: 28 jun. 2025.

IPCC. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**: Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. IGES: Japan, 2006. Disponível em: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/. Acesso em: 28 jun. 2024.

IPCC. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Mudança Climática 2021**: A Base da Ciência Física. Contribuição do Grupo de Trabalho I ao Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. Genebra: Organização Meteorológica Mundial, 2021. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/. Acesso em: 02 jun. 2025.

MARQUES, J. D.; CAMARGO, R. G. Variações na intensidade de carbono da matriz elétrica brasileira e seus impactos nas emissões do Escopo 2. **Revista Brasileira de Energia**, v. 28, n. 3, p. 64–78, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.5380/rbe.v28i3.81321. Acesso em: 3 jun. 2025.

MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Efeito Estufa e Aquecimento Global**. Brasília: MMA, 2024. Disponível em: https://antigo.mma.gov.br/informma/item/195-efeito-estufa-e-aquecimento-global.html. Acesso em: 7 fev. 2024.

MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Programa Brasileiro GHG Protocol**. Brasília: MMA, 2023. Disponível em: https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/clima/ghg-protocol. Acesso em: 05 jun. 2025.

NORTEENERGIA. **Inventário de Emissão de Gases de Efeito Estufa 2022**. 2. ed. Belo Monte: Norteenergia, 2022. Disponível em: https://www.norteenergiasa.com.br/sustentabilidade/relatorios-e-publicacoes. Acesso em: 16 mar. 2025.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

PEREIRA, M. S.; CUNHA, C. A. Inventários de emissões de GEE no ensino superior: métodos, desafios e perspectivas. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 10, n. 2, p. 45–60, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.5585/geas.v10i2.19323. Acesso em: 13 abr. 2025.

RIVERA, C.; URRUTIA, R. Energy efficiency strategies in Chilean universities and their influence on GHG emissions. **Journal of Cleaner Production**, v. 254, 120116, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120116. Acesso em: 6 jan. 2025.

RODRIGUES, F. A.; SILVA, L. R.; MOREIRA, M. M. Sustainability and climate change mitigation in Brazilian higher education institutions: An integrative review. **Environmental Development**, v. 46, 100751, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.envdev.2023.100751. Acesso em: 22 mar. 2025.

SENRA, A. L. P. **Proposta de um inventário de emissões de gases de efeito estufa no campus Morro do Cruzeiro da Universidade Federal de Ouro Preto**. 2023. Monografia (Bacharelado) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto. Disponível em: http://www.monografias.ufop.br/handle/35400000/5553. Acesso em: 14 fev. 2025.

UNFCCC. **United Arab Emirates – About COP 28**. [S. l.]: UNFCCC, 2023. Disponível em: https://unfccc.int/process-and-meetings/conferences/un-climate-change-conference-united-arab-emirates-nov/dec-2023/about-cop-28. Acesso em: 25 jan. 2025.

VÁSQUEZ, L.; IRIARTE, A.; ALMEIDA, M.; VILLALOBOS, P. Evaluation of greenhouse gas emissions and proposals for their reduction at a university campus in Chile. **Journal of Cleaner Production**, v. 108, p. 924–930, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.06.073. Acesso em: 29 mar. 2025.

WRI; WBCSD – WORLD RESOURCES INSTITUTE; WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. **The Greenhouse Gas Protocol**: A Corporate Accounting and Reporting Standard. Revised Edition. Washington, DC, 2004. Disponível em: https://ghgprotocol.org/corporate-standard. Acesso em: 12 maio 2025.

YÁÑEZ, D. A.; GONZÁLEZ, C. A.; FIGUEROA, J. A. Carbon footprint analysis in public universities: Methods and actions to reduce it. **Sustainability**, v. 14, n. 8, 4629, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.3390/su14084629. Acesso em: 1 abr. 2025.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.