

UNIVERSIDADE PAULISTA

**AMANDA DUARTE MORAES
BEATRIZ PEREIRA CAMPOS
CAROLINE FERNANDES AGUIAR SIMIÃO
GABRIEL DAMACENO NUNES
GABRIELLA SOUZA DE ARAÚJO**

**CALCULADORA DE CARBONO:
Uma ferramenta para Neutralidade Climática**

SÃO PAULO

2024

AMANDA DUARTE MORAES
BEATRIZ PEREIRA CAMPOS
CAROLINE FERNANDES AGUIAR SIMIÃO
GABRIEL DAMACENO NUNES
GABRIELLA SOUZA DE ARAÚJO

CALCULADORA DE CARBONO:
Uma ferramenta para Neutralidade Climática

Trabalho de Atividade Prática
Supervisionada à Universidade Paulista para
graduação em Ciências da Computação.

Orientador: Prof. André Muniz.

SÃO PAULO
2024

RESUMO

O presente trabalho aborda o desenvolvimento de uma calculadora de carbono, uma ferramenta que visa facilitar o cálculo e a compensação das emissões de gases de efeito estufa, contribuindo para a neutralidade climática. Com base em uma fundamentação teórica sólida, a pesquisa explora questões centrais das mudanças climáticas e seus impactos, destacando a urgência de soluções seguras e práticas para mitigação. Nesse contexto, o projeto visa atender à crescente demanda por soluções que permitam medir e compensar as emissões, em resposta à preocupação global com a crise climática e à necessidade de promover a neutralidade de carbono. A criação de recursos que possibilitem a remoção, redução e compensação das emissões torna-se, portanto, uma prioridade. Ademais, em consonância com um estudo de caso sobre ferramentas de medição de carbono já existentes, a proposta da calculadora apresenta-se como uma solução viável e aplicável ao cotidiano dos indivíduos, possibilitando o cálculo das emissões com base em atividades diárias. A ferramenta oferece uma interface intuitiva, onde os usuários podem inserir dados relacionados ao consumo de energia, transporte e outras atividades. Além disso, a calculadora auxilia os usuários a compreenderem melhor seu impacto ambiental, oferecendo opções de compensação, como projetos de reflorestamento. Este estudo enfatiza, portanto, a importância da conscientização e da educação ambiental, propondo uma solução acessível e prática para indivíduos que buscam reduzir suas emissões de carbono.

Palavras-chave: Carbono, emissões, neutralidade, compensação.

ABSTRACT

This study addresses the development of a carbon calculator, a tool designed to facilitate the calculation and compensation of greenhouse gas emissions, thereby contributing to climate neutrality. Based on a solid theoretical foundation, the research explores key issues related to climate change and its impacts, highlighting the urgency of secure and practical solutions for mitigation. In this context, the project aims to meet the growing demand for solutions that allow emissions to be measured and offset, responding to global concerns about the climate crisis and the need to promote carbon neutrality. The creation of resources that enable the removal, reduction, and compensation of emissions becomes, therefore, a priority. Additionally, in line with a case study on existing carbon measurement tools, the proposed calculator presents itself as a viable and applicable solution to individuals' daily lives, enabling the calculation of emissions based on everyday activities. The tool offers an intuitive interface where users can input data related to energy consumption, transportation, and other activities. Furthermore, the calculator helps users better understand their environmental impact and provides compensation options, such as reforestation projects. Thus, this study emphasizes the importance of environmental awareness and education, proposing an accessible and practical solution for individuals seeking to reduce their carbon emissions.

Keywords: Carbon, emissions, neutrality, compensation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Imagem CO2 no céu	16
Figura 2 - Os 20 maiores contribuintes para as emissões cumulativas de CO2 de 1850-2021	26
Figura 3 – Configurando rotas em aplicativo Flask	38
Figura 4 - Cálculo da pegada de carbono com base no consumo de eletricidade e tarifas regionais	38
Figura 5 - Cálculo da pegada de carbono com base no consumo de gás (botijão e encanado)	39
Figura 6 - Cálculo da pegada de carbono com base no consumo de combustível de transporte particular	39
Figura 7 - Cálculo da pegada de carbono com base no consumo de combustível de transporte aéreo	40
Figura 8 - Cálculo da pegada de carbono com base nos resíduos gerados e consumo de carne bovina	40
Figura 9 - Cálculo das emissões totais, créditos de carbono e compensação	41
Figura 10 - Renderização do template com resultados da calculadora de carbono ..	41
Figura 11 - Primeira seção página Home	42
Figura 12 - Importância da Calculadora de Carbono.....	43
Figura 13 - Formulário - Dados Gerais e de Consumo de Eletricidade	43
Figura 14 - Formulário - Dados de Consumo de Gás e Transportes Particulares	44
Figura 15 - Formulário - Dados de Consumo de Transportes Aéreos, Carne Bovina e Resíduos	44
Figura 16 - Resultado - Total de Emissões (média mensal e anual) e Compensação	45
Figura 17 - Tela inicial do site The Global Carbon Project.....	46
Figura 18 - Tela inicial do site Carbon Footprint Ltd	47
Figura 19 - Calculadora do site Nature Conservancy	47
Figura 20 - Tela inicial do site Environmental Protection Agency	48
Figura 21 - Tela inicial do site Instituto Escolha	48
Figura 22 - Calculadora de Carbono do site SOS Mata Atlântica	49
Figura 23 - Tela inicial do site Iniciativa Verde	49

SÚMARIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS.....	15
2.1 Justificativa.....	15
3 FUNDAMENTAÇÃO TEORICA	16
3.1 O que é o Carbono? Definição e Suas Formas (CO ₂ , CH ₄).....	16
3.2 Malefícios do Carbono para a Atmosfera	17
3.3. Efeitos dos Gases do Efeito Estufa na Mudança Climática e Saúde Pública .	18
3.5. Como a Calculadora Ajuda na Conscientização e na Tomada de Decisões Sustentáveis.....	2
3.6. Benefícios da Utilização da Calculadora de Carbono	19
3.6.1. Vantagens para Indivíduos, Empresas e Comunidades	20
4 METODOLOGIA	22
4.1 Projeto do programa	24
4.1.1 Funcionalidades da calculadora de carbono	26
4.1.2 Tipos de dados que a calculadora deve receber	26
4.1.3 Fórmulas e cálculos.....	27
4.1.3.1 Cálculo para eletricidade	27
4.1.3.2 Cálculo para gás.....	28
4.1.3.3 Cálculo para transporte	29
4.1.3.4 Cálculo para transporte aéreo	29
4.1.3.5 Cálculo para resíduos	30
4.1.3.6 Cálculo para carne bovina	30
4.1.3.7 Cálculo para créditos de carbono	31
4.1.3.8 Compensação de emissões	31
6 DESENVOLVIMENTO DA APLICAÇÃO.....	33
5.1 Desenvolvimento de software em Python	33
5.2 Bibliotecas e ferramentas utilizadas	33
7 CÓDIGO E IMPLEMENTAÇÃO	35

7 APRESENTAÇÃO DO PROGRAMA EM FUNCIONAMENTO	41
8 ESTUDO DE CASO	44
9.1 Exemplo de calculadoras já existentes.....	44
9 RESULTADOS	49
10.1 Redução de Emissões de Carbono e Implementação de Medidas Sustentáveis.....	49
10.2 Conscientização e educação ambiental	49
10.3 Créditos de carbono	49
10.4 Quantidade de árvores a serem plantadas	49
10 IMPACTO E RELEVÂNCIA	50
11 CONCLUSÃO	51
12 REFERÊNCIAS	52

1. INTRODUÇÃO

Com o crescimento acelerado populacional e a demanda do consumo, cresceu conjunto a necessidade de equilibrar a produção com a sustentabilidade e manutenção da qualidade de vida por meio de ações ecológicas por conta das graves Mudanças Climáticas e impactos ambientais cada vez maiores.

Um dos principais agentes das mudanças é o dióxido de carbono (CO_2) também conhecido como gás carbônico, é um gás natural presente na atmosfera que contribui para o meio ambiente harmonicamente, tendo um papel importante na fotossíntese por exemplo. Todavia, seu impacto negativo se vem da alta concentração, gerado por inúmeras ações humanas. Ainda em 2022, foram emitidos 40,6 bilhões de toneladas de CO_2 no mundo, sendo 2,3 bilhões emitidas pelo Brasil.

Pensando em combater o crescimento da emissão de CO_2 , foi criado em Kyoto, Toquio, na 3ª Conferência das Partes das Nações Unidas 1997, foi o primeiro tratado internacional criado para controle da emissão dos gases estufa na atmosfera. O crédito de carbono é uma das várias formas que veio ganhando força com o passar dos anos, tendo se tornado um mercado promissor, movimentando 1 bilhão de dólares em 2024 e tendo previsão do seu crescimento de mais de 300 bilhões até 2050.

Considerando o futuro promissor do mercado do Crédito de Carbono e a preocupação com o nosso bem-estar global futuro, podemos calcular através da calculadora quanto geramos em média CO_2 e como compensar com o uso do crédito de carbono.

2. OBJETIVOS

Desenvolver uma calculadora de carbono (CO₂) destinada a indivíduos, com a finalidade de facilitar a medição e neutralização das emissões de gases de efeito estufa (GEE) decorrentes de suas atividades cotidianas. Nesse sentido, a ferramenta visa ser uma solução simplificada e inteligente, promovendo a conscientização e a adoção de ações que sejam eficazes para a redução do impacto ambiental, a fim de, promover a neutralidade climática.

2.1 Justificativa

Desde a metade do século XX, com a intensificação do processo de industrialização, as preocupações com o aquecimento global aumentaram, exigindo a adoção de medidas para mitigar os grandes impactos, principalmente relacionados ao aumento dos gases de efeito estufa (GEE), como o dióxido de carbono (CO₂), resultantes das atividades humanas.

Nesse contexto, o Protocolo de Quioto, assinado em 1997, surge como uma solução para as tomadas de decisões que buscam reduzir esses impactos, visto que, ele estabelece metas e acordos que abordam a diminuição desses efeitos. No Brasil, por exemplo, dados apontam que 75% das emissões são causadas pelo desmatamento, o que contribui para o atual cenário de mudanças climáticas (SEEG, 2022).

Dessa forma, a criação de uma calculadora de carbono torna-se fundamental, pois permite que indivíduos, quantifiquem suas emissões de GEE e adotem práticas mais sustentáveis, contribuindo assim para o cumprimento das metas estabelecidas e lutando contra as vertentes do aquecimento global.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. O que é o Carbono? Definição e Suas Formas (CO₂, CH₄)

O carbono, elemento químico de suma importância para a existência da vida, é simbolizado pela letra "C" na tabela periódica. Com um número atômico de 6, constitui a fundação da química orgânica, estabelecendo ligações covalentes com diversos elementos, possibilitando assim a formação de uma vasta gama de compostos essenciais. A versatilidade do carbono é de importância crucial para a edificação de moléculas biológicas, como proteínas, lipídios, carboidratos e ácidos nucleicos, que compõem a estrutura da vida.

Na natureza, o carbono se apresenta principalmente em duas formas gasosas: o dióxido de carbono (CO₂) e o metano (CH₄). O CO₂, um gás incolor e inodoro, é gerado pela respiração dos seres vivos e pela combustão de materiais orgânicos. Este gás é imprescindível para o processo de fotossíntese, pelo qual as plantas convertem a energia solar em energia química. Contudo, sua concentração atmosférica tem aumentado de forma significativa em decorrência da queima de combustíveis fósseis e do desmatamento, resultando em consequências climáticas severas. O relatório do IPCC (2021) ressalta que os níveis de CO₂ na atmosfera atingiram patamares recordes, contribuindo para o fenômeno do aquecimento global.

Figura 1 - Imagem CO₂ no céu



Fonte: Significados (2024).

Por sua vez, o metano é um gás com um potencial de aquecimento global 25 vezes superior ao do CO₂ em um intervalo de 100 anos. Estudos, como os de Levin et al. (2019), identificaram que o metano é gerado majoritariamente em atividades agrícolas, como a digestão de ruminantes e a decomposição de resíduos orgânicos em aterros sanitários. Levin e seus colegas realizaram uma revisão abrangente que analisou as fontes e os impactos das emissões de metano, enfatizando a necessidade de estratégias para capturar e utilizar esse gás com o intuito de mitigar suas emissões e explorar seu potencial como biocombustível.

Essas formas de carbono estão interconectadas em um ciclo natural conhecido como ciclo do carbono, que regula as trocas entre a atmosfera, os oceanos e a biosfera. A compreensão desse ciclo é vital para abordar as causas e consequências das emissões de carbono na atmosfera. A interferência humana nesse ciclo, especialmente por meio de práticas como o desmatamento e a industrialização, tem causado desequilíbrios que resultam em alterações climáticas significativas.

3.2. Malefícios do Carbono para a Atmosfera

Os problemas causados pelo carbono, especialmente na forma de gases de efeito estufa, são bem documentados e afetam o meio ambiente de maneiras preocupantes. Um dos efeitos mais significativos é o aumento da temperatura global. As emissões de CO₂ e CH₄ têm levado ao aquecimento global, resultando em um aumento médio de cerca de 1,1°C desde a era pré-industrial. O IPCC (2021) afirma que esse aumento de temperatura está ligado a vários eventos climáticos extremos, como secas, inundações e furacões.

Essas mudanças têm um impacto direto na agricultura e na segurança alimentar. A pesquisa realizada por Lobell et al. (2011) analisou dados climáticos e de produção agrícola desde 1980 e descobriu que o aumento das temperaturas está relacionado a reduções na produtividade de culturas como trigo e milho em várias partes do mundo. Se as tendências atuais continuarem, a produção global de alimentos poderá ser severamente afetada, piorando a crise alimentar.

Outro impacto importante é a acidificação dos oceanos, causada pela absorção de CO₂. Quando o CO₂ se dissolve, forma ácido carbônico, que diminui o pH das águas oceânicas. O estudo de Hoegh-Guldberg et al. (2014) investiga como a acidificação afeta os ecossistemas marinhos, mostrando que organismos como corais

e moluscos são muito vulneráveis, pois precisam de carbonato de cálcio para suas conchas e esqueletos. Isso coloca em risco a biodiversidade marinha e a pesca, afetando a vida de milhões de pessoas.

Além disso, a poluição do ar causada pela queima de combustíveis fósseis está diretamente ligada a problemas de saúde. A pesquisa da Organização Mundial da Saúde (2018) revela que a poluição do ar causa cerca de 7 milhões de mortes prematuras por ano, afetando principalmente a saúde respiratória e cardiovascular. A queima de carvão e combustíveis fósseis não só libera CO₂, mas também poluentes como material particulado e óxidos de nitrogênio, que são muito prejudiciais à saúde. O aumento das temperaturas está associado a mais mortes relacionadas ao calor, especialmente entre populações vulneráveis, como idosos e pessoas com doenças crônicas.

3.3. Efeitos dos Gases do Efeito Estufa na Mudança Climática e Saúde Pública

Os gases do efeito estufa (GEE) afetam diretamente o clima e a saúde das pessoas. O aumento desses gases provoca um aumento da temperatura média global, resultando em mudanças nos padrões de chuva. A pesquisa de Patz et al. (2005) mostra que as mudanças climáticas estão aumentando a incidência de doenças infecciosas, como dengue e malária, especialmente em áreas que antes eram seguras. O estudo usa dados sobre doenças e clima para prever a propagação dessas enfermidades, destacando a necessidade de sistemas de saúde que possam se adaptar a essas novas ameaças.

Além das doenças infecciosas, as mudanças climáticas também afetam a saúde mental. O aumento das temperaturas e eventos climáticos extremos está relacionado a mais estresse psicológico e problemas de saúde mental. Haines et al. (2006) revisaram as evidências sobre os impactos das mudanças climáticas na saúde, ressaltando a importância de incluir a saúde mental nas políticas de saúde pública.

Outro problema importante é a desigualdade em saúde, que se agrava com as mudanças climáticas. Comunidades de baixa renda e minorias étnicas são mais afetadas, pois muitas vezes não têm recursos e infraestrutura adequados para se proteger de eventos climáticos extremos. A pesquisa de Landrigan et al. (2018)

destaca que a poluição do ar e as condições climáticas difíceis impactam essas populações, piorando as desigualdades em saúde e acesso a cuidados.

Além disso, o custo econômico das doenças relacionadas às mudanças climáticas é alto. A pesquisa de Smith et al. (2014) estima que os gastos com saúde e a perda de produtividade devido a doenças podem custar bilhões aos sistemas de saúde pública. O estudo conclui que reduzir as emissões de GEE não é apenas uma questão ambiental, mas uma necessidade econômica e social urgente.

3.3.1 MERCADO DE CRÉDITO DE CARBONO

O Mercado de Crédito de Carbono é um sistema de negociação entre indivíduos, empresas e governos, com o objetivo de compensar suas emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) (UNFCCC, 2020). Esse conceito de mercado surgiu em 1997, a partir do Protocolo de Quioto (UNFCCC, 1997).

Frente a essa questão, o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), também introduzido pelo Protocolo de Quioto, desempenha um papel fundamental nesse mercado. Visto que, ele permite que os países desenvolvidos invistam em projetos de redução de emissões em nações em desenvolvimento, gerando créditos de carbono que podem ser negociados globalmente (IPCC, 2014).

3.3.2 PROTOCOLO DE QUIOTO E MDL

O Protocolo de Quioto é um acordo firmado em 1997, no Japão, durante a 3ª Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, que tem o objetivo de estabelecer metas de redução de GEE para os países desenvolvidos, incentivando e estimulando a criação e a adoção de formas de desenvolvimento sustentável (UNFCCC, 1997).

Dentre as metas condicionais por esse acordo, destacou-se o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), um dos três mecanismos previstos no protocolo. Ele possibilitou que os países desenvolvidos cumprissem suas metas de redução de emissões de maneira mais flexível e econômica, uma vez que esses países poderiam investir em projetos que reduzissem as emissões de GEE em nações em desenvolvimento (UNFCCC, 1997).

Além disso, esses projetos permitem que os países que financiam tais iniciativas recebam créditos de carbono, os quais podem ser utilizados para cumprir suas metas ou comercializados no mercado global, fortalecendo o sistema de compensação de emissões.

Na contemporaneidade, o conceito apresentado pelo MDL permanece relevante em um cenário onde a urgência de neutralizar as emissões de carbono se tornou ainda mais crítica. Sob essa ótica, a criação de ferramentas, como calculadoras de carbono, torna-se cada vez mais necessária, desempenhando um papel complementar nesse processo, para permitir que indivíduos e empresas mensurem suas emissões e busquem formas de compensação, seja por meio de créditos de carbono ou pelo apoio a projetos sustentáveis (WRI, 2020).

3.4 COMERCIALIZAÇÃO DE CRÉDITO DE CARBONO

O Mercado de Crédito de Carbono, atualmente, é um sistema regulamentado em diversos países ao redor do mundo. No Brasil, especificamente, as transações de créditos de carbono seguem as diretrizes do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), podendo ocorrer de três maneiras: unilateral, bilateral ou multilateral. No modelo unilateral, um único país desenvolve e implementa projetos para reduzir suas emissões em seu próprio território, sem a necessidade de cooperação com outros países. No modelo bilateral, há uma cooperação entre duas partes, geralmente entre um país desenvolvido e um país em desenvolvimento, para financiar projetos de redução de emissões. Já no mercado multilateral, diversas partes envolvidas, que podem ser países ou entidades, cooperam em projetos de maior escala, geralmente financiados por fundos internacionais (BRASIL, 2021).

Em relação aos tipos de mercados de carbono, existem dois modelos principais: o mercado regulado e o mercado voluntário. O mercado regulado está diretamente relacionado à negociação de créditos de carbono impostos por leis ou acordos internacionais, como no caso do MDL. Nesse tipo de mercado, os países ou empresas têm uma obrigação legal de reduzir suas emissões, e a compra de créditos de carbono serve como uma forma de cumprir as metas acordadas. Já o mercado voluntário permite que empresas ou indivíduos compensem as suas emissões de forma espontânea, sem a imposição de regulamentos obrigatórios. Nesse mercado, as transações ocorrem com base em boas práticas de sustentabilidade, sendo um

meio para que as organizações busquem alcançar a neutralidade de carbono por livre e espontânea vontade (UNFCCC, 2019).

No entanto, compreende-se que ambos os mercados diminuam significativamente para a mitigação das mudanças climáticas, promovendo a troca de créditos e incentivando a implementação de projetos que visam à redução dos Gases de Efeito Estufa (GEE) (UNFCCC, 2019).

3.4. Importância de Usar uma Calculadora de Carbono

As calculadoras de carbono são ferramentas importantes que ajudam a medir as emissões de gases de efeito estufa. Elas oferecem muitos benefícios, desde a avaliação das emissões até aumentar a conscientização pública. Essas calculadoras permitem que pessoas e organizações contabilizem suas emissões em diferentes áreas, como transporte, energia, alimentação e resíduos. A pesquisa de Gonzalez et al. (2020) discute como essas ferramentas são essenciais para identificar onde é mais necessário reduzir as emissões. O estudo usa dados para medir as emissões de carbono em várias indústrias, mostrando como as calculadoras fornecem informações valiosas que podem ajudar em ações de redução.

Usar calculadoras de carbono também ajuda as pessoas a entenderem sua pegada de carbono, tanto individual quanto coletivamente. Quando as pessoas veem os impactos de suas escolhas, como usar o carro em vez de transporte público, elas se sentem mais motivadas a adotar práticas sustentáveis. O trabalho de Dixon et al. (2016) destaca que visualizar dados sobre a pegada de carbono pode levar a mudanças importantes no comportamento. O estudo analisa empresas que usaram calculadoras de carbono e observaram uma grande redução nas emissões por causa de decisões mais informadas.

Além disso, as calculadoras ajudam a definir metas de redução de emissões. Organizações que medem sua pegada de carbono podem estabelecer objetivos claros e acompanhar seu progresso ao longo do tempo. Essa prática promove transparência e incentiva a responsabilidade nas empresas, um aspecto cada vez mais valorizado por consumidores e investidores.

As calculadoras de carbono podem apoiar políticas públicas. Empresas que monitoram suas emissões com essas ferramentas podem alinhar suas práticas a padrões de sustentabilidade, ajudando a desenvolver políticas que incentivem a

redução das emissões. Isso é fundamental em um momento em que governos em todo o mundo estão implementando regras mais rigorosas sobre emissões de carbono.

3.5. Como a Calculadora Ajuda na Conscientização e na Tomada de Decisões Sustentáveis

O uso de calculadoras de carbono é muito importante para aumentar a conscientização e ajudar na tomada de decisões. Essas ferramentas fornecem informações que ajudam os consumidores a fazer escolhas informadas sobre produtos e serviços, influenciando suas decisões diárias. Por exemplo, ao comparar a pegada de carbono de diferentes meios de transporte, como carro, ônibus e bicicleta, as pessoas podem escolher opções mais sustentáveis, reduzindo suas emissões pessoais.

Além disso, as calculadoras incentivam hábitos de consumo conscientes. Ao conhecer a pegada de carbono de alimentos, os consumidores podem optar por produtos locais e sazonais, que costumam ter um impacto menor. Essa prática não só reduz as emissões do transporte de alimentos, mas também apoia as economias locais e promove práticas agrícolas sustentáveis.

As calculadoras também funcionam como ferramentas educativas. Muitas escolas e organizações comunitárias usam calculadoras de carbono em programas de educação ambiental, ajudando jovens e adultos a entender como suas ações diárias afetam as mudanças climáticas. A pesquisa de Barrett et al. (2016) mostra que a educação sobre pegadas de carbono pode levar a mudanças duradouras, criando uma cultura de sustentabilidade em que as futuras gerações se sentem capacitadas para fazer escolhas informadas.

Elas facilitam a colaboração comunitária. Ao monitorar e reduzir juntos as emissões, as comunidades podem desenvolver iniciativas que promovem a sustentabilidade local. Esse envolvimento é essencial para criar uma rede de apoio entre os moradores, que se tornam mais conscientes das questões climáticas e motivados a agir. Iniciativas comunitárias, como plantio de árvores ou campanhas de limpeza, podem ser impulsionadas pelo uso de calculadoras de carbono, ajudando a reduzir as emissões.

3.6. Benefícios da Utilização da Calculadora de Carbono

As calculadoras de carbono são ferramentas que podem ajudar as pessoas a entenderem e a reduzirem suas pegadas de carbono. Elas podem ser usadas para calcular as emissões de carbono de uma pessoa ou empresa, e podem fornecer dicas sobre como reduzir essas emissões. Algumas calculadoras de carbono também oferecem a opção de compensar as emissões de carbono por meio de programas de reflorestamento ou outros projetos ambientais.

3.6.1. Vantagens para Indivíduos, Empresas e Comunidades

1. Vantagens para Indivíduos:

- **Melhoria de Hábitos:** Ajuda a identificar áreas onde podem reduzir suas emissões, como transporte, consumo de energia e alimentação.
- **Estilo de Vida Sustentável:** Incentiva a adoção de práticas mais sustentáveis, contribuindo para uma vida mais saudável e ambientalmente responsável.

2. Vantagens para Empresas:

- **Avaliação de Impacto:** Permite que empresas analisem suas operações e identifiquem áreas de melhoria na eficiência energética e nas práticas sustentáveis.
- **Responsabilidade Social:** O uso da calculadora pode fortalecer a imagem corporativa, demonstrando comprometimento com a sustentabilidade e atraindo clientes conscientes.
- **Redução de Custos:** Empresas que monitoram suas emissões podem implementar estratégias para economizar em energia e recursos.

3. Vantagens para Comunidades:

- **Engajamento Coletivo:** Facilita a criação de iniciativas comunitárias para reduzir as emissões, promovendo a colaboração entre os membros da comunidade.
- **Planejamento Sustentável:** Dados coletivos sobre as emissões ajudam as comunidades a desenvolver políticas públicas e programas que incentivem a sustentabilidade.
- **Resiliência Comunitária:** Ao reduzir a pegada de carbono, as comunidades se tornam mais preparadas para enfrentar os desafios das mudanças climáticas.

Em resumo, a calculadora de carbono é uma ferramenta poderosa que oferece insights e orientações práticas, beneficiando indivíduos, empresas e comunidades na busca por um futuro mais sustentável.

4. METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho foi fundamentada no materialismo histórico-dialético, que permite uma análise crítica das relações entre atividades humanas e emissões de carbono, promovendo uma compreensão aprofundada das práticas de consumo e suas implicações ambientais. Sob essa ótica, a pesquisa adota uma abordagem qualitativa, que integra métodos bibliográficos, documentais e de campo. Sendo assim, para a coleta de dados, utilizamos uma revisão através de relatórios de organizações ambientais, estudos de caso e dados disponíveis sobre emissões de carbono.

A análise dos dados, por sua vez, foi realizada por meio da análise de conteúdo, possibilitando a identificação de informações relevantes sobre as emissões de CO₂, o que enriquece a nossa compreensão sobre o impacto das práticas de consumo no meio ambiente. Frente a essa questão, a escolha de métodos qualitativos se justifica pela complexidade do comportamento humano em relação ao consumo e suas consequências ambientais. Segundo Severino (2016), essa abordagem permite uma compreensão mais profunda das motivações e percepções dos indivíduos, aspectos cruciais na promoção de mudanças de comportamento em direção à neutralidade climática.

Além disso, a combinação de pesquisa bibliográfica e documental está alinhada com o que propõe Minayo (2014), que defende que a articulação de diferentes métodos enriquece a análise e a interpretação dos dados. A pesquisa foi realizada a partir da coleta de informações em fontes acadêmicas e relatórios institucionais, proporcionando um embasamento teórico sólido para a elaboração da calculadora de carbono.

Dessa forma, a metodologia adotada não apenas viabiliza a coleta e análise dos dados, mas também assegura a relevância e a consistência das informações obtidas, contribuindo para o desenvolvimento efetivo da calculadora de carbono proposta.

4.1. Projeto do Programa

De acordo com o Sexto Relatório de Avaliação (AR6) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), órgão das Nações Unidas que avalia e sintetiza estudos sobre mudanças climáticas, cerca de 76% dos impactos

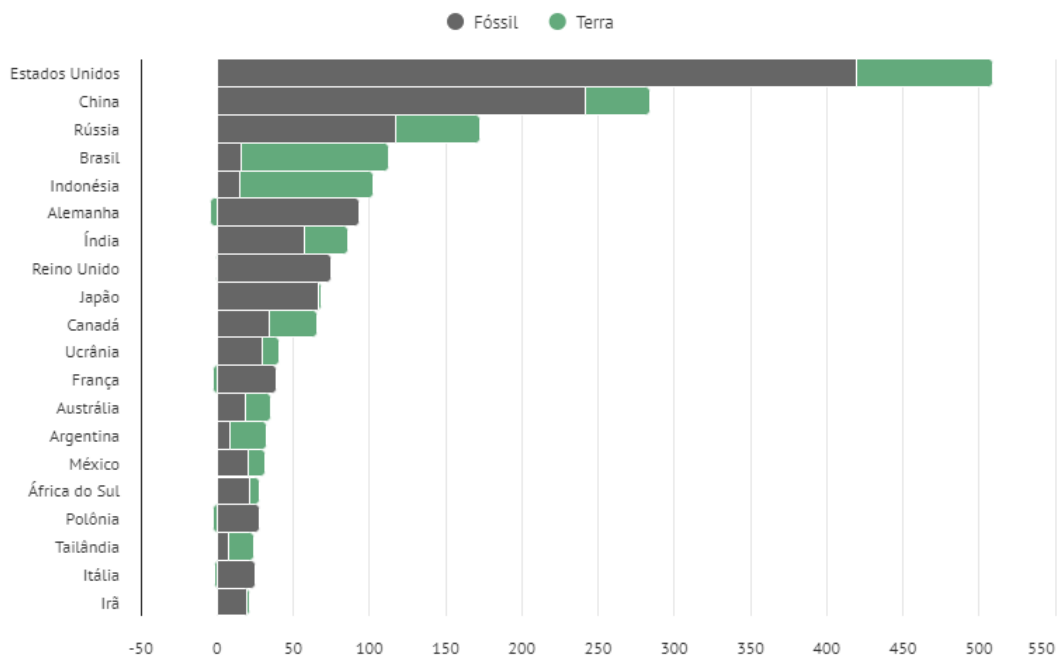
ambientais relacionados ao aquecimento global estão associados às emissões de dióxido de carbono (CO₂), que, em sua maioria, resultam de atividades cotidianas, como transporte, uso de energia, resíduos e alimentação (IPCC, 2021).

No atual cenário em que vivemos, uma das principais evidências da mudança climática é o aumento da temperatura média da Terra. Segundo o IPCC, estima-se que o planeta esteja 1,1 °C mais quente em comparação com o período pré-industrial (IPCC, 2021). Numa análise realizada pela organização Carbon Brief, que coletou dados sobre os 20 maiores países contribuintes para as emissões cumulativas de CO₂ entre 1850 e 2021, o Brasil ocupa a 4ª posição, ficando atrás da Rússia, da China e dos EUA, que ocupam as três primeiras colocações (Carbon Brief, 2021). Além disso, a magnitude das emissões cumulativas, que ultrapassa centenas de gigatoneladas, evidencia o impacto que essas nações têm no aquecimento global, conforme ilustrado no gráfico abaixo:

Figura 2 - Os 20 maiores contribuintes para as emissões cumulativas de CO₂ de 1850-2021

Os países com as maiores emissões cumulativas de 1850 a 2021

Bilhões de toneladas de CO₂ provenientes de combustíveis fósseis, cimento, uso da terra e silvicultura



Fonte: Análise do Carbon Brief de números do Global Carbon Project. Gráfico do Carbon Brief usando Highcharts.

Diante dessa problemática, o Protocolo de Quioto surge com o intuito de solucionar e mitigar os desafios relacionados às mudanças climáticas, que, nos dias de hoje, tornaram-se uma das maiores preocupações para governos, empresas e a sociedade como um todo, devido ao impacto no meio ambiente e na qualidade de vida das atuais e futuras gerações (UNFCCC, 1997). Esse tratado internacional, como já abordado, estabeleceu metas, acordos e mecanismos que auxiliam tanto os países desenvolvidos quanto os em desenvolvimento a reduzirem suas emissões de gases de efeito estufa. Entre esses mecanismos, destaca-se o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), previsto no artigo 12 do Protocolo, cujo objetivo é possibilitar a geração de reduções certificadas de emissões por meio de projetos sustentáveis, beneficiando países em desenvolvimento e permitindo que os países desenvolvidos cumpram parte de suas metas de redução de emissões (Machado, 2009).

Nesse contexto, os créditos de carbono são considerados uma ferramenta essencial para esse processo, visto que, nos dias de hoje, criou-se um grande mercado de carbono, que promove o investimento de países e grandes empresas em tecnologias sustentáveis e projetos de conservação. Investimentos, os quais, não possuem apenas o intuito de cumprir metas internacionais, mas também agem como uma estratégia econômica, que gera oportunidades de negócios para esse novo mercado, além, de contribuir para o desenvolvimento econômico.

Compreende-se, portanto, que o projeto de criação de uma calculadora de carbono seja uma solução eficaz, visto que, facilita que indivíduos e entidades quantifiquem, meçam e gerenciem suas emissões de CO₂ de maneira prática, pois essa ferramenta possibilita a identificação das principais fontes de poluição presentes em seu cotidiano, a fim de implementar estratégias de redução e compensação.

4.1.1. Funcionalidades da Calculadora de Carbono

O projeto da calculadora de carbono, como já abordado anteriormente, é uma ferramenta essencial para o acompanhamento e controle das emissões de gases de efeito estufa. A partir de um estudo realizado com fontes como CompensaEco (2021), Global Carbon Project (2023) e Environmental Protection Agency (EPA), foram identificadas funcionalidades e recursos fundamentais para alcançar esse objetivo. Essas funcionalidades permitirão uma avaliação detalhada das emissões resultantes

de diversas atividades cotidianas, como transporte, consumo de energia, alimentação, entre outros. As funcionalidades propostas incluem:

- **Cálculo da Pegada de Carbono:** Essa funcionalidade avalia e quantifica as emissões de GEE (Gases de Efeito Estufa) provenientes de diversas atividades, sejam elas relacionadas a indivíduos, empresas, governos ou outras entidades. Dentre essas atividades, podemos incluir o uso de energia (eletricidade, gás, combustível), transporte (carro, moto, avião, transporte público, entre outros), resíduos e alimentação (em específico o consumo de carne bovina).
- **Conversão em Créditos de Carbono:** Após a quantificação dos gases ser realizada, a calculadora oferece a possibilidade de converter os mesmos em Créditos de Carbono, representando a quantidade de CO₂ a ser compensada.
- **Relatório:** Com base na quantidade de CO₂ emitida, é apresentado um relatório ao usuário, com uma tabela de emissões mensais e anuais, o qual oferece uma visão mais ampla para o usuário de suas emissões, indicando opções viáveis para mitigar esses impactos, sejam elas simples que podem ser adotadas de maneira prática em seu cotidiano, até mesmo a compensação por meio da aquisição de créditos de carbono relacionados a projetos de reflorestamento.
- **Compensação de Carbono:** Além de calcular as emissões e convertê-las em créditos de carbono, a calculadora oferece a possibilidade de o usuário compensar esse total de emissões através de projetos de reflorestamento ou outras iniciativas sustentáveis. O objetivo dessa compensação em projetos de reflorestamento é restaurar áreas de vegetação degradadas.

Além disso, vale ressaltar que a compensação de carbono ocorre através de investimentos em projetos que visam remover, reduzir e evitar esses gases poluentes da atmosfera. Sob essa perspectiva, segundo uma pesquisa realizada pelo WRI (World Resources Institute), a melhor maneira para redução do carbono é por meio de iniciativas como o reflorestamento e a gestão sustentável das florestas. O estudo afirma que "as árvores, por meio da fotossíntese, são amplamente eficazes para absorver e armazenar o dióxido de carbono" (WRI, 2021). Ademais, os dados apontam

que só com o reflorestamento em áreas degradadas é possível remover aproximadamente meia gigatonelada de CO₂ por ano. Outro ponto positivo que leva muitos a optarem por projetos de reflorestamento é devido ao custo, que pode ser relativamente mais barato em comparação com outras medidas a serem adotadas, estipula-se "US\$50 por tonelada métrica de carbono removido" (WRI, 2021).

Diante do exposto, optamos por adotar o reflorestamento como uma das principais formas de compensação no desenvolvimento da calculadora de carbono, considerando sua eficácia na remoção de CO₂ e seu custo-benefício. O objetivo do programa é permitir que os usuários, por meio da calculadora, compensem suas emissões e adquiram créditos de carbono vinculados a projetos de reflorestamento. Além disso, outra funcionalidade apresentada no programa é uma ferramenta que estimará quantas árvores serão plantadas com base na quantidade de carbono emitida, a fim de fornecer um acompanhamento mais preciso para os usuários.

4.1.2. Tipos de dados que a Calculadora deve receber

Com base nas funcionalidades relatadas do programa, para que elas funcionem de maneira correta e eficiente, é necessário que a calculadora receba um conjunto específico de dados, coletados dos usuários. Esses dados incluem informações sobre as atividades cotidianas dos usuários, como:

- **Consumo de Energia:** O programa irá receber informações sobre os tipos de energia utilizadas, sendo eletricidade (kWh), gás (m³ ou litros) e combustível (m³ ou litros), em um período mensal.
- **Transporte:** Os tipos de dados sobre os meios de transporte utilizados, como carro, moto, avião, transporte público, entre outros, incluem a distância percorrida em cada modalidade, medida em quilômetros (km), a eficiência do veículo (km/l), o número de passageiros transportados e o tempo de viagem.
- **Resíduos:** A calculadora receberá informações sobre a quantidade total de resíduos sólidos gerados mensalmente, expressa em quilogramas (kg).
- **Carne Bovina:** O programa irá receber informações sobre o consumo de carne bovina, incluindo a quantidade total consumida mensalmente em quilogramas (kg), de acordo, com a frequência de consumo nas refeições.

Além dos dados que a calculadora irá receber como entrada, também é importante entender os tipos de dados de saída:

- **Emissões de CO₂:** O programa calculará e retornará ao usuário o total de emissões de dióxido de carbono geradas por suas atividades. Esse valor será apresentado em toneladas de CO₂.
- **Compensação de Emissões:** O programa retorna para o usuário detalhes sobre a quantidade de créditos de carbono adquiridos (toneladas de CO₂) e a aplicação em projetos de reflorestamento.

Contudo, a coleta adequada dos dados descritos é essencial para o funcionamento correto e eficiente da calculadora de carbono, visto que suas funcionalidades necessitam dos mesmos.

4.1.3. Fórmulas e Cálculos

A pegada de carbono foi criada como uma medida para quantificar o impacto que uma atividade ou processo tem nas mudanças climáticas, indo além dos grandes emissores. Ela é calculada em massa de CO₂ equivalente (CO₂e ou CO₂eq).

Além disso, a pegada de carbono está diretamente associada ao aquecimento global e às mudanças climáticas, uma vez que o acúmulo de gases de efeito estufa na atmosfera intensifica o efeito estufa natural, provocando aumento das temperaturas, eventos climáticos extremos e elevação do nível do mar.

Diante do exposto, pode-se dizer que algumas formas de reduzir a pegada de carbono incluem diminuir o consumo de plásticos, substituir aparelhos que consomem muita energia por versões mais econômicas, consumir mais produtos locais, plantar árvores e apoiar projetos socioambientais.

Além disso, a pegada de carbono pode ser medida em diversos produtos e atividades, como consumo de energia, gás, transporte particular, transporte aéreo, resíduos e carne bovina.

4.1.3.1. Cálculo para a Eletricidade

Consumo: Para realizar o cálculo, é necessário identificar a quantidade de energia consumida, geralmente expressa em quilowatt-hora (kWh). Essa informação pode ser encontrada na conta de eletricidade. No entanto, também é possível utilizar

o valor mensal da conta, aplicando uma escala média de tarifas por região. Segundo dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), as tarifas médias são: Região Norte (R\$ 0,90 por KWh), Nordeste (R\$ 0,85 por KWh), Centro-Oeste (R\$ 0,75 por KWh), Sudeste (R\$ 0,70 por KWh) e Sul (R\$ 0,80 por KWh). O cálculo de consumo é obtido pela fórmula: (Valor da Conta) / (Tarifa Média).

Valor Médio de Emissão: De acordo com o Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG), em 2021, o fator médio de emissão de dióxido de carbono (CO₂) associado à geração de energia elétrica no Brasil foi estimado em 0,1 kg de CO₂ por kWh.

Fórmula: Pegada de carbono (kg CO₂e) = Consumo de energia (kWh) × Valor Médio de emissão (kg CO₂e/kWh).

4.1.3.2. Cálculo para o gás

Consumo de Gás: No cálculo da pegada de carbono referente ao uso de gás em uma residência, é necessário informar a quantidade de botijões de gás consumidos mensalmente. Caso o consumo seja de gás encanado, deve-se informar a quantidade de metros cúbicos (m³) consumidos. Caso nenhuma dessas opções se aplique, há a possibilidade de selecionar a opção "não se aplica", indicando a ausência de consumo de gás na residência.

Valor Médio de Emissão: Um botijão de gás, quando consumido, gera em média 25,09 kg de CO₂e por mês, o que equivale a aproximadamente 0,025 toneladas de CO₂e. Já em relação ao gás encanado, que se refere ao gás natural (GN), o fator médio de emissão é de aproximadamente 2,03 kg de CO₂ por metro cúbico (m³) de gás consumido (SEEG, 2021).

Fórmula: Para botijões -> Pegada de carbono (kg CO₂e) = Quantidade de botijões × Valor médio de emissão (kg CO₂e/botijão). Já para gás encanado -> Pegada de carbono (kg CO₂e) = Consumo (m³) × Valor médio de emissão (kg CO₂e/m³).

4.1.3.3. Cálculo para o transporte

Tipo de combustível e fator de emissão: As emissões de dióxido de carbono (CO₂) estão diretamente ligadas ao tipo de combustível utilizado. Os fatores de emissão mais comuns incluem:

- **Gasolina:** cerca de 2,31 kg de CO₂ por litro.
- **Diesel:** cerca de 2,68 kg de CO₂ por litro.
- **Gás Natural Comprimido (CNG):** cerca de 2,75 kg de CO₂ por Kg.
- **Etanol (Álcool):** cerca de 1,93 kg de CO₂ por litro.

Consumo de combustível: O cálculo da pegada de carbono associada ao transporte particular pode ser feito de duas maneiras:

Quantidade de Combustível Consumida Mensalmente: O cálculo da pegada de carbono associada ao transporte particular depende do consumo de combustível do veículo. Com base nessa informação (litros por quilômetro), é possível multiplicar pela quantidade de quilômetros percorridos para estimar o consumo total de combustível. A Fórmula envolve: Pegada de carbono (kg CO₂e) = Consumo de combustível (litros) × Fator de emissão (kg CO₂e/litro).

Valor gasto em Combustível (R\$): Ao saber o valor gasto no combustível em um período mensal, é possível converter esse valor em litros, usando o preço médio do combustível, que de acordo com a Petrobras estimasse: Gasolina (R\$6,09 por litro), Diesel (R\$5,94 por litro), CNG (R\$3,50 por Kg) e Álcool (R\$4,04 por litro).

Fórmula: Pegada de carbono (kg CO₂e) = Consumo de combustível (litros) × Fator de emissão (kg CO₂e/litro).

4.1.3.4. Cálculo para o transporte aéreo

Fator de Emissão: As emissões de dióxido de carbono (CO₂) associadas a viagens aéreas variam conforme o tipo de voo, podendo ser categorizadas como nacionais ou internacionais. Para estimar a pegada de carbono, é essencial considerar que os fatores de emissão mudam de acordo com a distância percorrida e a eficiência das aeronaves. Segundo relatórios da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC, 2024), a média estimada de emissão por voo é de 123 gramas de CO₂ por quilômetro por passageiro. No entanto, esse valor pode variar dependendo do tipo de aeronave, sua eficiência e outras condições específicas:

Viagens Nacionais: Para voos nacionais, de acordo com os dados coletados por especialistas do Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG, 2019), a emissão média é de 106,1 kg de CO₂ por voo por passageiro.

Utilizando o fator de emissão de 123 gramas de CO₂ por quilômetro por passageiro, isso corresponde a uma distância de aproximadamente 863,41 km.

Viagens Internacionais: Para voos internacionais, a emissão média é de 605,6 kg de CO₂ por voo por passageiro. Utilizando o mesmo fator de emissão, isso corresponde a uma distância de aproximadamente 4.924,39 km.

Número de Viagens Mensais: Para obter uma estimativa precisa, é necessário informar a quantidade de viagens realizadas em um período anual, indicando a quantidade de viagens nacionais e internacionais. Isso permitirá o cálculo total da pegada de carbono para o período.

Fórmula: Viagens Nacionais: Pegada de carbono (kg CO₂e) = 106,1 × Número de viagens realizadas.

Viagens Internacionais: Pegada de carbono (kg CO₂e) = 605,6 × Número de viagens realizadas.

4.1.3.5. Cálculo para resíduos

No atual cenário brasileiro, a gestão de resíduos contribui significativamente para a pegada de carbono, representando cerca de 4,4% das emissões de gases de efeito estufa no país (Observatório do Clima, 2019). Em 2019, o setor de resíduos emitiu aproximadamente 96 milhões de toneladas de CO₂e, sendo que 65% dessas emissões provieram do tratamento de resíduos sólidos (SEEG, 2019). Ademais, é importante ressaltar que a disposição inadequada de resíduos, como lixões e aterros sanitários, constitui um dos principais fatores responsáveis por essas emissões, que podem variar de 10% a 20% do total. Nesse contexto, o novo marco legal do saneamento básico, aprovado em 2020, enfatiza a necessidade de soluções sustentáveis e a valorização dos resíduos como recursos.

Consumo de Lixo: Para calcular a pegada de carbono associada à gestão de resíduos, é necessário informar a quantidade total de resíduos sólidos gerados mensalmente em quilogramas (kg). No Brasil, cada cidadão produz, em média, 379,2 kg de lixo por ano, o que corresponde a mais de 31 kg mensais (Abrelpe, 2020). Entretanto, a adoção de medidas como reciclagem e compostagem podem reduzir boa parcela dessas emissões.

Fator de Emissão: Os fatores de emissão para resíduos sólidos variam conforme o tipo de resíduo e o método de tratamento. De maneira geral, estima-se

que a disposição de resíduos sólidos em aterros sanitários gera cerca de 1,2 kg de CO₂e por kg de resíduo.

Fórmula: Pegada de carbono (kg CO₂e) = Consumo de Lixo (Kg) × Fator de emissão (kg CO₂e/litro).

4.1.3.6. Cálculo para carne bovina

O consumo de carne bovina é uma das principais fontes de emissões de gases de efeito estufa (GEE) no setor agropecuário, visto que, desempenha um papel significativo no aquecimento global. Desse modo, a produção de carne bovina gera emissões substanciais de GEE, em parte devido à liberação de metano (CH₄) pelos animais durante a digestão. Além disso, o desmatamento de grandes áreas para pastagem agrava esse impacto, já que o desflorestamento auxilia na liberação do dióxido de carbono (CO₂) armazenado nesses ecossistemas. Dessa maneira, a criação de gado não apenas pressiona ainda mais as florestas, mas também contribui para o aumento das emissões de GEE.

Além do impacto direto do desmatamento, estudos mostram a relevância desse consumo no cenário das mudanças climáticas. De acordo com dados da Organização das Nações Unidas (ONU), estima-se em uma média mundial, que a produção de 1 kg de carne bovina emita cerca de 27 kg de CO₂.

Consumo de Carne Bovina: Para realizar o cálculo da pegada de carbono associada ao consumo de carne bovina, é essencial considerar a quantidade total de carne consumida em um período mensal, expresso em Kg.

Fator de Emissão: O fator de emissão para a carne bovina é em média de 27 kg de CO₂ por kg de carne produzida.

Fórmula: Pegada de carbono (kg CO₂e) = Consumo de Carne (Kg) × Fator de emissão (kg CO₂e/litro).

4.1.3.7. Cálculo para Emissões Totais

O cálculo para obter as emissões totais das atividades dos usuários envolve a soma de todas as emissões por atividade em uma média anual, que incluem: eletricidade, gás, transporte particular, transporte aéreo, resíduos e consumo de carne bovina. Essas emissões são expressas em kg de CO₂, sendo necessária a conversão

para toneladas de CO₂. Desta forma, utilize a seguinte fórmula: Emissões Totais (tCO₂e) = (Pegada de Carbono Eletricidade + Pegada de Carbono Gás + Pegada de Carbono Transporte Particular + Pegada de Carbono Transporte Aéreo + Pegada de Carbono Resíduos + Pegada de Carbono Carne Bovina) / 1000.

4.1.3.8. Compensação de Emissões e Créditos de Carbono

A compensação de emissões é uma prática que visa neutralizar as emissões de gases de efeito estufa (GEE) por meio da aquisição de créditos de carbono. Esses créditos são gerados a partir de projetos sustentáveis, como o reflorestamento, que capturam carbono da atmosfera ou evitam novas emissões. No contexto de compensações, as árvores plantadas desempenham um papel fundamental, pois atuam como sumidouros de carbono, contribuindo diretamente para a mitigação das mudanças climáticas (IPCC, 2021).

O cálculo das emissões de carbono abrange diversas atividades, como uso de energia, transporte, resíduos, processos industriais, agricultura e desmatamento, sendo cada uma dessas áreas associada a fatores específicos de emissão (GHG Protocol, 2019).

A partir dessas compensações, o usuário poderá visualizar tanto a quantidade de árvores plantadas, quanto o valor financeiro a ser investido, o que evidencia a relação direta entre a compensação e a promoção de práticas ambientais responsáveis. Essas compensações não apenas ajudam a mitigar os impactos ambientais, mas também incentivam a adesão a metas globais de neutralidade de carbono e sustentabilidade (UNFCCC, 1997).

Diante desse cenário, a fim de especificar para o usuário como serão realizadas suas compensações, é necessário que sejam informados, além do valor total de emissões, os seguintes aspectos:

Quantidade de Créditos de Carbono adquiridos: A quantidade de créditos de carbono está diretamente relacionada ao total de emissões a serem compensadas. Cada crédito representa a compensação de uma tonelada de CO₂ (UNFCCC, 1997). Para realizar o cálculo utiliza-se a fórmula: Créditos de Carbono = Total de Emissões (tCO₂e).

Valor a ser Pago: Para determinar o valor pago por cada crédito de carbono adquirido, é necessário considerar a forma de compensação que será realizada. Em média, inaugurado no último trimestre de 2024, estima-se que o valor para projetos de Restauração Florestal (ARR) seja de US\$ 12,70 por crédito, o que, ao ser convertido, resulta em R\$ 63,50. Sob essa perspectiva, para definir o valor total, utiliza-se a fórmula: $\text{Valor Total (R\$)} = \text{Valor por Crédito de Carbono} * \text{Quantidade de Créditos de Carbono}$.

Quantidade de Árvores Plantadas: A quantidade de árvores plantadas é definida com base na quantidade de créditos de carbono adquiridos e na capacidade de sequestro de carbono de cada árvore. Em um projeto de reflorestamento que visa restaurar áreas degradadas com árvores de, em média, 5 anos, consideramos essas árvores jovens, pois são capazes de sequestrar aproximadamente 5,9 kg de CO₂ por ano, ou seja, 0,0059 tCO₂e. Para calcular o número de árvores possível para compensar uma tonelada de CO₂, utilize-se a fórmula: $\text{Quantidade de Árvores Plantadas} = \text{Total de Emissões (tCO}_2\text{e)} / 0,0059 \text{ (tCO}_2\text{e/árvore)}$.

5. DESENVOLVIMENTO DA APLICAÇÃO

5.1. Desenvolvimento de Software em Python

O desenvolvimento de software em Python tornou-se cada vez mais popular devido à sua simplicidade, legibilidade e versatilidade. Python é uma linguagem de programação de alto nível, interpretada e orientada a objetos que permite desenvolver uma ampla gama de aplicações, desde scripts simples até sistemas complexos.

Uma das principais vantagens do Python é sua sintaxe clara e concisa, que torna o código mais fácil de entender e manter, tornando-o ideal tanto para iniciantes quanto para desenvolvedores experientes. No contexto da criação de uma calculadora de carbono, Python se destaca pela capacidade de lidar com dados e realizar cálculos de maneira eficiente.

5.2. Bibliotecas e Ferramentas Utilizadas

Para o desenvolvimento dessa aplicação, foi utilizado Flask, um framework em Python. Conhecido por sua simplicidade e flexibilidade, ele possibilita a criação de aplicações web de forma rápida e eficiente.

6. CÓDIGOS E IMPLEMENTAÇÃO

O código a seguir apresenta a implementação de uma aplicação Flask para uma calculadora de carbono, que permite aos usuários calcular a pegada de carbono com base no consumo de energia, gás, transporte e outros fatores. A aplicação é desenvolvida em Python e faz uso do micro framework Flask para gerenciar as rotas e exibir os resultados de forma interativa.

Figura 3 – Configurando rotas em aplicativo Flask

```
1 from flask import Flask, render_template, request
2
3 app = Flask(__name__)
4
5 @app.route('/') # Define a rota para a página inicial
6 def index():
7     return render_template('index.html') # Renderiza o template index.html
8
9 @app.route('/calcular', methods=['POST']) # Define a rota para o cálculo
10 def calcular():
11     try:
12         nome = request.form.get('nome') # Obtém o primeiro nome do usuário
13         if not nome:
14             raise ValueError("O nome é obrigatório.")
15
```

Fonte: Autoria Própria (2024).

Figura 4 - Cálculo da pegada de carbono com base no consumo de eletricidade e tarifas regionais

```
16 #ELETRICIDADE -----
17 # Defini as Regiões de acordo com o dado de entrada do Estado
18 regioes = {
19     "Norte": ["Acre", "Amapá", "Amazonas", "Pará", "Rondônia", "Roraima", "Tocantins"],
20     "Nordeste": ["Alagoas", "Bahia", "Ceará", "Maranhão", "Paraíba", "Pernambuco", "Piauí", "Rio Grande do Norte", "Sergipe"],
21     "Centro-Oeste": ["Distrito Federal", "Goiás", "Mato Grosso", "Mato Grosso do Sul"],
22     "Sudeste": ["Espírito Santo", "Minas Gerais", "Rio de Janeiro", "São Paulo"],
23     "Sul": ["Paraná", "Rio Grande do Sul", "Santa Catarina"]
24 }
25
26 # Tarifas médias por região
27 tarifas = {
28     "Norte": 0.90,
29     "Nordeste": 0.85,
30     "Centro-Oeste": 0.75,
31     "Sudeste": 0.70,
32     "Sul": 0.80
33 }
34
35 estado = request.form.get('estado') # Verifica o nome do Estado informado
36
37 # Determina a região com base no estado informado
38 regioao = next((r for r, estados in regioes.items() if estado in estados), None)
39 if not regioao:
40     raise ValueError("Estado inválido.")
41
42 tarifa_media = tarifas[regiao] # Obtém a tarifa média da região
43 consumo_kwh = request.form.get('consumo_kwh') # Consumo de eletricidade em kWh
44 valor_reais = request.form.get('valor_reais') # Valor em reais do consumo de eletricidade
45
46 # Captura a entrada de consumo através do consumo expresso KWh ou Reais
47 if consumo_kwh:
48     consumo_kwh = float(consumo_kwh)
49 elif valor_reais:
50     valor_reais = float(valor_reais)
51     consumo_kwh = valor_reais / tarifa_media # Cálculo de consumo com base no valor e tarifa média por região
52 else:
53     raise ValueError("Consumo de eletricidade não informado.") # Verifica se o campo de consumo de eletricidade foi preenchido
54
55 #Fatores de Emissão para Eletricidade
56 fator_emissao_eletricidade = 0.1 # kg CO2 por kWh
57
58 # Calculo da pegada total de carbono por consumo de Eletricidade
59 pegada_carbono_eletricidade = consumo_kwh * fator_emissao_eletricidade # Calcula a pegada total de carbono da eletricidade
60 media_anual_eletricidade = pegada_carbono_eletricidade * 12 # Emissão média anual da eletricidade
```

Fonte: Autoria Própria (2024).

Figura 5 - Cálculo da pegada de carbono com base no consumo de gás (botijão e encanado)

```

62 #GÁS -----
63 # Obtém o consumo de gás
64 consumo_botijao = request.form.get('consumo_botijao') # Consumo de gás pela quantidade de botijões
65 consumo_gas_encanado = request.form.get('consumo_gas_encanado') # Consumo de gás em m³
66
67 # Fatores de emissão para gás
68 fator_emissao_botijao = 25.09 # kg de CO2 por botijão
69 fator_emissao_gas_encanado = 2.04 # kg de CO2 por m³ de gás encanado
70
71 # Calculo da pegada total de carbono por consumo de Gás
72 pegada_carbono_gas = 0
73 if consumo_botijao:
74     consumo_botijao = float(consumo_botijao)
75     pegada_carbono_gas += consumo_botijao * fator_emissao_botijao # Calcula a pegada de carbono do botijão
76
77 if consumo_gas_encanado:
78     consumo_gas_encanado = float(consumo_gas_encanado)
79     pegada_carbono_gas += consumo_gas_encanado * fator_emissao_gas_encanado # Calcula a pegada de carbono do gás encanado
80 media_anual_gas = pegada_carbono_gas * 12 # Emissão média anual do gás
81

```

Fonte: Autoria Própria (2024).

Figura 6 - Cálculo da pegada de carbono com base no consumo de combustível de transporte particular

```

82 #TRANSPORTE PARTICULARES -----
83 # Obtém o consumo de combustível
84 tipo_combustivel = request.form.get('tipo_combustivel') # Tipo de combustível
85 consumo_combustivel = request.form.get('consumo_combustivel') # Consumo de combustível em Litros ou Kg
86 valor_combustivel = request.form.get('valor_combustivel') # Consumo de combustível em Reais
87
88 # Fatores de emissão dos combustíveis
89 fator_emissao_particular = {
90     "gasolina": 2.31,
91     "diesel": 2.68,
92     "cng": 2.75,
93     "etanol": 1.93
94 }
95 # Preços dos combustíveis
96 precos_combustivel = {
97     "gasolina": 6.09,
98     "diesel": 5.94,
99     "cng": 3.50,
100     "etanol": 4.04
101 }
102
103 pegada_carbono_particular = 0
104 if tipo_combustivel in fator_emissao_particular:
105     fator_emissao = fator_emissao_particular[tipo_combustivel] # Obtém o fator de emissão de acordo com o tipo de combustível
106     preco_combustivel = precos_combustivel[tipo_combustivel] # Obtém o preço de acordo com tipo de combustível
107
108 # Calculo da pegada total de carbono por uso de Transportes Particulares
109 if consumo_combustivel:
110     consumo_combustivel = float(consumo_combustivel)
111 elif valor_combustivel:
112     valor_combustivel = float(valor_combustivel)
113     consumo_combustivel = valor_combustivel / preco_combustivel # Cálculo de consumo a partir do valor
114 else:
115     raise ValueError("Consumo de combustível não informado.") # Verifica se o campo de consumo do combustível foi preenchido
116
117 pegada_carbono_particular += consumo_combustivel * fator_emissao # Calcula a pegada total de carbono por uso de transportes particulares
118 media_anual_particular = pegada_carbono_particular * 12 # Emissão média anual de transporte particular
119

```

Fonte: Autoria Própria (2024).

Figura 7 - Cálculo da pegada de carbono com base no consumo de combustível de transporte aéreo

```
120 #TRANSPORTE AÉREOS -----
121 # Obtém o número de viagens aéreas
122 viagens_nacionais = request.form.get('viagens_nacionais') # Viagens Nacionais
123 viagens_internacionais = request.form.get('viagens_internacionais') # Viagens Internacionais
124
125 # Fatores de emissão para viagens
126 fator_emissao_nacional = 106.1 # kg de CO2 por viagem nacional
127 fator_emissao_internacional = 605.6 # kg de CO2 por viagem internacional
128
129 pegada_carbono_aereo = 0
130 # Calculo da pegada total de carbono por uso de Transportes Aéreos
131 if viagens_nacionais:
132     viagens_nacionais = int(viagens_nacionais)
133     pegada_carbono_aereo += viagens_nacionais * fator_emissao_nacional # Calcula a pegada de carbono de viagens nacionais
134
135 if viagens_internacionais:
136     viagens_internacionais = int(viagens_internacionais)
137     pegada_carbono_aereo += viagens_internacionais * fator_emissao_internacional # Calcula a pegada de carbono de viagens internacionais
138
```

Fonte: Autoria Própria (2024).

Figura 8 - Cálculo da pegada de carbono com base nos resíduos gerados e consumo de carne bovina

```
139 #RESÍDUOS -----
140 # Obtém a quantidade de resíduos gerados
141 consumo_residuos = request.form.get('residuos_gerados')
142
143 # Fatores de emissão para resíduos -
144 fator_emissao_residuos = 1.2 # kg CO2 por kg de resíduos
145
146 pegada_carbono_residuos = 0
147 # Calculo da pegada total de carbono por Resíduos Gerados
148 if consumo_residuos:
149     consumo_residuos = float(consumo_residuos)
150     pegada_carbono_residuos += consumo_residuos * fator_emissao_residuos # Calcula a pegada de carbono dos resíduos
151 media_anual_residuos = pegada_carbono_residuos * 12 # Emissão média anual de resíduos
152
153 #CARNE BOVINA -----
154 # Obtém o consumo de carnes bovinas
155 consumo_carne = request.form.get('consumo_carne')
156
157 # Fatores de emissão para carne
158 fator_emissao_carne = 27 # kg CO2 por kg de carne
159
160 pegada_carbono_carne = 0
161 # Calculo da pegada total de carbono por Consumo de Carne Bovina
162 if consumo_carne:
163     consumo_carne = float(consumo_carne)
164     pegada_carbono_carne += consumo_carne * fator_emissao_carne # Calcula a pegada de carbono da carne
165 media_anual_carne = pegada_carbono_carne * 12 # Emissão média anual de carne
166
```

Fonte: Autoria Própria (2024).

Figura 9 - Cálculo das emissões totais, créditos de carbono e compensação

```

167 #EMISSIONES TOTAIS -----
168 total_emissoes = (
169     pegada_carbono_eletricidade +
170     pegada_carbono_gas +
171     pegada_carbono_particular +
172     pegada_carbono_aereo +
173     pegada_carbono_residuos +
174     pegada_carbono_carne
175 )/1000 # Convertendo total de kg CO2 para tCO2e
176
177 total_emissoes_media = total_emissoes * 12
178
179 #CRÉDITO DE CARBONO -----
180 credito_carbono = total_emissoes
181
182 #ÁRVORES PLANTADAS -----
183 sequestro_arvore = 0.0059 # tCO2e/árvore
184 arvores_plantadas = total_emissoes / sequestro_arvore
185
186 #VALOR A SER PAGO -----
187 valor_credito = 63.50 # R$ 63,50 por crédito de carbono
188
189 valor_total = credito_carbono * valor_credito # Total a ser pago em R$
190

```

Fonte: Autoria Própria (2024).

Figura 10 - Renderização do template com resultados da calculadora de carbono

```

207
208 # Renderiza o template com o valor obtido em cada variável
209 return render_template(
210     'index.html',
211     nome=nome,
212     pegada_carbono_eletricidade=pegada_carbono_eletricidade,
213     media_anual_eletricidade=media_anual_eletricidade,
214     fator_emissao_eletricidade=fator_emissao_eletricidade,
215
216     pegada_carbono_gas=pegada_carbono_gas,
217     media_anual_gas=media_anual_gas,
218     fator_emissao_botijao=fator_emissao_botijao,
219     fator_emissao_gas_encanado=fator_emissao_gas_encanado,
220
221     media_anual_particular=media_anual_particular,
222     fator_emissao_nacional=fator_emissao_nacional,
223     fator_emissao_internacional=fator_emissao_internacional,
224     pegada_carbono_particular=pegada_carbono_particular,
225     fator_emissao=fator_emissao,
226
227     media_anual_residuos=media_anual_residuos,
228     pegada_carbono_residuos=pegada_carbono_residuos,
229     fator_emissao_residuos=fator_emissao_residuos,
230
231     media_anual_carne=media_anual_carne,
232     pegada_carbono_carne=pegada_carbono_carne,
233     fator_emissao_carne=fator_emissao_carne,
234
235     total_emissoes=total_emissoes,
236     total_emissoes_media=total_emissoes_media,
237
238     credito_carbono=int(credito_carbono),
239     arvores_plantadas=int(arvores_plantadas),
240     valor_total=valor_total,
241
242     mostrar_sec4=True
243 )
244 except ValueError as e:
245     return render_template('index.html', erro=str(e)) # Retornando mensagens de erro para o HTML
246
247 if __name__ == '__main__':
248     app.run(debug=True)
249

```

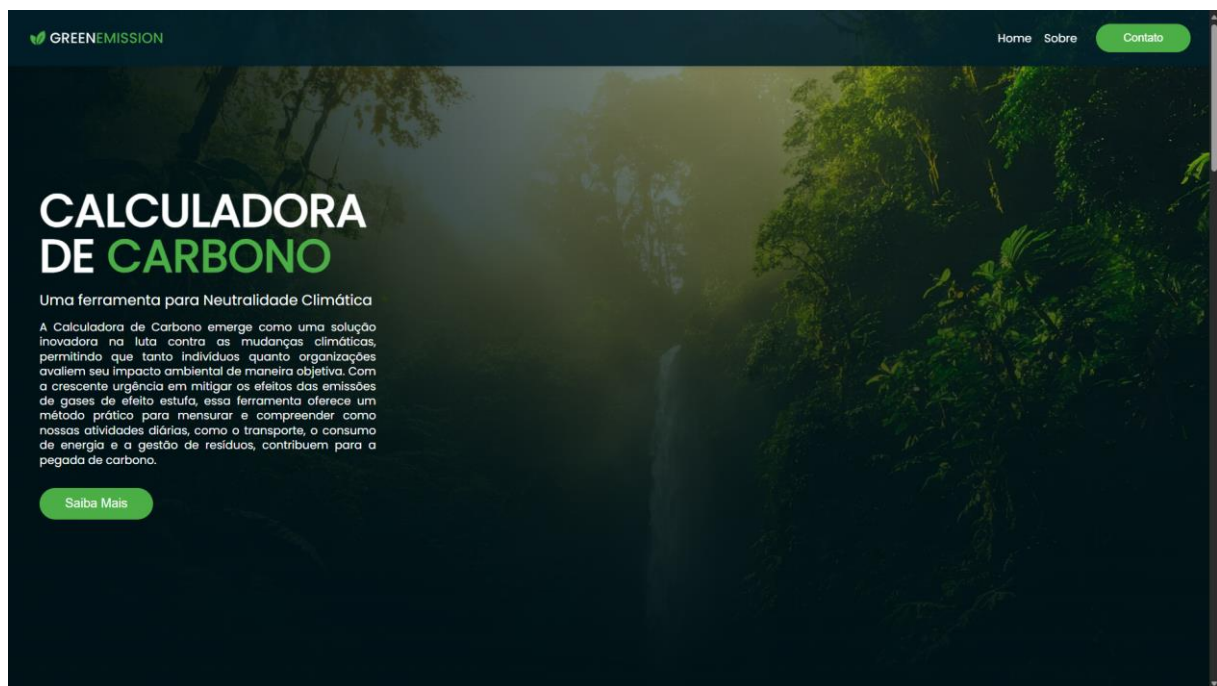
Fonte - Autoria Própria (2024).

7. APRESENTAÇÃO DO PROGRAMA EM FUNCIONAMENTO

O site da calculadora de carbono foi desenvolvido utilizando Python e Flask, além de HTML, CSS e JavaScript para a interface do usuário.

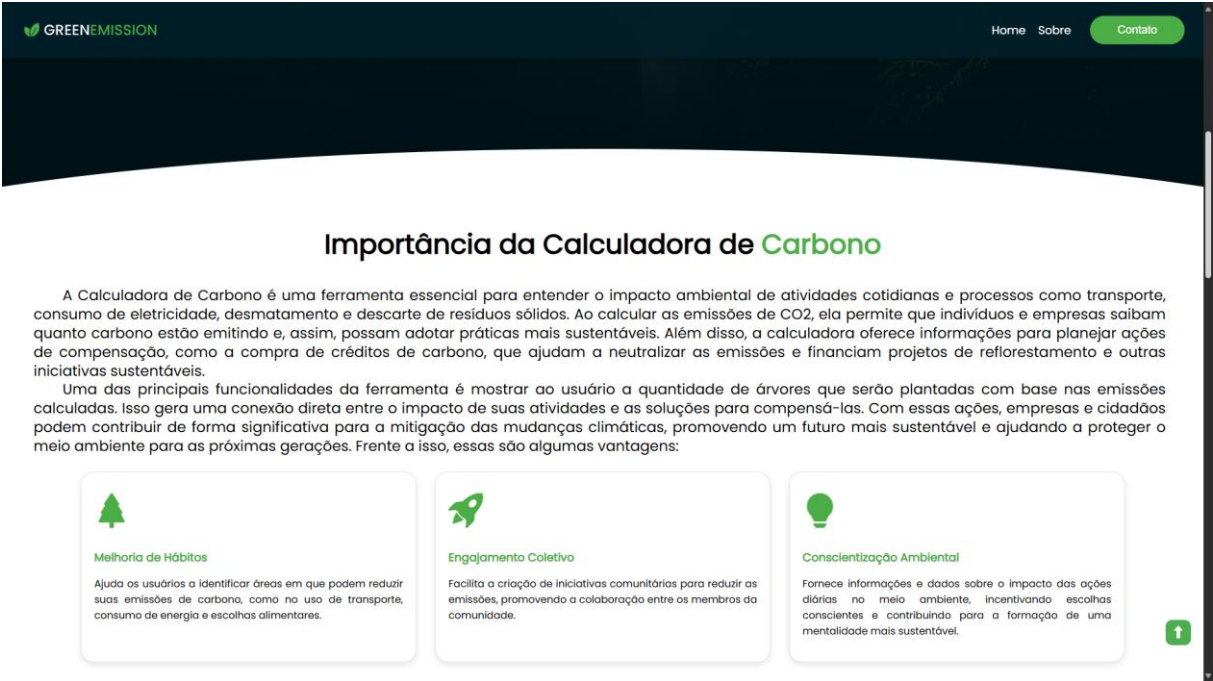
A plataforma permite que os usuários interajam com a ferramenta, insiram seus dados e obtenham uma estimativa das suas emissões de CO₂, além de receber sugestões para compensação e redução de suas pegadas de carbono. A interface foi projetada para ser intuitiva, permitindo uma navegação simples entre as diferentes etapas do cálculo e proporcionando uma experiência educativa e agradável.

Figura 11 - Primeira seção página Home



Fonte: Autoria Própria (2024).

Figura 12 - Importância da Calculadora de Carbono



Fonte: Autoria Própria (2024).

Figura 13 - Formulário - Dados Gerais e de Consumo de Eletricidade

The screenshot shows the 'Calculadora de Carbono' form. The header includes the 'GREENEMISSION' logo and navigation links for 'Home', 'Sobre', and 'Contato'. The main heading is 'Calculadora de Carbono'. Below it, a sub-heading reads: 'Calcule suas emissões mensais e anuais de CO2 através de atividades cotidianas e descubra como compensá-las com créditos de carbono.' The form is divided into three sections: 1. 'Geral' (General) with a tree icon, containing a text input for 'Qual o seu nome?' (First Name) and a dropdown menu for 'Em qual Estado do Brasil você mora?' (Select). 2. 'Eletricidade' (Electricity) with a lightbulb icon, containing two input fields: 'Consumo de Eletricidade (kWh):' and 'Valor da Conta de Eletricidade (R\$):', separated by the word 'OU' (OR). 3. 'Gás' (Gas) with a gas cylinder icon, containing an input field for 'Consumo de Botijão de Gás:' (Gas Cylinders). A small green arrow icon is visible on the right side of the page.

Fonte: Autoria Própria (2024).

Figura 14 - Formulário - Dados de Consumo de Gás e Transportes Particulares

The screenshot displays the 'Dados de Consumo de Gás e Transportes Particulares' form on the GreenEmission website. The form is divided into two main sections: 'Gás' and 'Transportes'. The 'Gás' section includes input fields for 'Consumo de Botijão de Gás' (Qtd Botijões) and 'Consumo de Gás Encanado (m³)' (m³), separated by an 'OU' (OR) indicator. The 'Transportes' section includes a dropdown for 'Tipo de Combustível' (Gasolina), input fields for 'Consumo de Combustível (litros)' (Litros/Kg) and 'Valor do Combustível (R\$)' (R\$), also separated by an 'OU' indicator. Below these, there is a section for 'Uso de transportes aéreos (avião)' with input fields for 'Viagens Aéreas Nacionais' (Qtd Viagens) and 'Viagens Aéreas Internacionais' (Qtd Viagens). The form is set against a light gray background with a dark blue header and footer. The header includes the GreenEmission logo and navigation links (Home, Sobre, Contato). The footer includes contact information, links, and other resources.

Gás
Consumo de Botijão de Gás:

OU
Consumo de Gás Encanado (m³):

Transportes
Uso de transportes **particulares** (automóvel, motocicleta, entre outros).
Tipo de Combustível:

Consumo de Combustível (litros):

OU
Valor do Combustível (R\$):

Uso de transportes **aéreos** (avião).
Viagens Aéreas Nacionais:

Fonte: Autoria Própria (2024).

Figura 15 - Formulário - Dados de Consumo de Transportes Aéreos, Carne Bovina e Resíduos

The screenshot displays the 'Dados de Consumo de Transportes Aéreos, Carne Bovina e Resíduos' form on the GreenEmission website. The form is divided into three main sections: 'Transportes Aéreos', 'Resíduos', and 'Carne Bovina'. The 'Transportes Aéreos' section includes input fields for 'Viagens Aéreas Nacionais' (Qtd Viagens) and 'Viagens Aéreas Internacionais' (Qtd Viagens). The 'Resíduos' section includes an input field for 'Resíduos Gerados (kg)' (Kg). The 'Carne Bovina' section includes an input field for 'Consumo de Carne (kg)' (Kg). A large green button labeled 'Calcular Emissões' is positioned below the input fields. The form is set against a light gray background with a dark blue header and footer. The header includes the GreenEmission logo and navigation links (Home, Sobre, Contato). The footer includes contact information, links, and other resources.

Uso de transportes **aéreos** (avião).
Viagens Aéreas Nacionais:

Viagens Aéreas Internacionais:

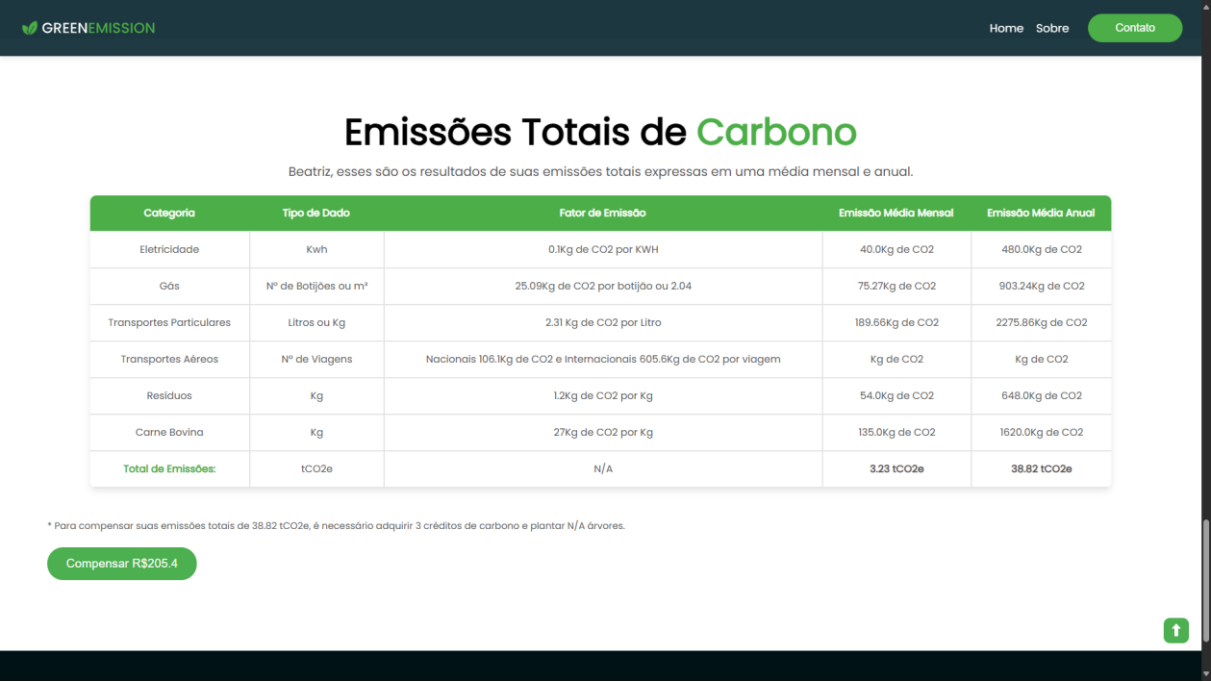
Resíduos
Resíduos Gerados (kg):

Carne Bovina
Consumo de Carne (kg):

Calcular Emissões

Fonte: Autoria Própria (2024).

Figura 16 - Resultado - Total de Emissões (média mensal e anual) e Compensação



Fonte: Autoria Própria (2024).

8. ESTUDO DE CASO

8.1. Exemplos de calculadoras já existentes

As calculadoras de carbono são ferramentas importantes para medir e reduzir as emissões de gases de efeito estufa, ajudando na conscientização ambiental e na promoção de práticas sustentáveis. Algumas calculadoras já existentes com uma breve descrição de como funcionam.

Global Carbon Project: Essa calculadora permite que os usuários insiram dados sobre suas atividades diárias, como consumo de energia e deslocamentos. Com base em fórmulas científicas, ela estima as emissões de carbono relacionadas a essas atividades e sugere ações para redução.

Figura 17 - Tela inicial do site The Global Carbon Project



Fonte: Global Carbon Project (2024).

Carbon Footprint Ltd: Oferece um questionário detalhado onde os usuários informam sobre viagens e hábitos de consumo. A calculadora quantifica a pegada de carbono e sugere formas de compensar, como projetos de reflorestamento.


Figura 18 - Tela inicial do site Carbon Footprint Ltd

Language: English (United Kingdom) ▾

Why create an account?
10 mil pessoas curtiram isso. [Cadastre-se](#) para ver do que seus amigos gostam.

[Curtrir](#)

Welcome House Flights Car Motorbike Bus & Rail Secondary Results

 **Welcome to the web's leading carbon footprint calculator**

First, please tell us where you live: [why?](#)

Country: Brazil ▾

Carbon footprint calculations are typically based on annual emissions from the previous 12 months.
If you would like to calculate your carbon footprint for a different period use the calendar boxes below (optional):

from to [Save](#)

Next, select the appropriate tab above to calculate the part of your lifestyle you are most interested in, e.g. your flights.
Or, visit each of the tabs above to calculate your full carbon footprint.

Following your calculation, you can offset / neutralise your emissions through one of our climate-friendly projects.

[add our CO₂ calculation tools to your website](#)

[House >](#)


Fonte: Carbon Footprint (2024).

Nature Conservancy: Uma calculadora voltada para o uso pessoal, onde os usuários respondem a perguntas sobre transporte e consumo de energia. A ferramenta gera um relatório sobre a pegada de carbono e recomenda ações, como usar fontes de energia renováveis.

Figura 19 - Calculadora do site Nature Conservancy

Calculate Your Carbon Footprint

Get Started Travel Home Food Shopping Your Footprint Take Action

 Get Started

START WITH A QUICK CARBON FOOTPRINT ESTIMATE

[Zipcode](#) [State](#) [City](#) [County](#) [Country](#)

Enter your location

How many people live in your household?

Avg (2.5) 1 2 3 4 5+

What is your approximate gross annual household income?

Avg <10k 10k 20k 30k 40k 50k 60k 80k 100k 120k+

[NEXT](#)

Fonte: Nature Conservancy (2024)

Environmental Protection Agency (EPA): Focada em residências, coleta informações sobre consumo de eletricidade e transporte. A partir disso, fornece uma estimativa das emissões anuais e sugere práticas de eficiência energética.


Figura 20 - Tela inicial do site Environmental Protection Agency

Carbon Footprint Calculator

What is your carbon footprint?

Take a few minutes to find out with EPA's Household Carbon Footprint Calculator.

Get Started



About

- Many of our daily activities - such as using electricity, driving a car, or disposing of waste - cause greenhouse gas emissions. Together these emissions make up a household's carbon footprint.
- The calculator estimates your footprint in three areas: home energy, transportation and waste.

How To

- You can get a quick, rough estimate of your carbon footprint by using U.S. average values. They are provided (along with other useful information) in the "tool tips" throughout the calculator.
- For a more accurate estimate, use your own numbers. Gather your utility bills (electricity, natural

Download

- To work offline or see the formulas behind the calculator, you can download it as a spreadsheet.

Calculator in Excel

Fonte: Environmental Protection Agency (2024)

8.2. Exemplos de Calculadoras de Carbono no Brasil

Instituto Escolha: Desenvolvida para ajudar cidadãos a calcular suas emissões individuais, considerando transporte, alimentação e energia. A ferramenta também dá orientações sobre como reduzir a pegada de carbono.

Figura 21 - Tela inicial do site Instituto Escolha



Fonte: Instituto Escolha (2024)

SOS Mata Atlântica: Oferece uma calculadora de emissões de CO₂ que permite aos usuários verem sua pegada de carbono. A ferramenta considera atividades cotidianas, como consumo de energia e transporte, e ajuda a conscientizar sobre o impacto ambiental de cada pessoa, sugerindo práticas para reduzir suas emissões e promover uma vida mais sustentável.

Figura 22 - Calculadora de Carbono do site SOS Mata Atlântica

ENERGIA ELÉTRICA DA REDE

Atividade

Consumo de Energia Elétrica KWh por mês

GLP (GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO - BOTIJÃO)

Atividade

Consumo de gás de cozinha Kg por mês

GÁS NATURAL (GÁS DE ENCANAMENTO)

Atividade

Apoie nossas causas

Fonte: SOS Mata Atlântica (2024)

Iniciativa Verde: Disponibiliza uma calculadora de CO₂ que permite aos usuários calcular suas emissões com base em atividades como transporte, consumo de energia e hábitos diários. A ferramenta também sugere formas de compensar essas emissões, incentivando a adoção de práticas sustentáveis e contribuindo para a preservação ambiental.

Figura 23 - Tela inicial do site Iniciativa Verde

18 INICIATIVA ANOS VERDE

SOBRE O QUE FAZEMOS ONDE ATUAMOS CALCULADORA DE CO₂ NOTÍCIAS BIBLIOTECA PT|EN DOAR

CALCULADORA DE CO₂

O que é pegada de carbono?

O que é? Casa - eletricidade Casa - gás Transporte individual Transporte coletivo Viagens aéreas Resultado DOAR

Fonte: Iniciativa Verde (2024)

Essas ferramentas são essenciais para medir as emissões de carbono e incentivar práticas mais sustentáveis. O uso delas pode resultar em mudanças significativas no comportamento e nas políticas ambientais, promovendo um futuro mais sustentável.

9. RESULTADOS

9.1. Redução de Emissões de Carbono e Implementação de Medidas Sustentáveis

Com as pesquisas sobre a pegada de carbono, foi desenvolvido uma calculadora que permite os usuários analisem e revertam as principais fontes de emissão de dióxido de carbono associando-se as suas atividades diárias, como uso da energia, transporte, alimentação e produção de resíduos. Com isso, consumidor podem compreender o impacto de cada atividade e assim, adotando medidas mais sustentáveis. Como uso de energia renováveis, promovendo a diminuição das emissões de Co2.

9.2. Conscientização e Educação Ambiental

A calculadora de carbono detalha as emissões por tópicos, fornece informações que incentivem o consumidor a adotarem medidas práticas mais sustentáveis. Sendo assim, analisando o impacto ambiental e promovendo a conscientização ambiental.

9.3. Créditos de Carbono

Após o cálculo de emissões, a calculadora oferece a possibilidade de compensação de carbono por meio de créditos de carbono. Esse processo apoia projetos sustentáveis, como reflorestamento e gestão florestal, ajudando assim na remoção de CO2 da atmosfera.

9.4. Quantidade de Árvores a Serem Plantadas

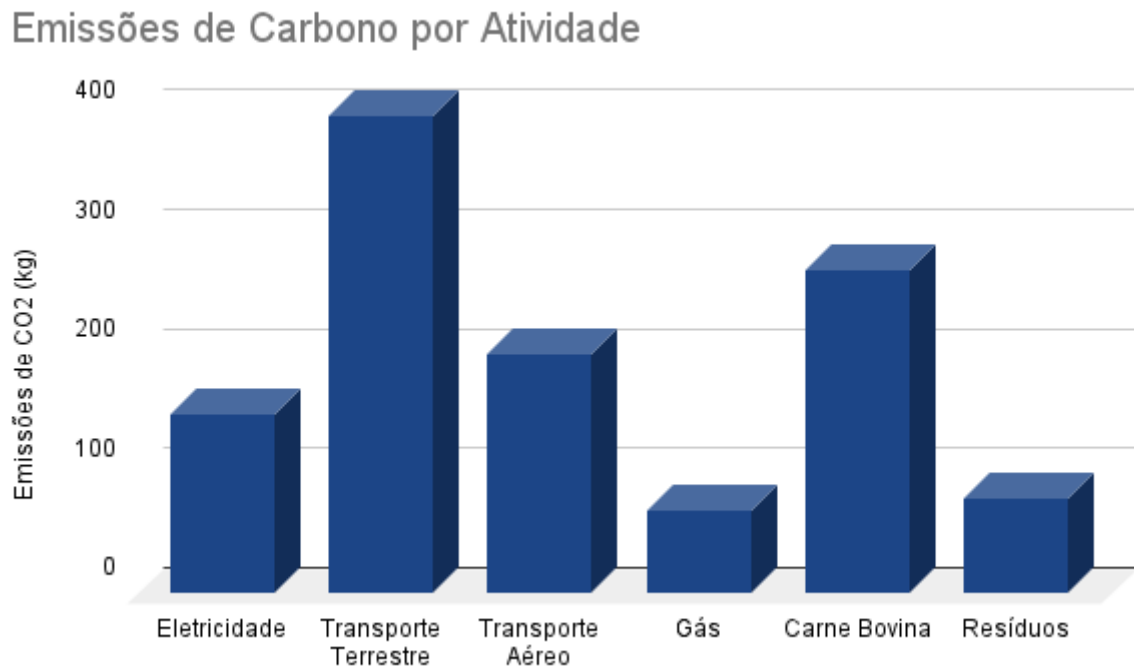
A quantidade de árvores a serem plantadas para compensar as emissões de CO2 de cada pessoa. A visualizar o impacto para práticas e atividades e incentivando a compensação de projetos de reflorestamento.

Os resultados declaram a importância de uma calculadora para que empresas e cidadãos se conscientizem sobre as mudanças climáticas e desenvolvimento sustentáveis.

9.5. Análise das Emissões

Abaixo, apresentam-se gráficos que ilustram de forma visual os resultados da pesquisa realizada.

Figura 24 - Representação Gráfica de Emissões de Carbono por Atividade



Fonte: Autoria Própria (2024).

De acordo com as principais pesquisas realizadas entre 2010 e 2019, o Brasil registrou um aumento considerável em diversos indicadores ambientais e econômicos. Esses dados refletem tendências significativas que impactam tanto o desenvolvimento sustentável quanto as políticas públicas voltadas para a mitigação de impactos ambientais.

Tabela 1 – Comparação de média total de emissão de tCO2 entre 2010 e 2019

Ano	2010	2019
Eletricidade	15 Milhões t CO2	20 Milhões t CO2
Transporte Terrestre	70 Milhões t CO2	85 Milhões t CO2
Transporte Aéreo	6 Milhões t CO2	7 Milhões t CO2
Gás	45 Milhões t CO2	55 Milhões CO2

Carne Bovina	380 Milhões t CO ₂	430 Milhões t CO ₂
Resíduos	70 Milhões t CO ₂	80 Milhões t CO ₂

Fonte: Autoria Própria (2024).

Eletricidade: Uso de termelétricas em períodos de seca, com predominância de fontes renováveis na matriz energética.

Transporte Terrestre: Crescimento da frota de veículos e uso predominante de gasolina e diesel, com contribuição significativa do etanol.

Transporte Aéreo: Expansão do setor de aviação, com grande uso de querosene de aviação.

Gás Natural: Uso de termelétricas, indústrias e transporte, com crescimento da produção de gás natural no pré-sal.

Carne Bovina: Metano da fermentação entérica, desmatamento para pastagens e manejo de paisagens.

Resíduos: Decomposição de resíduos sólidos urbanos e tratamento inadequado de esgoto.

9.5.1. Recomendações

Adotar Energias Renováveis: Optar por energia solar ou eólica ajuda a reduzir as emissões de carbono, tanto em casa quanto no trabalho. Além disso, trocar lâmpadas comuns por LED e utilizar aparelhos com selo de eficiência energética pode fazer uma grande diferença no consumo de energia.

Redução de Resíduos: Pratique a redução, reutilização e reciclagem para diminuir a quantidade de lixo gerado. Sempre que possível, opte pela compostagem e substitua plásticos descartáveis por alternativas mais sustentáveis, contribuindo para a preservação do meio ambiente.

Mudança Alimentar: Diminuir o consumo de carne, principalmente a vermelha, e priorizar alimentos mais sustentáveis pode reduzir significativamente sua pegada de carbono.

Repensar o Transporte: Dê prioridade a meios de transporte sustentáveis, como bicicletas, transporte público ou carros elétricos, e envolva a população na conscientização para o desenvolvimento de opções de transporte elétrico.

Monitoramento Contínuo: Use ferramentas como a calculadora de carbono regularmente para monitorar seu impacto ambiental. Revise seus hábitos de consumo de tempos em tempos e faça ajustes para reduzir as emissões de forma constante.

10. IMPACTO E RELEVÂNCIA

A calculadora de carbono desenvolvida tem um impacto significativo tanto a nível individual como coletivo, desempenhando um papel crucial na sensibilização ambiental. Os principais aspectos de impacto e relevância incluem a calculadora promove a sensibilização e a educação, permitindo aos utilizadores calcular as suas emissões de CO₂, oferecendo informações sobre como as diferentes atividades e escolhas diárias contribuem para as emissões de gases com efeito de estufa. Isso leva a uma melhor compreensão da importância da sustentabilidade e das ações necessárias para reduzir a pegada de carbono.

Além disso, a disponibilidade da calculadora estimula o envolvimento da comunidade. Os usuários que utilizam a ferramenta podem compartilhar seus resultados e práticas sustentáveis com amigos e familiares, ampliando o alcance da conscientização e promovendo uma cultura de responsabilidade ambiental.

Outro ponto a destacar é a contribuição para as metas globais de redução das emissões de carbono. A calculadora está alinhada com os esforços em direção a um futuro mais sustentável, capacitando os usuários e incentivando mudanças positivas nas políticas ambientais e na responsabilidade corporativa.

Por fim, a calculadora permite monitorar e avaliar as emissões ao longo do tempo. Os usuários podem ver os resultados de suas ações e ajustar suas práticas se necessário, promovendo um compromisso contínuo com a redução de emissões.

11. CONCLUSÃO

A criação da calculadora de carbono se mostrou uma ferramenta prática e relevante para enfrentar os desafios das emissões de gases de efeito estufa (GEE) em nosso cotidiano. Durante o desenvolvimento, ficou evidente que, ao quantificar as emissões provenientes de atividades como transporte, consumo de energia e alimentação, o usuário pode visualizar o impacto ambiental de suas ações. Mais do que um simples cálculo, a ferramenta promove a conscientização ambiental, estimulando práticas mais sustentáveis.

Por meio dessa calculadora, o projeto contribui para que pessoas e empresas possam adotar ações concretas de redução e compensação de carbono, oferecendo um caminho prático para quem busca minimizar seus impactos. Ao facilitar o entendimento e o gerenciamento das emissões, a calculadora atua como um incentivo à mudança de hábitos, propondo alternativas para a compensação do carbono gerado.

Esse projeto reforça a importância de tecnologias que apoiam o desenvolvimento sustentável e tornam o processo de neutralização de carbono mais acessível. Em um cenário onde a preservação do meio ambiente é cada vez mais urgente, a calculadora de carbono representa um avanço significativo para a conscientização individual e coletiva.

A criação da calculadora de carbono tem se mostrado um avanço importante para medir e gerenciar as emissões de gases de efeito estufa (GEE). Ao permitir que cada pessoa faça seu próprio cálculo, a ferramenta deixa claro o impacto das atividades do dia a dia, ajudando a aumentar a conscientização e a incentivar práticas mais sustentáveis.

Essa calculadora é um grande passo para a gestão ambiental, sendo uma ferramenta prática que ajuda tanto indivíduos quanto empresas a avaliarem sua pegada de carbono e a tomarem medidas para reduzir suas emissões. Com dados precisos e sempre atualizados, a ferramenta facilita decisões mais conscientes e alinhadas com a sustentabilidade.

A entrada dessa calculadora no mercado tem seus desafios e oportunidades. Para que os resultados sejam precisos, é essencial ter dados de entrada de qualidade

e atualizar constantemente os fatores de emissão. Além disso, a ferramenta precisa ter uma interface simples e fácil de entender para que os usuários possam usá-la sem dificuldades.

Mesmo com esses desafios, o potencial de mercado é grande. A demanda por soluções sustentáveis e a necessidade de maior transparência ambiental fazem com que ferramentas como essa sejam cada vez mais procuradas. A possibilidade de integração com outros sistemas e a personalização para diferentes perfis de usuários são pontos que podem destacar a calculadora no mercado.

A calculadora de carbono pode ajudar na transição para uma economia mais sustentável, incentivando tanto a compensação das emissões quanto o uso de tecnologias limpas. Ela também pode ser uma ótima ferramenta de educação ambiental, ajudando a aumentar a conscientização sobre as mudanças climáticas e a importância da ação individual.

Para o futuro, a ideia é expandir as funcionalidades da calculadora, com a inclusão de novos parâmetros e a integração com outras plataformas de monitoramento ambiental. Além disso, a realização de estudos de caso e a análise do impacto da ferramenta em diferentes situações são importantes para melhorar sua eficácia e ampliar seu uso.

Em resumo, a calculadora de carbono é uma ferramenta muito útil para a gestão ambiental, ajudando a reduzir as mudanças climáticas e promovendo a sustentabilidade. Sua introdução no mercado é um passo importante em direção a um futuro mais sustentável.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). Relatório sobre emissões de voos. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/>. Acesso em: 02 out. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Tarifas médias de energia elétrica. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/>. Acesso em: 02 out. 2024.

ALVES, Raíza Silva. Crédito de carbono: o mercado de crédito de carbono no Brasil. 2013. Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos13/2018412.pdf>. Acesso em: 25 set. 2024.

CARBON BRIEF. Análise de emissões cumulativas de CO₂ entre 1850 e 2021. 2021. E-CYCLE. CO₂: o que é, emissão e impacto ambiental. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/co2/>. Acesso em: 27 out. 2024.

ENERGIA E AMBIENTE. COP-28: Brasil emitiu 2,3 bilhões de toneladas brutas de gases de efeito estufa em 2022. Disponível em: <https://energiaeambiente.org.br/cop-28-brasil-emitiu-23-bilhoes-de-toneladas-brutas-de-gases-de-efeito-estufa-em-2022-20231209#:~:text=O%20painel%20apresentou%20as%20estimativas,de%20efeito%20estufa%20em%202022>. Acesso em: 27 out. 2024.

ESSD - Earth System Science Data. Data on greenhouse gas emissions. 2023. Disponível em: <https://essd.copernicus.org/articles/15/5301/2023/#section3>. Acesso em: 27 out. 2024.

FERNANDES, Juliana. Relatório de sustentabilidade ambiental: análise de projetos para redução de CO₂. 2011. Disponível em: https://www.penseambientalmente.com/projetos/relatorio_juliana_2011.pdf?__im-qlGLqAOn=11664554741600484561. Acesso em: 26 set. 2024.

GONZALEZ, A. et al. Carbon Footprint Calculation and Corporate Strategies. Sustainability, v. 12, n. 4, p. 1580, 2020.

GUITARRA, Paloma. Protocolo de Kyoto. Brasil Escola, 2024. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/protocolo-kyoto.htm>. Acesso em: 25 set. 2024.

HOEGH-GULDBERG, O. et al. Impacts of Climate Change on the Ocean. *Nature Climate Change*, v. 4, p. 164-171, 2014.

HOUGHTON, R. A. The Global Carbon Balance. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, v. 32, n. 1, p. 611-638, 2004.

IPCC. Sexto Relatório de Avaliação (AR6). Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, 2021.

LANDRIGAN, P. J. et al. The Lancet Commission on Pollution and Health. *The Lancet*, v. 391, n. 10119, p. 462-512, 2018.

LEVIN, I. et al. Methane Emissions from the Oil and Gas Industry: A Review. *Environmental Science & Technology*, v. 53, n. 3, p. 1263-1275, 2019.

LOBELL, D. B. et al. *Climate Trends and Global Crop Production*. 2011.

MARCA AMBIENTAL. Saiba quais são as práticas que aumentam a emissão de CO₂ e como evitá-las. Disponível em: <https://marcaambiental.com.br/saiba-quais-sao-as-praticas-que-aumentam-a-emissao-de-co2-e-como-evita-las/#:~:text=A%20emiss%C3%A3o%20de%20gases%20de,toneladas%20de%20CO2%20no%20mundo>. Acesso em: 27 out. 2024.

MACHADO, Marcos. Crédito de carbono: mecanismo de desenvolvimento limpo - uma alternativa para o meio ambiente. 2009. 192 f. Dissertação (Mestrado em Gestão Ambiental) – Centro Universitário Salesiano de São Paulo, São Paulo, 2009.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (MCTI). Relatório de emissões de gases de efeito estufa. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/>. Acesso em: 02 out. 2024.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. Emissões de gases de efeito estufa no Brasil. Disponível em: <https://www.observatoriodoclima.com.br/>. Acesso em: 02 out. 2024.

Protocolo de Quioto. Ministério do Meio Ambiente, 2022. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/protocolo-de-quioto.html>. Acesso em: 25 set. 2024.

SCHUUR, E. A. G. et al. Expert assessment of vulnerability of permafrost carbon to climate change. *Climatic Change*, v. 119, n. 2, p. 359-374, 2015.

SEEG. Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa. Disponível em: <https://seeg.eco.br/>. Acesso em: 02 out. 2024.

SENADO FEDERAL. Protocolo de Kyoto. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/entenda-o-assunto/protocolo-de-kyoto#:~:text=Acordo%20ambiental%20fechado%20durante%20a,de%20efeito%20e%20stufa%20na%20atmosfera>. Acesso em: 27 out. 2024.

SEMIL-SP. Crédito de carbono e mudanças climáticas: o que você tem a ver com isso?. 2024. Disponível em: <https://semil.sp.gov.br/educacaoambiental/2024/07/credito-de-carbono-e-mudancas-climaticas-o-que-voce-tem-a-ver-com-isso/>. Acesso em: 27 out. 2024.

SOUZA, Rafaela. Créditos de carbono. Mundo Educação. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/creditos-de-carbono.htm>. Acesso em: 25 set. 2024.

SOUZA, Rafaela. O que é crédito de carbono?: Vantagens e Desvantagens. SEBRAE, 2021. Disponível em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/o-que-e-credito-de-carbono,0371bc6d15757810VgnVCM1000001b00320aRCRD>. Acesso em: 25 set. 2024.

SOUZA, Silvia Lorena. Título do trabalho. 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/10760/1/Silvia%20Lorena.pdf>. Acesso em: 25 set. 2024.

Suposições e referências para a calculadora de pegada de carbono doméstica: As fontes atuais de emissões da sua casa. EPA, 2023. Disponível em: <https://www.epa.gov/ghgemissions/assumptions-and-references-household-carbon-footprint-calculator>. Acesso em: 26 set. 2024.

UNFCCC. Protocolo de Quioto. Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, 1997.

UNITED NATIONS. Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. A/RES/70/1, 2015.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Air Pollution. 2018. Disponível em: <https://www.who.int/>. Acesso em: 27 out. 2024.

WRI. 10 conclusões do relatório do IPCC sobre mudanças climáticas de 2023. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/noticias/10-conclusoes-do-relatorio-do-ipcc-sobre-mudancas-climaticas-de-2023#:~:text=O%20IPCC%20conclui%2C%20entre%20os,cedo%20%E2%80%93%20entre%202018%20e%202037>. Acesso em: 25 set. 2024.

WWF Brasil. Efeito estufa e mudanças climáticas. Disponível em: https://www.wwf.org.br/nossosconteudos/educacaoambiental/conceitos/efeitoestufa_e_mudancasclimaticas/. Acesso em: 26 set. 2024.

Integrante: Amanda Duarte Morais

62

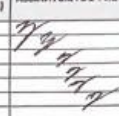
Integrante: Beatriz Pereira Campos

UNIP

UNIVERSIDADE PAULISTA

FICHA DAS ATIVIDADES PRÁTICAS SUPERVISIONADAS - APS

NOME: Yasmin Yasmine Campos TURMA: CC029 RA: 002312
 CURSO: Graduação em Computação CAMPUS: MOATINGA SEMESTRE: 2º TURNO: NOTURNO
 CÓDIGO DA ATIVIDADE: _____ ANO GRADE: 2024

DATA DA ATIVIDADE	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	TOTAL DE HORAS	ASSINATURA DO ALUNO	HORAS ATRIBUÍDAS (1)	ASSINATURA DO PROFESSOR
28/10	Monitoramento de rede	20	Yasmin Yasmine Campos		
29/10	Monitoramento de rede	20	Yasmin Yasmine Campos		
30/10	Monitoramento de rede	20	Yasmin Yasmine Campos		
02/11	Monitoramento de rede	5	Yasmin Yasmine Campos		
02/11	Monitoramento de rede	15	Yasmin Yasmine Campos		
02/11	Monitoramento de rede	5	Yasmin Yasmine Campos		

(1) Horas atribuídas de acordo com o regulamento das Atividades Práticas Supervisionadas do curso.

TOTAL DE HORAS ATRIBUÍDAS: 75 horas


AValiação: _____
 Aprovado ou Reprovado

NOTA: _____

DATA: ____/____/____

CARIMBO E ASSINATURA DO COORDENADOR DO CURSO

[illegible]




UNIP
UNIVERSIDADE PAULISTA

FICHA DAS ATIVIDADES PRÁTICAS SUPERVISIONADAS - APS

NOME: Gabriel Damasceno Nunes TURMA: CC2P13 RA: R093758

CURSO: Ciência da Computação CAMPUS: Mogi Mirim SEMESTRE: 2ª TURNO: Nocturno

CÓDIGO DA ATIVIDADE: _____ SEMESTRE: _____ ANO GRADE: _____

DATA DA ATIVIDADE	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	TOTAL DE HORAS	ASSINATURA DO ALUNO	HORAS ATRIBUÍDAS (1)	ASSINATURA DO PROFESSOR
10/10	Pesquisas	20	Gabriel D. Nunes		
20/10	Código Python	20	Gabriel D. Nunes		
28/10	Introdução ABNT	10	Gabriel D. Nunes		
01/11	Síntese	5	Gabriel D. Nunes		
04/11	Git Hub	5	Gabriel D. Nunes		
04/11	Início de pesquisa	15	Gabriel D. Nunes		

(1) Horas atribuídas de acordo com o regulamento das Atividades Práticas Supervisionadas do curso.

TOTAL DE HORAS ATRIBUÍDAS: 75 horas

AVALIAÇÃO: _____

Aprovado ou Reprovado

NOTA: _____

DATA: ____/____/____

CARIMBO E ASSINATURA DO COORDENADOR DO CURSO

[illegible]