

# DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA WEB PARA CÁLCULO E OTIMIZAÇÃO DA PEGADA DE CARBONO EM MICRO E PEQUENAS EMPRESAS BRASILEIRAS

## DEVELOPMENT OF A WEB PLATFORM FOR CARBON FOOTPRINT CALCULATION AND OPTIMIZATION IN BRAZILIAN MICRO AND SMALL ENTERPRISES

André Roberto da Silva <sup>1, i</sup>  
Adriano de Souza Alvares <sup>2, ii</sup>  
José Sérgio Medeiros Junior <sup>3, iii</sup>  
Larissa Vieira Marinho <sup>4, iv</sup>  
Paulo José Rodolpho <sup>5, v</sup>

### RESUMO

Este trabalho descreve o processo de construção de uma plataforma web voltada ao cálculo e à otimização da pegada de carbono em micro e pequenas empresas brasileiras. A proposta está sendo desenvolvida com base em metodologias internacionalmente reconhecidas, como o GHG Protocol, visando oferecer uma ferramenta acessível e alinhada à realidade operacional desse segmento. A plataforma será capaz de coletar dados sobre consumo energético, transporte e uso de insumos, fornecendo como resultado estimativas de emissões e orientações práticas para sua mitigação. A pesquisa foi organizada em quatro etapas complementares: revisão teórica, levantamento de requisitos, desenvolvimento da solução digital e planejamento de testes com usuários. Os requisitos iniciais foram definidos com apoio na literatura especializada, como nos apontamentos de Muniz (2019), que destaca a importância de estratégias que “aproximem as práticas de sustentabilidade da rotina de empresas de menor porte, sem demandar alta complexidade técnica”. Embora a plataforma ainda esteja em fase de concepção e modelagem, os estudos realizados até o momento indicam que há espaço para adoção de ferramentas digitais que facilitem a mensuração e a gestão das emissões de carbono em contextos empresariais diversos. Os próximos passos incluem a validação dos requisitos com potenciais usuários e o início da fase de prototipação da aplicação.

**Palavras-chave:** Pegada de carbono; sustentabilidade empresarial; GHG Protocol; microempresas; plataforma web.

---

<sup>1</sup> Mestre em Ciência da Computação pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e Professor da Faculdade de Tecnologia SENAI Antonio Adolpho Lobbe. E-mail: [andre.silva@sp.senai.br](mailto:andre.silva@sp.senai.br)

<sup>2</sup> Doutor em Biotecnologia na UFSCar e Professor da Faculdade de Tecnologia SENAI Antonio Adolpho Lobbe. E-mail: [aalvares@sp.senai.br](mailto:aalvares@sp.senai.br)

<sup>3</sup> Mestre em Engenharia da Produção pela Universidade de Araraquara e Professor da Faculdade de Tecnologia SENAI Antonio Adolpho Lobbe. E-mail: [jose.sjunior@sp.senai.br](mailto:jose.sjunior@sp.senai.br)

<sup>4</sup> Graduanda em Análise e Desenvolvimento de Sistemas na Faculdade de Tecnologia SENAI Antonio Adolpho Lobbe. E-mail: [larissavieiramarinho@gmail.com](mailto:larissavieiramarinho@gmail.com)

<sup>5</sup> Mestre em Ciências pela Universidade de São Paulo (USP) e Professor da Faculdade de Tecnologia SENAI Antonio Adolpho Lobbe. E-mail: [paulo.rodolpho@sp.senai.br](mailto:paulo.rodolpho@sp.senai.br)

## ABSTRACT

This paper describes the process of building a web platform aimed at calculating and optimizing the carbon footprint of Brazilian micro and small enterprises. The proposal is being developed based on internationally recognized methodologies, such as the GHG Protocol, with the goal of offering an accessible tool aligned with the operational reality of this business segment. The platform will be capable of collecting data related to energy consumption, transportation, and the use of materials, providing estimates of emissions and practical guidelines for their mitigation. The research is structured into four complementary phases: theoretical review, requirements gathering, development of the digital solution, and planning of user testing. The initial requirements were defined with support from specialized literature, as noted by Muniz (2019), who highlights the importance of strategies that “bring sustainability practices closer to the daily operations of smaller companies without requiring high technical complexity”. Although the platform is still in the design and modeling phase, the studies carried out so far suggest there is room for the adoption of digital tools that facilitate the measurement and management of carbon emissions in diverse business contexts. The next steps include validating the requirements with potential users and beginning the prototyping phase of the application.

**Keywords:** Carbon footprint; corporate sustainability; GHG Protocol; microenterprises; web platform.

## 1 INTRODUÇÃO

O aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE) associado às atividades humanas tem impulsionado a necessidade de ferramentas acessíveis que permitam às organizações mensurar e mitigar seus impactos ambientais. Neste cenário, a pegada de carbono emerge como uma métrica essencial para avaliar o volume de emissões diretas e indiretas geradas por processos produtivos, consumo de energia, transporte e demais atividades empresariais. A capacidade de quantificar essas emissões é um passo importante para a adoção de práticas mais sustentáveis, além de representar um diferencial competitivo diante de um mercado cada vez mais atento à responsabilidade ambiental.

Apesar da crescente disponibilidade de calculadoras e plataformas digitais voltadas à estimativa de emissões, a maior parte dessas soluções é desenvolvida em contextos internacionais, com parâmetros, fatores de emissão e estruturas regulatórias que não refletem as particularidades do cenário brasileiro. Como apontam Vieira e Silva (2021), essa disparidade dificulta a aplicação efetiva dessas ferramentas por micro e pequenas empresas brasileiras (MPES), que possuem características operacionais distintas, menor disponibilidade de recursos técnicos e financeiros, e pouca familiaridade com padrões ambientais internacionais.

Nesse contexto, torna-se relevante o desenvolvimento de soluções tecnológicas adaptadas à realidade local, que considerem dados regionais, linguagem acessível, usabilidade intuitiva e recomendações práticas compatíveis com a capacidade de ação das MPES. Ferramentas com esse perfil podem atuar não apenas como instrumentos de medição, mas também como catalisadoras de mudanças no comportamento organizacional, estimulando a redução de emissões e o engajamento

em políticas ambientais mais amplas.

### **1.1 Problema de pesquisa**

Conforme apontado por Frutuoso (2024), a diversidade conceitual sobre pegada de carbono dificulta a criação de ferramentas eficazes. Muniz (2019) complementa, observando que muitas MPES não adotam práticas sustentáveis formalmente, embora estejam abertas a soluções que tragam economia e praticidade. Portanto, a escassez de soluções adaptadas à realidade nacional representa um obstáculo à adoção de estratégias sustentáveis.

### **1.2 Objetivo(s)**

O objetivo deste trabalho é desenvolver uma plataforma web intuitiva, gratuita e adaptada ao contexto brasileiro para que micro e pequenas empresas possam calcular sua pegada de carbono, visualizar relatórios e identificar pontos de melhoria.

### **Objetivos Específicos**

- Implementar cálculos automáticos baseados em fontes reconhecidas como GHG Protocol.
- Adaptar os fatores de emissão ao contexto brasileiro (transporte, energia, insumos).
- Gerar relatórios visuais, personalizados e comparativos.
- Fornecer sugestões de mitigação com base no perfil empresarial.

### **1.3 Justificativa**

Segundo Machado (2023), as MPES têm baixo acesso às métricas de sustentabilidade e à mensuração de indicadores ambientais, o que dificulta a tomada de decisões baseada em dados. Tais ferramentas são geralmente voltadas às grandes empresas. A criação de uma plataforma adaptada, acessível e responsiva representa uma contribuição significativa para democratizar o acesso à gestão ambiental no Brasil.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

O desenvolvimento de ferramentas digitais adaptadas ao contexto brasileiro é essencial para ampliar o monitoramento ambiental. Vieira e Silva (2021) propuseram uma aplicação web para cálculo da pegada de carbono individual, baseada no GHG Protocol e ajustada a fatores nacionais. Os autores destacam a falta de padronização metodológica nas calculadoras nacionais, reforçando a importância de soluções transparentes. Testes indicaram boa aceitação, com espaço para melhorias em responsividade e orientação de uso.

Ferramentas digitais acessíveis têm se mostrado eficazes para ampliar métricas ambientais e incentivar práticas sustentáveis, possibilitando cálculos automáticos e orientações adaptadas ao usuário (MUNIZ, 2021). Isso reforça a relevância de uma plataforma para micro e pequenas empresas, que considere as especificidades do contexto brasileiro para facilitar a gestão ambiental.

A adoção de metodologias estruturadas para medir a pegada de carbono contribui para consolidar práticas sustentáveis, especialmente quando integradas a sistemas que geram relatórios claros para apoiar decisões (CORRÊA, 2023). Soluções tecnológicas voltadas a micro e pequenas empresas, adaptadas às demandas nacionais, promovem maior acesso a métricas ambientais e incentivam ações de mitigação efetivas.

O uso de tecnologias web no monitoramento ambiental é eficiente para apoiar a gestão sustentável, permitindo coleta, processamento e visualização de dados em tempo real, favorecendo decisões baseadas em evidências (FRUTUOSO, 2022). Essa abordagem está alinhada ao objetivo deste estudo, no desenvolvimento de uma plataforma web para micro e pequenas empresas brasileiras, integrando dados para acompanhamento contínuo da pegada de carbono e estímulo a práticas responsáveis.

### **3 METODOLOGIA**

Este projeto será desenvolvido em quatro etapas: pesquisa teórica, levantamento de dados, desenvolvimento da plataforma e validação com usuários.

#### **1. Pesquisa e Fundamentação Teórica**

Levantamento bibliográfico sobre:

- Conceito de pegada de carbono.
- Métodos de cálculo baseados em consumo de energia, transporte e materiais.
- Iniciativas existentes (ex: GHG Protocol, calculadoras internacionais, relatórios ambientais).

Estudo de diretrizes brasileiras para sustentabilidade (como dados da ANEEL, IBGE, CETESB, SEEG).

Revisão de boas práticas em design de plataformas acessíveis e voltadas para usuários não técnicos.

#### **2. Levantamento de Requisitos e Modelagem**

Realização de entrevistas ou questionários simples com micro e pequenos empresários para entender:

- Seus hábitos de consumo energético e transporte.
- Dificuldades e necessidades em relação à sustentabilidade.
- Nível de familiaridade com tecnologia e indicadores ambientais.

A partir dessas informações, definir:

- Os principais parâmetros de entrada para cálculo (ex: kWh, tipo de combustível, distâncias percorridas, quantidade de materiais utilizados).
- Os relatórios esperados (gráficos, dicas, comparações, histórico).
- Os recursos mínimos da plataforma (cadastro, formulário de entrada, geração de relatórios).

#### **3. Desenvolvimento da Plataforma Web**

Tecnologias previstas:

- Frontend: React.js ou HTML5/CSS3 com Bootstrap.

- Backend: Python (Flask ou Django) ou Node.js.
- Banco de dados: PostgreSQL ou MySQL.
- APIs e dados de emissão: Integração com bases como Global Carbon Atlas, dados do SEEG, e cálculos próprios adaptados.

Funcionalidades previstas:

- Cadastro do usuário e do perfil empresarial.
- Formulário de entrada de dados sobre consumo (energia, transporte, insumos).
- Cálculo automático da pegada de carbono com base nos fatores correspondentes.
- Geração de relatórios visuais (gráficos, tabelas, dicas personalizadas).
- Histórico de emissões e sugestões de redução.

#### 4. Testes, Validação e Ajustes

- Realizar testes funcionais da plataforma.
- Aplicar testes com usuários (proprietários de pequenos negócios, professores e alunos).

Coletar feedback sobre:

- Clareza das informações apresentadas.
- Facilidade de uso.
- Utilidade dos relatórios e sugestões.

Realizar ajustes com base nas observações.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Embora o projeto ainda se encontre na fase de pesquisa e levantamento de requisitos, algumas evidências relevantes já foram identificadas por meio da análise de referencial teórico e da observação do contexto das micro e pequenas empresas brasileiras. Estudos recentes apontam que essas organizações enfrentam dificuldades para mensurar e compreender os impactos ambientais de suas atividades, principalmente por falta de ferramentas adaptadas à sua realidade operacional.

Com base nessa análise, está sendo estruturado um modelo de entrada de dados voltado para aspectos práticos do cotidiano das MPES, como consumo de energia, combustíveis utilizados em deslocamentos e tipos de insumos adquiridos. Essa abordagem permite um alinhamento entre os parâmetros técnicos reconhecidos internacionalmente e a linguagem acessível para o usuário não especialista.

Além disso, a pesquisa teórica permitiu validar a relevância de relatórios visuais e personalizados, que auxiliem o empresário a identificar, de forma clara, as principais fontes de emissão de gases de efeito estufa. A previsão de funcionalidades comparativas e sugestões de mitigação contextualizadas também surgiu como um diferencial desejável, reforçando a proposta de uma plataforma não apenas informativa, mas também educativa.

Esses resultados preliminares demonstram a coerência da proposta com as demandas identificadas na literatura especializada e reforçam o potencial da plataforma como ferramenta de apoio à sustentabilidade empresarial. As próximas etapas incluirão a prototipação e os testes de usabilidade para validação prática junto

ao público-alvo.

## 5 CONCLUSÃO

A fase atual de desenvolvimento da plataforma web voltada ao monitoramento da pegada de carbono em micro e pequenas empresas brasileiras demonstra que existe uma demanda concreta por ferramentas acessíveis, contextualizadas e tecnicamente embasadas. A análise de literatura e levantamento de requisitos confirmam que a maioria das MPES ainda não possui mecanismos estruturados para mensurar suas emissões de gases de efeito estufa, o que reforça a relevância da proposta em curso. A pesquisa de Frutuoso (2024) mostra que a diversidade de conceitos relacionados à pegada de carbono exige soluções que considerem escopos claros e adaptação à realidade local. Complementarmente, Machado (2023) destaca que o uso de indicadores de sustentabilidade em pequenos negócios favorece a construção de uma cultura organizacional orientada à responsabilidade socioambiental, sobretudo quando esses dados são disponibilizados de forma visual e interpretável. Além disso, Muniz (2019) evidencia que mesmo empresas que não adotam práticas sustentáveis formais têm interesse em soluções que agreguem valor com simplicidade e economia. Com base nesses apontamentos, pode-se afirmar que a iniciativa proposta está alinhada às necessidades reais do público-alvo e às tendências de sustentabilidade empresarial. As próximas etapas incluirão a modelagem funcional da ferramenta, desenvolvimento do protótipo e realização de testes com usuários, a fim de validar a usabilidade, compreensão e impacto da solução proposta no cotidiano das MPES brasileiras.

## REFERÊNCIAS

CORRÊA, Márcia Cristina Machado. **Indicadores sustentáveis aplicados às micro e pequenas empresas de software. 2023.** Tese (Doutorado em Engenharia de Computação e Sistemas Digitais) – Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, São Paulo, 2023. Disponível em:

<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3141/tde-22082023-113759/publico/MarciaCristinaMachadoCorr23.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2025.

FRUTUOSO, Marcelo Félix. **Pegada de carbono: Quais os conceitos a incluir no desenvolvimento de uma aplicação de cálculo da pegada de carbono.** 2024. Dissertação (Mestrado em Gestão de Sistemas de Informação) – Instituto Universitário de Lisboa, ISCTE – IUL, Lisboa, 2024. Orientador: PhD Luís Filipe da Silva Rodrigues, Invited Assistant Professor. Disponível em: [https://repositorio.iscte-iul.pt/bitstream/10071/34120/1/Master\\_marcelo\\_felix\\_frutuoso.pdf](https://repositorio.iscte-iul.pt/bitstream/10071/34120/1/Master_marcelo_felix_frutuoso.pdf). Acesso em: 10 jul. 2025.

MUNIZ, Haniel Cassiano. **Construção sustentável de software nas micro e pequenas empresas segundo a abordagem da medição das pegadas ecológicas.** 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2019. Disponível em: <https://bibliotecatede.uninove.br/bitstream/tede/2213/2/Haniel%20Muniz.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2025.

RIBEIRO, Rogério et al. **Potencial de redução de emissão de CO<sub>2</sub>**

pele uso de transporte ferroviário: um estudo de caso no Brasil. ResearchGate, 2020. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/344083804>. Acesso em: 5 mar. 2025.

RIBEIRO, Rogério et al. **Potencial de redução de emissão de CO<sub>2</sub> pelo uso de transporte ferroviário: um estudo de caso no Brasil**. ResearchGate, 2020. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/344083804>. Acesso em: 5 mar. 2025.

VIEIRA, Ariel Carlos Peres; SILVA, Eliton Matheus Freitas da. **Desenvolvimento de uma aplicação web para o cálculo individual de pegada de carbono**. 2021. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia de Computação) – Universidade Federal da Grande Dourados, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia, Dourados, 2021. Disponível em: [https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/bitstream/prefix/4639/3/ArielCarlosPeresVieira\\_EltonMatheusFreitasDaSilva.pdf](https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/bitstream/prefix/4639/3/ArielCarlosPeresVieira_EltonMatheusFreitasDaSilva.pdf). Acesso em: 04 ago. 2025.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Faculdade SENAI Antonio Adolpho Lobbe pelo ambiente de aprendizado de excelência e pelo incentivo constante ao desenvolvimento acadêmico e profissional. Manifesto minha gratidão aos professores, pelo comprometimento, paciência e dedicação na transmissão de conhecimentos essenciais para minha formação, e à instituição, pelo suporte, recursos e oportunidades que contribuíram significativamente para o aprimoramento das minhas habilidades técnicas e pessoais.

## Sobre os autores:

---

### i ANDRÉ ROBERTO DA SILVA



Mestre em Ciência da Computação pela UFSCar, Pós-Graduado em Indústria 4.0, Pós-Graduado em Automação da Manufatura e Graduado em Licenciatura em Ciências Exatas com habilitação em Física. Docente da Faculdade de Tecnologia SENAI Antonio Adolpho Lobbe. CV: <http://lattes.cnpq.br/1738208783371178> Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5969-245X>

### ii ADRIANO DE SOUZA ALVARES



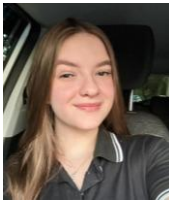
Doutor em Biotecnologia na UFSCar, Graduado em Sistemas de Informação e Engenharia Elétrica pelo Centro Universitário Central Paulista – UNICEP. Professor da Faculdade de Tecnologia SENAI Antonio Adolpho Lobbe. CV: <http://lattes.cnpq.br/0734593128098221> Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-2375-3462>

### iii JOSÉ SÉRGIO MEDEIROS JUNIOR



Mestre em Engenharia da Produção pela UNIARA. Pós-Graduação Lato Sensu em Indústria 4.0 pelo Centro Universitário Internacional (2020). Licenciado em Eletrônica pelo Programa Especial de Formação Pedagógica pela Fatec Americana (2008). Pós-Graduação Lato Sensu em Gestão Estratégica de Empresa pela UNICEP de São Carlos (2006) e Graduado em Engenharia Elétrica com ênfase em Eletrônica pela UNIP de Ribeirão Preto (2001). CV: <http://lattes.cnpq.br/5556395715782877> Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6204-0153>

### iv LARISSA VIEIRA MARINHO



Atualmente é aluna do curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas na Faculdade SENAI Antonio Adolpho Lobbe. Já concluiu o curso técnico em Mecatrônica na mesma instituição. Em ambos, adquiriu experiência no desenvolvimento de projetos voltados a tecnologias atuais, como inteligência artificial, prototipagem de sistemas, máquinas industriais, além de desenvolvimento backend e frontend.

### v PAULO JOSÉ RODOLPHO



Possui graduação em Ciência da Computação pelo Centro Universitário Central Paulista (2001), Especialização em Formação Pedagógica para Educação Profissional pela Universidade Metodista de Piracicaba (2004) e Mestrado em Ciências pelo programa de Engenharia Mecânica na Escola de Engenharia de São Carlos (USP - 2013). Atualmente é Professor de Educação Superior na Faculdade de Tecnologia SENAI Antonio Adolpho Lobbe de São Carlos. CV: <http://lattes.cnpq.br/3915529378619804> Orcid: <https://orcid.org/0009-0008-3234-0620>