



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**  
**CAMPUS UFRJ DUQUE DE CAXIAS**  
**PROFESSOR GERALDO CIDADE**



Sérgio Ricardo Ferreira Harduim

**UMA ESTRATÉGIA DE ENFRENTAMENTO DA CRISE CLIMÁTICA  
PARA APLICAÇÃO EM ESCOLAS DA EDUCAÇÃO BÁSICA, POR MEIO DE  
UM PROJETO DE COMPENSAÇÃO DE CARBONO NO *CAMPUS*  
DUQUE DE CAXIAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**

Orientadora:

Dra. Mônica Mesquita Lacerda

Coorientador:

Dr. Harrysson Luiz da Silva

Rio de Janeiro

2023

**UMA ESTRATÉGIA DE ENFRENTAMENTO DA CRISE CLIMÁTICA  
PARA APLICAÇÃO EM ESCOLAS DA EDUCAÇÃO BÁSICA, POR MEIO DE  
UM PROJETO DE COMPENSAÇÃO DE CARBONO NO *CAMPUS*  
DUQUE DE CAXIAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**

Sérgio Ricardo Ferreira Harduim

Dissertação submetida ao Mestrado Profissional em Ensino de Ciências – ProfiCiências, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Formação em Ciências para Professores.

Orientadora:

Dra. Mônica Mesquita Lacerda

Co-orientador:

Dr. Harrysson Luiz da Silva

Rio de Janeiro

2023



**UFRJ**

Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Campus Duque de Caxias  
Mestrado Profissional em Formação em Ciências para Professores

**“Uma estratégia de enfrentamento da crise climática para aplicação em escolas da educação básica, por meio de um projeto de compensação de carbono no campus Duque de Caxias da Universidade Federal do Rio de Janeiro”**

**SÉRGIO RICARDO FERREIRA HARDUIM**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO VISANDO A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM FORMAÇÃO EM CIÊNCIAS PARA PROFESSORES.

Duque de Caxias, 21 de dezembro de 2023.

APROVADO POR:

*Mônica de Mesquita Lacerda*

---

DR<sup>a</sup> MONICA DE MESQUITA LACERDA - UFRJ/DUQUE DE CAXIAS  
ORIENTADOR E EXAMINADOR



Documento assinado digitalmente  
**HARRYSSON LUIZ DA SILVA**  
Data: 24/01/2024 18:59:26-0300  
CPF: \*\*\*.583.529-\*\*  
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

---

DR. HARRYSSON LUIZ DA SILVA - UFSC - CO-ORIENTADOR



Documento assinado digitalmente  
**ROBSON RONEY BERNARDO**  
Data: 25/01/2024 10:04:27-0300  
Verifique em <https://validar.jf.gov.br>

---

DR<sup>a</sup>. ROBSON RONEY BERNARDO - UFRJ/DUQUE DE CAXIAS  
EXAMINADORA

*Ulisses Magalhães Nascimento*

---

DR. ULISSES MAGALHÃES NASCIMENTO – UFMA  
EXAMINADOR

## CIP - Catalogação na Publicação

H266e      Harduim, Sérgio Ricardo Ferreira  
              UMA ESTRATÉGIA DE ENFRENTAMENTO DA CRISE  
              CLIMÁTICA PARA APLICAÇÃO EM ESCOLAS DA EDUCAÇÃO  
              BÁSICA, POR MEIO DE UM PROJETO DE COMPENSAÇÃO DE  
              CARBONO NO CAMPUS DUQUE DE CAXIAS DA UNIVERSIDADE  
              FEDERAL DO RIO DE JANEIRO / Sérgio Ricardo Ferreira  
              Harduim. -- Rio de Janeiro, 2023.  
              73 f.

              Orientador: Mônica Mesquita Lacerda.  
              Coorientador: Harrysson Luiz da Silva.  
              Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do  
              Rio de Janeiro, Campus Duque de Caxias Professor  
              Geraldo Cidade, Programa de Pós-Graduação em Formação  
              em Ciências para Professores, 2023.

              1. Educação Ambiental. 2. Educação Climática. 3.  
              Escola Carbono Neutro. 4. Escola Carbono Zero. 5.  
              Mudanças Climáticas. I. Lacerda, Mônica Mesquita,  
              orient. II. Silva, Harrysson Luiz da, coorient.  
              III. Título.

Elaborado pelo Sistema de Geração Automática da UFRJ com os dados fornecidos pelo(a) autor(a), sob a responsabilidade de Miguel Romeu Amorim Neto - CRB-7/6283.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esse trabalho aos meus saudosos e perseverantes pais Adélia Ferreira & Sinézio Eirim, a minha amada esposa e companheira Barbara Harduim e aos meus radiantes e incríveis filhos Luisa Harduim & Davi Harduim.

## AGRADECIMENTOS

Aos meus tios Samuel, Celso & Sérgio. Às minhas tias Mariza e Néia. A todos os queridos primos & primas. Aos parceiros históricos Fernando Guida, Alejandro Ratti, Amyra El Kalili, Heraldo Bezerra, Celso Sanchez, Geraldo Majela, Dulce Maria Pereira, Roberto Rocha e Maria Fernanda Quintela. Aos colaboradores desse trabalho Alexandre Pedrini, Harrysson Luiz, Antônio Guerra, Aline de Oliveira, Ulisses Nascimento, Robson Roney, Danielle Cavalcanti e Bianca Ortiz. A minha dedicada e pacienciosa orientadora Mônica Lacerda. Às diretoras que acolheram o projeto climático em suas escolas Neide Maria (Colégio Estadual David Capistrano) e Karen Rafaela (Colégio Estadual Manoel de Abreu). Aos construtores técnicos do *site* (produto pedagógico) Wellington & Fabrício. Aos colegas desse curso de mestrado. Ao Evandro e Juliany, administrador e diretora, respectivamente, do *Campus* DC-UFRJ. À Julia Bochner diretora da DIBAPE – Diretoria de Biodiversidade, Áreas Protegidas e Ecossistemas, como também a Eduardo, Manuel, Flávio & Taciane, todos membros INEA – Instituto Estadual do Ambiente.

## EPÍGRAFE

*“ Nossa geração tem a chance de começar a mudar essa história, porque nenhuma antes de nós teve tantos recursos e conhecimentos disponíveis. ”*

*\_Vilmar Berna*

## RESUMO

Os eventos climáticos extremos têm ocorrido com maior frequência, e em menor intervalo de tempo, evidenciando que estamos testemunhando mudanças, talvez, irreversíveis no clima mundial. São inundações, estiagens, calor intenso e até mesmo furacões que se acentuam provocando mortes, prejuízos materiais, perda da biodiversidade e doenças. Com o objetivo de colaborar no enfrentamento dessa crise, esta dissertação apresenta um projeto de certificação “carbono neutro” para o *Campus Duque de Caxias* da Universidade Federal do Rio de Janeiro (DC-UFRJ). A proposta consiste em elencar os gases do efeito estufa emitidos pelo corpo social da instituição, calcular o total das emissões para a atmosfera e planejar estratégias de compensação e mitigação. Os resultados mostram que o total das emissões durante o ano-base 2022 foi de 16,24 tonCO<sub>2</sub>e e que, considerando a decisão de compensar os 5 anos de existência do *campus*, desde a sua instalação em Duque de Caxias em 2018, é necessário plantar 406 árvores na própria área. Outras duas estratégias de compensação foram assumidas: a aquisição de créditos de carbono certificados pela Organização das Nações Unidas – ONU e a instalação de um sistema solar fotovoltaico na área do estacionamento. Como etapa mitigatória, foram realizadas reuniões e palestras acerca de ações necessárias à doravante redução gradual das emissões de carbono no *campus*. E, principalmente, foi criado o site “Escola Carbono Neutro”, como produto pedagógico, e que tem como objetivo contribuir para a educação, mesmo que informal, e para a conscientização sobre a crise climática. O *campus* DC-UFRJ ‘carbono neutro’ pode ser um modelo para a replicação do projeto em outras instituições educacionais, que encontrarão suporte, material de referência, uma calculadora da pegada ecológica, vídeos e textos explicativos no “[site www.escolacarbononeutro.prima.org.br](http://www.escolacarbononeutro.prima.org.br)” que está disponível com acesso total para auxiliar na implantação de novos projetos.

**Palavras-chave:** educação ambiental; educação climática; escola carbono zero; escola carbono neutro; mudanças climáticas

## ABSTRACT

Extreme weather events have occurred more frequently, and in a shorter period of time, showing that we are witnessing, perhaps, irreversible changes in the world climate. There are floods, droughts, intense heat and even hurricanes that increase, causing deaths, material damage, loss of biodiversity and diseases. With the aim of collaborating in facing this crisis, this dissertation presents a “carbon neutral” certification project for the Duque de Caxias Campus of the Federal University of Rio de Janeiro (DC-UFRJ). The proposal consists of listing the greenhouse gases emitted by the institution's governing body, calculating the total emissions into the atmosphere and planning compensation and mitigation strategies. The results show that total emissions during the base year 2022 were 16.24 tonCO<sub>2</sub>e and that, considering the decision to compensate for the 5 years of existence of the campus, since its installation in Duque de Caxias in 2018, it is necessary to plant 406 trees in the area itself. Two other compensation strategies were adopted: the acquisition of carbon credits certified by the United Nations – UN and the installation of a solar photovoltaic system in the parking area. As a mitigating step, meetings and lectures were held about actions necessary for the gradual reduction of carbon emissions on campus. And, mainly, the website “Escola Carbono Neutro” was created as an educational product, which aims to contribute to education, even if informal, and to raise awareness about the climate crisis. The 'carbon neutral' DC-UFRJ campus can be a model for replicating the project in other educational institutions, which will find support, reference material, an ecological footprint calculator, videos and explanatory texts on the website [www.escolacarbononeutro.prima.org.br](http://www.escolacarbononeutro.prima.org.br) which is available with full access to assist in the implementation of new projects.

**Keywords:** environmental education; climate education; zero carbon school; carbon neutral school; climate changes

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. O quinto ano mais quente da história: 2022.....	20
Figura 2. Fluxograma Carbono Neutro em instituições educacionais.....	29
Figura 3. Calculadora Ecológica disponibilizada no <i>site</i> .....	33
Figura 4. Página de abertura do <i>site</i> Escola Carbono Neutro.....	35
Figura 5. Localização da área do <i>Campus</i> Duque de Caxias – UFRJ. Fonte: Divisão de Paisagismo da Coordenação de Operações Urbano-Ambientais, Divisão de Transportes Públicos e Subprefeitura da Praia Vermelha (PU – Prefeitura Universitária da UFRJ).....	41
Figura 6. Projeto de Paisagismo “REQUALIFICAÇÃO URBANO-AMBIENTAL CAMPUS GERALDO CIDADE” ( <i>Campus</i> Duque de Caxias – UFRJ). Fonte: Divisão de Paisagismo da Coordenação de Operações Urbano-Ambientais, Divisão de Transportes Públicos e Subprefeitura da Praia Vermelha (PU – Prefeitura Universitária da UFRJ).....	42
Figura 7. Palestra sobre ‘consciência climática’ proferida pelo Prof. Ricardo Harduim no <i>Campus</i> DC-UFRJ em 13/7/23.....	43
Figura 8. Página inicial do <i>site</i> Escola Carbono Neutro.....	47
Figura 9. seção “apresentação” do <i>site</i> Escola Carbono Neutro.....	48
Figura 10. seção “para que” do <i>site</i> Escola Carbono Neutro.....	48
Figura 11. seção “porque” do <i>site</i> Escola Carbono Neutro.....	49
Figura 12. seção “onde” do <i>site</i> Escola Carbono Neutro.....	49

Figura 13. seção “quando” do <i>site</i> Escola Carbono Neutro.....	50
Figura 14. seção “como” do <i>site</i> Escola Carbono Neutro com o vídeo explicativo .....	50
Figura 15. seção “como” do <i>site</i> Escola Carbono Neutro com o fluxograma...	51
Figura 16. seção “como” do <i>site</i> Escola Carbono Neutro com a planilha de gases do efeito estufa.....	51
Figura 17. seção “como” do <i>site</i> Escola Carbono Neutro com um vídeo explicativo sobre o cálculo das emissões.....	52
Figura 18. seção “como” do <i>site</i> Escola Carbono Neutro com acesso à calculadora ecológica e sugestões de atividades compensatórias de carbono.	53
Figura 19. seção “como” do <i>site</i> Escola Carbono Neutro contendo um quadro associando ações compensatórias e mitigatórias com o sequestro e/ou a redução dos principais gases do efeito estufa.....	53
Figura 20. seção “saber mais” do <i>site</i> Escola Carbono Neutro contendo referências e vídeos com atividades de Educação Climática em escolas. ....	54
Figura 21. seção “glossário” do <i>site</i> Escola Carbono Neutro com um elenco de conceitos sobre o clima e outros temas associados.....	54

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Levantamento dos dados de emissão de GEE.....	31
Quadro 2. Levantamento dos dados de emissão de GEE do <i>Campus</i> DC-UFRJ .....	38
Quadro 3. Ações compensatórias e mitigatórias dos principais GEE.....	45

## LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas e Técnicas

DC-UFRJ – *Campus* Duque de Caxias da Universidade Federal do Rio de Janeiro

ERR – Redução e Remoção de Emissões

GEE – Gases do Efeito Estufa

GHG – Greenhouse Gas (Gases do Efeito Estufa)

GFN – Global Footprint Network (Rede Global de Pegada Ecológica)

GLP – Gás Liquefeito de Petróleo

GN – Gás Natural

IPCC – Painel Intergovernamental sobre as Mudanças Climáticas

NASA - Administração Nacional Aeronáutica e Espacial

NMC – Núcleo Mobilizador do Clima

ODS – Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

ONU – Organização das Nações Unidas

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	16
1.1 - A crise climática e os seus impactos .....	16
1.2 - Motivação da Pesquisa .....	17
2 – OBJETIVOS .....	19
2.1 – Geral .....	19
2.2 – Específicos .....	20
3 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	20
3.1 - A questão das emissões de carbono .....	20
3.2 - O conceito “carbono neutro” .....	23
3.3 – Projetos climáticos em instituições educacionais .....	24
3.4- Ações de mitigação e compensação em instituições educacionais. 26	
3.4.1 - Ações de compensação de carbono na instituição educacional.. 27	
3.4.2 - Ações de mitigação de carbono na instituição educacional .....	28
4 – METODOLOGIA .....	28
4.1- Aplicação do projeto “carbono neutro” no <i>Campus</i> DC-UFRJ.....	29
4.1.1- Planilha de GEE de uma instituição educacional.....	30
4.1.2- Calculadora ecológica de GEE .....	32
4.1.3- Compensação de carbono no <i>Campus</i> DC-UFRJ.....	34
4.1.4- Avaliação do projeto “Carbono Neutro” .....	34
4.1.5- Solenidade do projeto “Carbono Neutro” .....	34
4.2- Desenvolvimento do produto pedagógico <i>site</i> Escolas Carbono Neutro .....	35

5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	37
5.1- O <i>Campus</i> DC-UFRJ “Carbono Neutro” .....	37
5.1.1- Planilha de Gases do Efeito Estufa – GEE .....	38
5.1.2- Ações de compensação de carbono no <i>Campus</i> DC-UFRJ .....	40
5.1.3- Ações de mitigação de carbono no <i>Campus</i> DC-UFRJ .....	43
5.2- Produto pedagógico Site <a href="http://escolacarbononeutro.prima.org.br..">http://escolacarbononeutro.prima.org.br..</a>	46
6- CONCLUSÃO .....	55
7- CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	58
8- REFERÊNCIAS .....	58

## **1- INTRODUÇÃO**

### **1.1 - A crise climática e os seus impactos**

Na atual época geológica, as ações antrópicas têm provocado alarmantes impactos no metabolismo ecossistêmico, ou seja, profundas transformações pelas sociedades humanas no clima global, especialmente a partir da Revolução Industrial (Miranda, 2012). Com a maior emissão de gases de efeito estufa, sobretudo pelas indústrias, o aquecimento global é intensificado ocasionando alterações de ecossistemas.

O Antropoceno, conceito que foi criado pelos pesquisadores Crutzen e Stoermer (2000) para significar o impacto da ação humana no atual contexto climático global, aponta para um cenário crítico acerca dos problemas socioambientais (Svampa, 2018). Um dos exemplos mais evidentes é o aumento do aquecimento global, visto que a temperatura média do planeta já se elevou em 1,1º Celsius em comparação aos níveis pré-industriais (IPCC, 2022).

A relação atual humano-natureza se converteu em um panorama antropocêntrico e mecanicista, que consiste na intensa velocidade do crescimento urbano com um consumo exacerbado dos recursos naturais (Baptista, 2010). A natureza como recurso é qualificada como bem de apropriação e exploração desmedidas, cuja finitude e ciclos não são respeitados.

Com o modo de produção industrial capitalista e o crescimento das cidades, flagra-se uma exploração acelerada da natureza (Souza, 2007), o que torna ainda mais alarmantes algumas emergências humanitárias, tais como a alimentar, a energética e a crise climática (Lima, 2017). Esta última demanda inúmeros estudos e pesquisas tornando-se assunto frequente e denotando o interesse da sociedade e seus vários setores, tais como a mídia e o campo acadêmico (Damin; Hendges, 2010).

Como consequência das alterações no ecossistema global, as informações divulgadas sobre os mais frequentes fenômenos climáticos extremos aquecem as discussões sobre a relação do homem com a natureza tornando-as cada vez mais necessárias (Mendonça, 2000). Nesse sentido, diversas medidas de enfrentamento à crise climática são desenvolvidas para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa e adaptação às futuras

conjunturas climáticas, através de novas necessidades tecnológicas da humanidade.

Uma das tecnologias discutidas nas últimas décadas é a “neutralização de carbono” como uma medida de mitigação cada vez mais necessária para o enfrentamento à crise climática. Ações de mitigação são um exemplo de intervenção possível de ser realizada por diversas instituições, como por exemplo, as educacionais (Gomes, Silva, 2023; D’Espiney, 2017). As instituições educacionais são espaços privilegiados para tanto a conscientização ecossocial, como também instrumento importante de (re)produção de novos saberes e tecnologias.

Essa dissertação, portanto, problematiza o momento climático do planeta e o papel da instituição educacional como uma célula do tecido social que pode assumir o compromisso de implantar ações de resiliência e responsabilidade ambiental, colaborando na solução desta que é uma das maiores urgências que afligem as sociedades humanas: a crise no clima no planeta (Artaxo, 2020). Nesse sentido, o produto pedagógico desenvolvido consiste em uma plataforma *online* (um *site*) de acesso livre às instituições educacionais para construção de projetos de compensação de carbono, na expectativa que sirva como uma relevante estratégia de enfrentamento à crise climática.

## **1.2 - Motivação pessoal da Pesquisa**

Como espaço de diálogo, as instituições educacionais são marcadas por trajetórias singulares que recriam os sentidos para educação conforme os contextos vivenciados. Paulo Freire (1979) ressalta a importância de profissionais comprometidos com a transformação social, cuja análise crítica perpassa tanto a prática diária quanto a solidariedade com os outros e o mundo, assim compreendendo o ser humano como aquele que se refaz em um projeto sempre inacabado. Para o autor, a mudança na educação apenas acontece por meio de um trabalho de ação-reflexão sobre as nossas relações e práticas. Nesse sentido, em um primeiro momento, ao escrever sobre a minha trajetória profissional, componho um trabalho reflexivo sobre minhas ações e os caminhos percorridos para a realização de projetos de neutralização de carbono,

considerando a importância de espaços educacionais para concretização de medidas de enfrentamento à crise climática.

O meu interesse pela conservação da natureza e pela área do meio ambiente foi despertado antes mesmo de cursar licenciatura em Biologia na Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ. Em 1990, após colar grau, cursei um *lato-sensu* em Tecnologia Educacional e outros dois cursos de especialização: Ciências do Ambiente e Administração Escolar. O objetivo foi construir conhecimento para mesclar saberes e, assim, enriquecer o trabalho pedagógico que criara e já aplicava intitulado “Métodos e Técnicas em Educação Ambiental”. A área de Educação Ambiental já era presente na minha trajetória de vida, no magistério e em participações em conselhos e grupos de debate, formadores de opinião e de construção de políticas públicas na área. Desde então, já criava e coordenava cursos de extensão para professores e educadores de creches comunitárias, sendo a maior parte deles oferecida sob a forma de imersão de três dias em cidades como Nova Friburgo e Penedo, RJ.

Destaco o período em que ocupei na Secretaria Extraordinária de Educação do governo estadual do Rio de Janeiro - o cargo de Diretor Comunitário do CIEP – Centro Integrado de Educação Pública Carlos Marighella, localizado na Ilha de Itaoca, em São Gonçalo. Nesta função, tive a oportunidade de vivenciar uma realidade de um público escolar distinto: muitas crianças eram filhas de catadores do antigo “lixão de Itaoca” ou de catadores de caranguejo ou pescadores, sendo uma área nobre sob o ponto de vista do cenário natural e da riqueza ambiental na área da botânica, dos manguezais, da biodiversidade e da Baía de Guanabara.

Entusiasmado com o compromisso em atuar na direção de uma unidade escolar de um inédito programa educacional de ensino integral implantado pelo sociólogo e antropólogo Darcy Ribeiro, idealizei uma metodologia sintonizada com as demandas socioambientais locais, cunhando a expressão “CIEP Ecológico”.

Com esse histórico de envolvimento na formação de crianças e jovens da Educação Básica e engajamento com a ecologia, a ciência socioambiental e a educação para a sustentabilidade, o passo seguinte foi buscar uma formação em Auditoria para Sistemas de Gestão da Qualidade segundo a norma ABNT NBR ISO 9001 e 14001. Com essa base, se sustentam ações práticas de

compensação de carbono atestadas e validadas por indicadores reconhecidos no mercado, elaborando inventários de gases do efeito estufa (GEE), formando técnicos, plantando árvores e instalando sistemas fotovoltaicos

No ano de 2007 coordenei a implantação do inédito projeto “Carbono Neutro” na primeira escola no Brasil, o Colégio Estadual David Capistrano, em Niterói, RJ. Dois anos depois repliquei o projeto no Chile, também de forma pioneira naquele país, na região de Salamanca, em Tahuinco, a Escola Infantil Henrique Arigó. Em sequência desenvolvi o projeto num curso de mestrado e assim, surgiram outras iniciativas nesta área sócio-climática-educacional, tais como cursos de formação de professores em escolas municipais e técnicas.

Como resultado de toda experiência e da necessidade de contribuir para reduzir os efeitos nocivos da emissão de carbono, surgiu o interesse em aplicar o projeto “carbono neutro” no *Campus* Duque de Caxias da Universidade Federal do Rio de Janeiro e construir um produto pedagógico, que consiste na criação de uma página-web na internet (um *site*) que visa disponibilizar ferramentas de implementação autônoma de projetos de educação climática para toda instituição educacional que desejar lograr o título ‘carbono neutro’.

Embora um *campus* universitário e uma escola da Educação Básica tenham propostas pedagógicas e cultura organizacional diferentes, as fontes de emissão de carbono são totalmente semelhantes. O funcionamento de ambas instituições, mesmo que distintas, tem como base técnico-científico-climática itens equivalentes, que serão descritos na metodologia do trabalho.

## **2 - OBJETIVOS**

### **2.1 – Geral**

Este projeto tem como objetivo aplicar uma estratégia de enfrentamento à crise climática através da implementação de um plano de compensação e mitigação das emissões de GEE no *Campus* DC-UFRJ e, como produto pedagógico construir um *site* (*página-web*) com informações completas, um tutorial, que possa ser utilizado por outras instituições educacionais de todo o país para o desenvolvimento de planos de compensação.

## 2.2 – Específicos

- Realizar um levantamento das emissões de GEE do *Campus DC-UFRJ*;
- Aplicar ações de compensação e mitigação das emissões de GEE do *Campus DC-UFRJ*;
- Elaborar uma planilha de GEE própria para instituições educacionais;
- Criar o produto pedagógico “*Site Escolas Carbono Neutro*”.

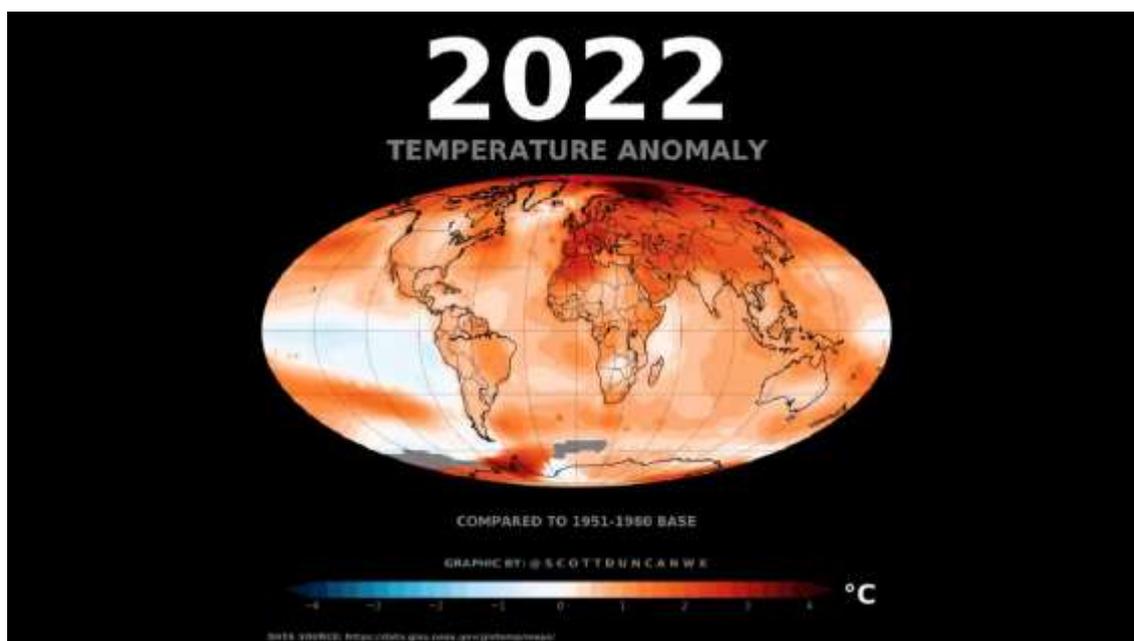
## 3 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 3.1 - A questão das emissões de carbono

A partir do sexto relatório publicado no primeiro semestre do ano de 2022 pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2022) que compilou os resultados de milhares de pesquisas científicas internacionais desenvolvidas por universidades, centros de investigação, meteorologistas-historiadores, climatologistas e inúmeros outros grupos de estudos técnicos na área do clima, a construção de uma sociedade de baixo carbono é a ação climática necessária para mitigação e adaptação à crise climática.

O primeiro relatório do IPCC foi divulgado no ano de 1990 (Houghton et al., 1990) e essa referência serve para comparações quanto à evolução dos fenômenos climáticos no Brasil e no mundo com as suas respectivas consequências socioambientais nas comunidades. A NASA revela que o ano de 2022 foi o quinto mais quente da história, exemplificado na figura 1 (NASA, 2023), comprovando que as ações antrópicas estão potencializando o advento de inúmeros efeitos climáticos que acarretam perdas humanas e materiais associadas ao sofrimento de muitas famílias (Oliveira; Borges; Bataghin, 2020).

Figura 1: o quinto ano mais quente da história: 2022. Fonte: NASA, 2023



Com base nos recentes levantamentos científicos (IPCC, 2022) sobre descarbonização dos espaços urbanos e de infraestruturas, a partir da incidência nos setores energéticos, de resíduos, de transportes e na valorização de áreas verdes, justifica-se a necessidade de enlaçar esses temas climáticos às comunidades educacionais buscando oferecer uma possibilidade de assumirem uma atitude de enfrentamento da crise no clima.

As ações pontuais e concretas de compensação das emissões de GEE, de instituições educacionais, podem apontar um caminho de reequilíbrio socioambiental com a necessária recuperação do meio ambiente e o urgente exercício cognitivo da percepção da harmonia ecossistêmica do planeta (Pereira, 2019).

A crise climática afeta todo o globo e impõe uma imprescindibilidade em democratizar o complexo debate sobre a agenda global rumo à justiça social (Barzotto, 2003), pois as emissões de carbono alcançam o nível mais alto da história. Os fenômenos climáticos representam uma sucessão irreversível, como define Figueiredo et al. (2015), e evolui sempre de maneira unidirecional aumentando a entropia do planeta.

Para fortalecer a resposta global ao colapso climático, expressão cunhada por Saldanha (2020), quase duzentos países de todos os continentes se mobilizam para impedir que a variação na temperatura do planeta alcance a

marca de 1,5°C, considerando como referência o período anterior ao ano de 1850, que caracteriza o avanço desenvolvimentista industrial.

Caso o aumento da temperatura alcance essa marca, a previsão (IPCC, 2021) é que aumente consideravelmente a ocorrência de eventos climáticos causadores de tragédias humanas. Essas nações vêm implementando metodologias para barrar as emissões de gases do efeito estufa (GEE), ratificando o Acordo de Paris (2015). Este tratado internacional sobre “mudanças climáticas”, firmado por 195 Chefes de Estado, visa equalizar as emissões de gás carbônico resultantes das atividades antrópicas com a remoção do carbono na segunda metade do presente século. No Brasil, o compromisso assumido é de reduzir as emissões de GEE em 43% até 2030, abaixo dos níveis do ano de 2005.

É nesse sentido que uma instituição educacional pode ser convidada a adotar um plano pedagógico que consiste em compensar e mitigar os GEE emitidos para a atmosfera pelo seu funcionamento. As instituições educacionais são importantes espaços de conscientização da realidade e de transformação social, assim podendo contribuir não só para a compensação de suas emissões, como também ao debate público sobre a concretização de uma sociedade de baixo carbono.

Com o intuito de facilitar a elaboração da estratégia de mitigação da crise climática pelas instituições educacionais, o produto pedagógico “*site* Escolas Carbono Neutro” consiste em uma ferramenta para os profissionais, comprometidos com os desafios do atual cenário planetário, realizarem ações climáticas. Contém uma planilha de emissões de GEE que pode ser preenchida segundo o levantamento de dados de cada instituição, para o próprio *site* indicar as medidas de compensação e indicações de mitigação das emissões de GEE. O desenvolvimento do produto pedagógico encontra-se detalhado no item 4.3 da Metodologia.

### **3.2 - O conceito “carbono neutro”**

O conceito ‘Carbono Neutro’ surgiu na cidade de Quioto durante a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, encontro internacional realizado em 1997 no Japão. Foi um importante evento que teve

como objetivo instituir metas tangíveis de redução das emissões de gases causadores do efeito estufa a partir de 16 de fevereiro de 2005.

O compromisso assumido por mais de oitenta países, inclusive o Brasil, foi reduzir em 5% essas emissões no período de quatro anos (entre 2008 e 2012) usando como referência os níveis da década de 1990. Não houve atingimento da meta, mas representou um tratado complementar à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, definindo uma redução de emissões para os países desenvolvidos, considerados os responsáveis históricos pela mudança do clima.

Paralelamente, durante esse importante encontro em Quioto, surgiu o mercado voluntário de carbono (compensação de carbono ou carbono neutro) que visa oferecer às empresas ou instituições a oportunidade de neutralizar as suas emissões de gases de efeito estufa independentemente do mercado regulado de carbono.

Assim, quaisquer organizações podem contribuir na construção de uma sociedade de baixo carbono reduzindo voluntariamente as suas emissões, ou seja, podem desenvolver um projeto 'carbono neutro' fora dos parâmetros jurídicos vinculantes ao Protocolo de Quioto.

Quando uma instituição (ou empresa ou mesmo uma pessoa) obtém o título 'carbono neutro', significa que realizou o cálculo acerca da quantidade de gases do efeito estufa emitida para a atmosfera em virtude do seu funcionamento ou execução das suas atividades e adotou um plano de reabsorção desse carbono (IPCC, 2021).

Importante registrar que mitigação e compensação das emissões de carbono são estratégias fundamentais para uma instituição 'carbono neutro', embora tenham encaminhamentos distintos. Os itens, a seguir, apresentam as diferenças e detalhamentos.

### **3.3 – Projetos climáticos em instituições educacionais**

Em décadas passadas não havia uma percepção clara da sociedade acerca das questões climáticas.

“A população, de modo geral, tem dificuldades de entender as mudanças climáticas”. (Sartorello, 2020).

Nesse sentido, torna-se importante a presente proposta de compensação e mitigação de GEE em instituições educacionais formando pessoas que entendam essa necessidade.

Destaco aqui algumas referências: a primeira foi um trabalho desenvolvido na Escola Municipal de Ensino Fundamental Professor José Ferrugem, localizada em Santa Cruz do Sul, RS, a partir do curso de pós-graduação da Universidade Federal de Santa Maria (Pacheco, 2011). Esse trabalho consistiu no cálculo das emissões de carbono por meio de pesquisas aplicadas aos estudantes com a adoção de estratégias de Educação Ambiental.

Um segundo trabalho consistiu no estudo das ações desenvolvidas pelo Programa Carbono Zero da Universidade Federal de Viçosa (Morais Junior et al, 2019). Os 10 anos de execução do programa resultaram em dezenas de estudos científicos publicados e em milhares de árvores plantadas em áreas degradadas, após a realização de inventário(s) de gases do efeito estufa.

A seguir, apresento outras ações climáticas relevantes desenvolvidas em instituições educacionais, porém, internacionais. A primeira refere-se ao Gimnásio Fontana, um colégio situado em Bogotá que recebeu a certificação ‘carbono neutro’ se tornando a primeira escola na Colômbia a conquistar esse título (Gimnasio Fontana, 2018). Conseguiu receber esse selo no ano de 2018 por incorporar projetos ecológicos ao currículo e por desenvolver um plano de gestão sustentável para o funcionamento da escola com a participação de estudantes, professores e pais. Para atingir a meta, as emissões de carbono foram compensadas com a realização de um plano de gestão de mitigação e redução de 5 anos da pegada climática da escola. Efetuou o plantio de mais de 6.000 árvores em reservas ecológicas e formou vigilantes ambientais na comunidade como estratégia de Educação Ambiental. Ademais, a escola compra títulos no Mercado Voluntário de Carbono, investe em projetos sociais oferecendo às populações rurais fogões à lenha eficientes, permitindo compensar ainda mais os GEE gerados pelo funcionamento da escola.

A segunda é o ‘Programa Carbono Neutro’ desenvolvido pela Divisão Acadêmica de Ciências Biológicas da Universidad Juarez Autónoma de Tabasco – UJAT (UJAT, 2017). Esta é uma universidade pública localizada em Villahermosa, no México. O objetivo do programa consistiu em assumir o compromisso de neutralização das emissões de carbono após a realização do diagnóstico referente ao ano de 2017. Os professores-investigadores contaram com a participação dos graduandos para relacionar os distintos aspectos das atividades que ocorrem no *campus* com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas. O resultado representou um impacto na região metropolitana de Tabasco. Produziu ações de mitigação, adaptação e aproveitamento de recursos em prol do cuidado com meio ambiente, empreendendo um desenvolvimento mais equitativo, seguro e sustentável para todos (Padrón-López, 2021).

A terceira faz referência ao projeto *ClimACT – Transition to a Low Carbon Economy in Schools* desenvolvido em colaboração entre Espanha, Portugal, França e Gibraltar (ClimACT, 2007). É financiado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER)<sup>1</sup> por meio do programa europeu de cooperação regional *Interreg Sudoeste*<sup>2</sup>. Auxilia as escolas com base em quatro linhas de ação: 1- identificação de soluções sustentáveis e gestão de pessoas; 2- promoção de modelos de negócios e estratégias de gestão; 3- elaboração de ferramentas educativas com base nas tecnologias de informação e comunicação, e; 4- criação de uma rede temática “escolas baixo carbono” aumentando a sensibilização e formação de um quadro de comunicação. O projeto reúne 14.000 estudantes, pais e 1.000 professores em cerca de 40 unidades educacionais. O objetivo é promover a adequação energética nas escolas apoiando a transição para uma economia de baixo carbono.

---

<sup>2</sup> O Fundo Europeu de Desenvolvimento (FEDER) é um dos principais instrumentos financeiros da política de coesão da União Europeia – UE. Tem como objetivo contribuir para a redução dos desequilíbrios entre os níveis de desenvolvimento das regiões europeias e melhorar o nível de vida nas regiões menos favorecidas.

<sup>3</sup> O Programa *Interreg Sudoeste* (abreviatura de Programa de Cooperação Interreg V-B Sudoeste Europeu) apoia o desenvolvimento regional no sudoeste da Europa, financiando projetos de cooperação transnacional para resolver problemas comuns, como por exemplo os riscos ambientais provocados pelas alterações climáticas.

Atua com atividades em sala de aula e junto às comunidades. As redes formadas por estudantes, professores, pais, equipes técnicas e representantes locais definem metas, montam planos e orientam as escolas a melhorarem o desempenho energético (Manteigas, 2018). Outro grupo integrado por estudantes e professores se responsabiliza pela implementação das atividades.

Finalizando a lista de instituições educacionais aqui elencadas, a *Ysgol Bro Dinefwr* é uma escola rural de ensino médio localizada no Reino Unido que, após desenvolver atividades pedagógicas de cultivo de vegetais, decidiu associar-se à campanha *Let's Go Zero* para tornar-se carbono neutro até o ano 2030 (Letsgozero, 2022). Esta campanha é liderada pelas organizações de sustentabilidade *Ashden*, *Global Action Plan*, *WWF*, *Fairtrade Foundation*, *Soil Association*, *Eco Schools*, *Sustrans* e *Carbon Trust*. Tem como objetivo unir escolas do Reino Unido para reduzir emissões de carbono até chegar a zero. A proposta dessa escola consiste em adotar medidas de redução dos impactos provocados pelas emissões de carbono com vistas à proteção do planeta para as futuras gerações. Especificamente busca mitigar energia, água e resíduos, assim como enriquecer a biodiversidade. No programa consta a instalação de pontos de carregamento de veículos elétricos para uso dos professores e da comunidade do entorno, aquisição de alimentos de regiões próximas, manutenção de um pomar para o enriquecimento da merenda, geração de eletricidade por painéis fotovoltaicos e aquisição da eletricidade excedente de um parque eólico local, etc. Há ainda o cumprimento do novo currículo do País de Gales que é baseado na sustentabilidade e conta com o suporte da equipe de coordenação. Os estudantes se reúnem semestralmente para discutir questões climáticas e as possibilidades de medidas individuais e coletivas acerca do tema.

### **3.4 - Ações de Compensação e Mitigação na instituição educacional**

Ações mitigatórias e de compensação climáticas fazem parte de políticas ambientais para preservação e desenvolvimento sustentável. Enquanto ações mitigadoras são aquelas que buscam evitar ou prevenir impactos adversos, ações de compensação ocorrem como consequência de um dano irreversível ou irrecuperável (Fonseca, 2015).

### **3.4.1- Ações de compensação de carbono na instituição educacional**

Este item traz ações descritas na literatura que exemplificam os meios pelos quais a compensação pode ser alcançada, seja em instituições educacionais ou empresariais.

Após a obtenção do resultado do impacto climático provocado por uma instituição educacional, levantamento da emissão de GEE, define-se as possibilidades de aplicação da(s) técnica(s) de compensação.

Uma dessas possibilidades é o plantio de árvores. Estas realizam a fotossíntese: fenômeno que representa a entrada do carbono atmosférico nos ecossistemas terrestres (Dias Filho, 2006). As árvores minimizam a concentração de GEE capturando o gás carbônico na atmosfera (Brianezzi, 2013) e mesmo plantadas em áreas urbanas contribuem significativamente na fixação do carbono atmosférico (Santos et. al, 2013). Nesse mesmo sentido, deve-se considerar o local específico de plantio, proteção desse local, previsão de pluviosidade, estação do ano, espécimes que podem ser recebidos por doação e/ou aqueles que estão com melhores preços no mercado, etc.

Essencial, também, é a identificação dos locais de plantio, pois esses não devem ser próximos à rede elétrica aérea (Velasco, 2003) e sistemas subterrâneos de águas pluviais e redes de esgoto para que, no futuro após o crescimento das árvores, não ocorra qualquer inconveniente ou prejuízo para a instituição.

Vale registrar que algumas instituições não possuem espaço físico próprio para o plantio das árvores. Nesse caso, podem realizar a ação em outra localidade, mesmo que distante. Isso porque a proposta pedagógica em questão está associada ao aquecimento global e, portanto, a compensação do carbono emitido pode se dar em qualquer local do planeta, embora suscite mais coerência plantar as árvores próximo à instituição em que o projeto está sendo aplicado.

Há ainda um outro procedimento que pode ser adotado pela instituição educacional. Se ela dispuser de recursos financeiros, poderá adquirir créditos de carbono pagando em moeda corrente. Os créditos de carbono são emitidos como uma unidade negociável no mercado a partir de ERR (Redução e Remoção de Emissões) por projetos auditados e certificados. Há instituições reconhecidas internacionalmente que são especializadas nesse comércio. Por

exemplo, existem no mercado os créditos de carbono gerados pelo Programa *Verified Carbon Standard – VCS* (VERRA, 2007) que são disponibilizados com o título *Verified Carbon Units - VCU's*.

### **3.4.2- Ações de mitigação de carbono na instituição educacional**

Ações mitigadoras são consequência de um processo de conscientização, compromisso e responsabilidade da comunidade envolvida. O relatório *Carbon Reductions and Offsets*, publicado pelo *Global Carbon Project* (Coulter L., Canadell J., Dhakal S., 2008), assinala que, embora os projetos “carbono neutro” sejam insuficientes para resolver a questão climática, essa atitude representa um modelo pedagógico que colabora na formação de políticas públicas socioambientais nessa área, seja no Brasil ou em qualquer outro país.

Nesse sentido, a atitude de mitigar (reduzir) as emissões de carbono, é tão importante quanto a aplicação das técnicas de compensação. As ações mitigatórias têm conexão direta com a etapa pedagógica sendo fundamental no desenvolvimento do projeto ‘carbono neutro’ da instituição.

A mitigação é, ao mesmo tempo, ‘processo’ e ‘resultado’ da educação climática. Enquanto que na compensação se busca recuperar o carbono emitido para a atmosfera, na mitigação utiliza-se estratégias para não emitir esse carbono (Vieira et al., 2021). Portanto, a compensação está associada às técnicas de remoção do carbono e a mitigação está associada à educação que visa promover uma mudança de postura dos membros da comunidade educativa para que haja uma redução dessas emissões.

O propósito é reduzir o lançamento desse elemento químico para não colaborar com o efeito estufa e assim atenuar os efeitos das alterações climáticas. Quanto mais ações de mitigação de GEE forem desenvolvidas pela instituição educacional, melhor para caracterizar o compromisso dos seus integrantes por – efetivamente – colaborarem na construção de uma sociedade de baixo carbono.

## **4 - METODOLOGIA**

As etapas metodológicas consistiram em pesquisar os temas associados aos impactos socioambientais provocados pelas mudanças climáticas, à aplicação do projeto “carbono neutro” no *Campus* Duque de Caxias da Universidade Federal do Rio de Janeiro e à elaboração do produto pedagógico *site* [www.escolacarbononeutro.prima.org.br](http://www.escolacarbononeutro.prima.org.br) com a construção de planilhas de GEE direcionadas particularmente ao funcionamento de instituições educacionais.

#### 4.1- Aplicação do projeto “carbono neutro” no *Campus* DC-UFRJ

A Universidade Federal do Rio de Janeiro inaugurou no mês de agosto de 2018 um *campus* em Santa Cruz da Serra, na Rodovia Washington Luiz, Km 104,5, município de Duque de Caxias, região metropolitana do Rio de Janeiro.

O projeto foi iniciado no primeiro semestre do ano de 2023 exatamente nesse *campus* em que o programa de pós-graduação em “Formação em Ciências” para professores é realizado. A compensação das emissões de carbono associada a um plano de educação climática mitigatória (Fuertes et al, 2020) representa a chave do presente trabalho para um caminhar em busca da construção de sociedade de baixo carbono.

O desenvolvimento do projeto pode ser verificado a partir do fluxograma apresentado na figura 1. Este representa a implantação da iniciativa no *campus* e tem como objetivo demonstrar o *pari passu* da implantação do projeto.

Figura 2 - Fluxograma Carbono Neutro em instituições educacionais. Elaborado pelo autor em 15/5/2022



No item 1 inicia-se o projeto com a receptividade, compreensão e aceitação dos responsáveis pela instituição. No item 2 é a criação de uma equipe de integrantes da instituição que possa contribuir com informações imprescindíveis para a condução do projeto. Essa equipe de membros partícipes é aqui intitulada 'Núcleo Mobilizador do Clima - NMC'. O NMC poderá ser constituído de forma híbrida com a participação de distintos setores, tais como representantes do corpo diretivo, professores, estudantes, servidores, técnicos, bem como outros membros da comunidade educativa.

O item 3 do fluxograma representa a etapa técnica do projeto no que concerne aos cálculos correspondentes às emissões de GEE. Os itens 4 e 5 configuram, respectivamente, a efetiva compensação e as intervenções para a redução do carbono emitido. O item 6 é a etapa que fundamenta o processo, pois os resultados alcançados devem retratar e traduzir o quanto a comunidade educativa denota êxito no exercício da consciência climática e planetária. O último item é o alcance e relevância dos procedimentos adotados, assegurando o reconhecimento pela conquista coletiva e comunitária do trabalho desenvolvido em prol da sustentabilidade.

#### **4.1.1- Planilha de GEE de uma instituição educacional**

Nesta etapa foi elaborada a planilha contendo todos os itens de emissão de GEE que deverão ser levantados e preenchidos nas colunas correspondentes por conta do funcionamento de uma instituição educacional.

Há uma sequência de itens de emissão correlacionada às unidades de medida com uma coluna vertical para a inserção do resultado parcial e, nas linhas subsequentes, o somatório das tonCO<sub>2</sub>eq (toneladas de gás carbônico equivalente) com o quantitativo de árvores a serem plantadas.

Para trabalhar a planilha de GEE é necessário cumprir os requisitos estabelecidos pelos protocolos e normas do *Greenhouse Gas Protocol* (GHG Protocol, 2018). Inclusive, essa ação é compatível com a certificação ISO14.064 (2006) cuja adesão é voluntária e, portanto, ratifica e corrobora o fato do presente projeto ser oferecido gratuitamente a instituições educacionais. Importante ressaltar que, para fins de quantificação de emissões, a referência é o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2006, 2021, 2022).

O quadro 1 representa uma planilha geral que possui uma divisão em colunas específicas para o nome do item de emissão, da quantidade utilizada (e/ou consumo e/ou geração), do resultado do cálculo em toneladas de gás carbônico e a última coluna à direita com a apuração referente ao quantitativo de mudas de árvores a serem plantadas para que haja a devida compensação ambiental.

O item 1 da planilha refere-se ao consumo de energia elétrica. Nesse caso, basta a instituição disponibilizar a fatura e acessar o campo que mostra o consumo médio anual. O item 2 é necessário pesquisar quantos botijões de gás foram consumidos ou acessar a fatura que revela o consumo total no ano, caso o gás chegue na instituição por tubulações. O item 3 pode ser mensurado diariamente, por exemplo, durante uma semana. Nesse caso, basta multiplicar por 40 semanas para alcançar o resultado anual. O item 4 corresponde ao uso de geradores de energia elétrica e esse tipo de equipamento é raro existir numa instituição educacional. Caso haja um gerador, basta levantar a quantidade de litros de óleo diesel que foram consumidos durante um ano. O item 5 está registrado na fatura da internet contratada pela instituição. O acesso ao item 6 é pela fatura referente ao consumo de água. Por sua vez, o item 7 é, em geral, a mesma quantidade de água consumida e que também tem registro na fatura entregue mensalmente pela concessionária. Porém, é fundamental pesquisar o destino final dos efluentes líquidos para saber se passam por algum tipo de tratamento adequado antes de serem lançados em corpos hídricos. O item 8 refere-se à quantidade de fumantes no espaço educativo. Basta fazer uma pesquisa ou montar equipes de observação para uma contagem. O item 8 está associado a quantas vezes a instituição contratou empresas para proceder reparos em equipamentos de refrigeração. O item 9 pode ser mensurado aplicando uma pesquisa com todos responsáveis pelo funcionamento da instituição, excetuando o corpo discente.

Quadro 1: Levantamento dos dados de emissão de GEE. Elaborada pelo autor.

<b>LEVANTAMENTO DOS DADOS DE EMISSÃO DE GASES DO EFEITO ESTUFA – GEE</b>				
<b>ITENS DE EMISSÃO</b>			<b>Quantidade / Ano</b>	
1	Energia elétrica	Consumo Geral	Kwh	
2	Gás de cozinha	Consumo Geral	Kg	
		Consumo Geral	m <sup>3</sup>	
3	Resíduos orgânicos	Geração pela Cozinha	Kg	
		Geração pelo Refeitório	Kg	
		Geração por Material didático	Kg	
4	Gerador de energia	Consumo de Diesel	Litros	
		Consumo de Gás Natural	m <sup>3</sup>	
5	Internet	Consumo pelo Administrativo	Mbps	
		Consumo pelo Pedagógico	Mbps	
6	Água	Consumo Geral	Litros	
7	Esgoto	Geração de efluentes	Litros	
8	Tabaco	Presença de Fumantes	N <sup>o</sup>	
9	Refrigeração	Fuga de gases por reparos	Kg	
10	Transporte	Percursos	Km	
<b>TOTAL de emissões de GEE (em tCO<sub>2</sub>eq)</b>				

#### 4.1.2- Calculadora ecológica de GEE

A calculadora climática consiste numa ferramenta elaborada originalmente pela *Global Footprint Network (GFN)*. Quando, após a inserção de dados de emissão de carbono associados ao comportamento de uma pessoa ou empresa ou governo ou instituição, apresenta como resultado seu nível de impacto no planeta (Wackernagel; Riss, 1996).

Há inúmeras calculadoras disponibilizadas gratuitamente na internet no Brasil e no exterior. Por exemplo, aqui estão dez delas, elaboradas por Organizações da Sociedade Civil - OSC's, empresas e instituições governamentais que se encontram disponibilizadas e editáveis em seus

respectivos *sites*: IDESAM – Conservação e Desenvolvimento Sustentável, Iniciativa Verde, Banco BTG Pactual, G1, Centro Educacional FSA, MOSS, Biofílica, SOSMA, Neutralize Carbono e BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social.

O diferencial da calculadora de carbono elaborada para instituições educacionais consiste na adoção de uma linguagem apropriada e sintonizada com o universo educacional, direcionando a inserção dos dados para a realidade vivida no cotidiano da instituição.

O resultado da calculadora recebe o nome de “pegada ecológica”, um conceito que quantifica o impacto sobre o planeta (Wackernagel; Riss, 1996). O cálculo é feito introduzindo os dados do quadro 1, que transformados em tCO<sub>2</sub>e são relacionados às ações de compensação, como por exemplo, a plantação de árvores. A métrica estabelecida relaciona que para cada tonelada de gás carbônico emitida anualmente para a atmosfera, aproximadamente cinco árvores devem ser plantadas a fim de remover esse gás (Alves, 2018). A figura 3 mostra a imagem da calculadora disponível no produto pedagógico deste projeto.

Figura 3: Calculadora Ecológica disponibilizada no *site* Escola Carbono Neutro. Elaborada pelo autor.



Assim, a proposta é facilitar e propiciar maior engajamento da comunidade educativa, bem como padronizar os resultados. Qualquer instituição

educacional interessada pode utilizar a calculadora ecológica disponibilizada no produto pedagógico: *site* <http://escolacarbononeutro.prima.org.br>.

#### **4.1.3- Compensação de carbono no *Campus* DC-UFRJ**

Assim como fazem muitas empresas e governos, é também necessário implementar políticas de compensação de carbono (Cornetta, 2017) em escolas e outras instituições educacionais.

No que concerne ao *Campus* DC-UFRJ, as ações compensatórias de carbono foram definidas para que sejam efetivadas por meio do plantio de árvores da Mata Atlântica e pela aquisição de créditos de carbono certificados pela Organização das Nações Unidas – ONU.

Além dessas iniciativas, ainda existe um processo aprovado e em trâmite, para a instalação de um sistema solar fotovoltaico, ou seja, uma estratégia de geração de energia elétrica por meio de fonte limpa.

#### **4.1.4- Avaliação do projeto “Carbono Neutro”**

Essa etapa consiste numa verificação e análise das etapas desenvolvidas no projeto: alcances, obstáculos e realinhamentos. Em síntese, identifica o resultado da implementação das estratégias aplicadas para compensar as emissões da instituição.

O mérito do recebimento do título ‘carbono neutro’ subsiste exatamente na verificação do alcance das iniciativas aplicadas na área de compensação e mitigação das emissões, ou seja, quais ações específicas foram implantadas, quais atividades concretas, quais ativos intangíveis, etc..

#### **4.1.5- Solenidade do projeto “Carbono Neutro”**

Após o cumprimento das etapas técnicas e pedagógicas, será realizada no primeiro semestre de 2024 a solenidade de validação do projeto. Este evento de celebração tem como objetivo registrar essa designação (carbono neutro) reputada ao *Campus* Duque de Caxias, em momento solene, brindando e valorando os partícipes.

A realização desse encontro é importante também para uma retroalimentação e análises. A formalização registrará a iniciativa educacional, científica e ecológica, absolutamente relevante frente ao cenário crítico socioambiental e climático na atualidade. Conjuntamente, revelar-se-á por meio dessa atividade de educomunicação (Berna; Girardi, 2008), a notável atitude assumida pelo corpo docente da instituição possibilitando a motivação e o aumento do sentimento de autoestima do corpo discente e das equipes de apoio.

Significa a fase culminante do projeto. Serve para comunicar a iniciativa divulgando os procedimentos adotados e os resultados, bem como para colaborar na formação da consciência ecológica planetária da comunidade educativa. Um evento comemorativo cumpre um fundamental papel pedagógico formativo (Gallego; Cândido, 2015).

#### **4.2- Desenvolvimento do produto pedagógico *site* Escolas Carbono Neutro**

O produto pedagógico do presente trabalho é uma página gratuita na internet: o *site* Escolas Carbono Neutro acessível pelo endereço <https://escolacarbononeutro.prima.org.br> (Figura 4). É uma ferramenta que orienta a aplicação do projeto 'carbono neutro' numa instituição educacional de forma independente e autônoma. Foi desenvolvido na linguagem PHP e JAVA, está hospedado gratuitamente na empresa CurtaRJ - Gerencianet e tem uma previsão de manutenção trimestral.

Figura 4: Página de abertura do *site* Escola Carbono Neutro. Elaborada pelo autor.



Nesse espaço virtual, a instituição educacional acessa um material informativo, auto instrutivo e didático-pedagógico, que representa um instrumento metodológico colaborativo para o enfrentamento da crise climática no espaço educacional. Dispõe de vídeos, fotos, seção para sanar dúvidas e enviar sugestões, etc. Além disso, oferece um roteiro técnico-pedagógico-científico para que se conquiste a distinção e validação da como 'carbono neutro', após ter cumprido as fases (técnicas e pedagógicas) de compensação das emissões de carbono.

O *site* consiste numa base de dados e acompanhamento virtual permanente a ser adotado por distintas instituições, propiciando que alcancem um ideal de sustentabilidade e de uma sociedade de baixo carbono.

Em síntese, é uma ferramenta que possibilita cumprir os passos necessários para conquistar o título 'Carbono Neutro' pela compensação das emissões de GEE. Em outras palavras, o produto pedagógico "Site Escolas Carbono Neutro" oferece a possibilidade de pesquisar, inteirar-se e aplicar sequencialmente etapas metodológicas que permitem, ao seu final, a validação 'carbono neutro' da instituição.

Estão incorporados no *site* os conceitos, informações, referências, tópicos, temas e subtemas para subsidiar de forma simples a participação dos integrantes da comunidade educativa. Além disso, busca harmonizar uma boa relação entre conteúdo, linguagem, organização, ilustração, aprendizagem e motivação (Oliveira et al., 2021).

O *lay-out* foi também objeto de atenção para proporcionar clareza, acolhimento e utilização do material. Há uma página de apresentação e seções direcionando para distintas seções, tais como: dados sobre o clima, planilha de GEE, sugestões de atividades de Educação Climática, vídeos e sugestões com o passo-a-passo para ações de compensação de carbono.

Visa oferecer a estrutura metodológica para a escola exercer concretamente a resiliência ecopedagógica no enfrentamento da crise climática que se revela no Brasil e no globo terrestre (Capelo, 2021). Fornece uma planilha para identificação das fontes de emissão de GEE, assim como os caminhos para mensurar e definir formas de compensação climático-ambiental.

Sob o ponto de vista técnico-ecológico, são utilizados como base para os cálculos das emissões de carbono e as possibilidades de compensação, os parâmetros aprovados pelo Ministério de Ciência e Tecnologia e pela Organização das Nações Unidas (IPCC, 2021), assim como os procedimentos propostos pelo *GHG Protocol* (GHG Protocol, 2018), protocolo produzido no ano de 1982 pelo *World Resources Institute* (WRI, 1982) para organizações corporativas.

Por sua vez, são elencadas as ações pedagógicas e administrativas que devem ser empregadas pela instituição para contribuir com a mitigação e a compensação das emissões de GEE em consequência do seu funcionamento, favorecendo a redução e neutralização, respectivamente, dos impactos causados pela comunidade educacional na crise climática.

## **5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1 – O *Campus* DC-UFRJ “Carbono Neutro”**

O projeto iniciou com reuniões remotas de planejamento. A seguir, houve um encontro presencial com o administrador do *campus* para contextualização e apresentação da planilha de GEE para ser preenchida com os dados referentes às emissões.

O levantamento dos dados técnicos associados às emissões foi realizado pelo diretor administrativo do *campus*, que detinha acesso às informações necessárias para o preenchimento do quadro 1.

Esse levantamento se deu por meio de pesquisa exploratória de abordagem quantitativa (Alves, 2018) e representa uma das etapas de quantificação do projeto. Foram aplicados os coeficientes específicos divulgados cientificamente pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2006). Estes coeficientes estimam por *bottom-up* (método que identifica onde e como ocorrem as emissões de CO<sub>2</sub>), o quanto cada setor potencializa o aquecimento global. Há, portanto, o prognóstico científico das emissões a partir das diversas matrizes utilizadas pelo *campus* para o seu funcionamento.

### 5.1.1- Planilha de Gases do Efeito Estufa – GEE

Com os dados das emissões em mãos e a planilha preenchida, houve o cálculo e a obtenção do resultado final. Com as fontes de emissões de carbono do *Campus* DC-UFRJ apontadas, e o levantamento realizado, chegou-se ao resultado abaixo (quadro 4) tomando como base os escopos reconhecidos pelo *GHG Protocol* (2008).

Quadro 2: Levantamento dos dados de emissão de GEE do *Campus* DC-UFRJ. Elaborada pelo autor.

LEVANTAMENTO DOS DADOS DE EMIÇÃO DE GASES DO EFEITO ESTUFA – GEE				
ITENS DE EMISSÃO			Quantidade / Ano 2022	
1	Energia elétrica	Consumo Geral	196225,93 Kwh	2,45
2	Gás de cozinha	Consumo Geral	1299,28 m <sup>3</sup>	3,89
3	Resíduos orgânicos	Geração Cozinha	1.080 Kg	0,09
4	Internet	Administrativo	1959.1386 Mbps	0,0001
5	Água	Consumo Geral	3.667 litros	0,01
6	Transporte	Percurso Gasolina	7.300 Km	2,17
		Percurso Diesel	38.060 Km	9,80
<b>TOTAL de emissões de GEE (em tCO<sub>2</sub>eq)</b>				16,24

Identifica-se no resultado que o total das emissões durante o ano de 2022 no *Campus* DC-UFRJ foi de pouco mais de dezesseis toneladas de gás carbônico equivalente. O detalhamento revela o quanto cada um dos itens contribuiu com o aquecimento global.

No item 1 do quadro 4 há o cálculo referente ao consumo de energia elétrica. Esta energia, por si só, não emite carbono. As emissões ocorrem a partir da geração, das linhas de distribuição, dos sistemas de transmissão e do funcionamento das subestações e usinas. A energia elétrica consumida pelo *campus* foi consultada na conta mensal enviada pela concessionária. Nela, há o histórico com a média do consumo anual dos prédios em funcionamento nos seus dias letivos ou mesmo nos períodos de recesso.

O item 2 se refere à avaliação no preparo da alimentação no restaurante universitário por conta do uso de fogão e forno a gás. No *campus* é utilizado o GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) como combustível. Para o levantamento desses dados, verificou-se no administrativo quantos botijões foram comprados durante o ano.

No item 3 os resíduos orgânicos foram avaliados por gerarem metano (CH<sub>4</sub>) durante a sua decomposição. Portanto, foi fundamental levantar o quantitativo gerado. A estratégia de acesso a essa informação foi perguntar à equipe de limpeza o quantitativo diário.

No item 4 foi identificada a quantidade de Megabytes – MB referente ao tráfego de internet utilizada pelo administrativo do *campus*. O tráfego de dados consome energia elétrica de forma indireta.

Em relação à água (Item 5) consumida ou utilizada é importante registrar que, por si só, não emite carbono. As emissões estão associadas ao encadeamento de processos e etapas que determinam o abastecimento hídrico do *campus*. As emissões de carbono que contribuem com o aquecimento global a partir da utilização da água, provém da energia elétrica consumida pelo funcionamento das bombas de captação, estações elevatórias (de água bruta e tratada), aeradores, adução, armazenamento e distribuição, além de todo o operacional de equipes, máquinas e veículos para a manutenção, serviços e reparos para a garantia do constante abastecimento. Os dados de consumo total de água foram obtidos acessando a conta mensal referente ao hidrômetro que registra o volume utilizado.

Sobre os efluentes líquidos gerados pelo funcionamento do *campus*, foi verificado que os mesmos não são lançados *in natura* diretamente em corpos hídricos. Há um sistema de tratamento adequado do esgoto gerado.

Os aparelhos de refrigeração emitem carbono quando estão em operação por consumirem energia elétrica. No entanto, os gases refrigerantes merecem especial atenção caso sejam lançados para a atmosfera, pois aquecem o planeta com muita intensidade. E esse lançamento pode ocorrer por ação do mecânico nos momentos de reparo. Assim, quando ocorre um defeito em um desses aparelhos, é imprescindível que a direção do *campus* contrate para solucionar o problema uma empresa que tenha o equipamento de recolhimento e/ou reciclagem do gás.

Outra atenção deve-se a alguns tipos de extintores que, caso sejam utilizados, contribuem com o aquecimento global, mesmo que de forma quase que insignificante quanto à quantidade de emissões de GEE. A recarga, caso ocorra, deve ser considerada.

O último item do quadro 4 refere-se ao total de combustível (gasolina e óleo diesel) utilizado pelo *campus* para o seu funcionamento administrativo e acadêmico.

Os outros itens, conforme quadro 1, não fazem parte do cotidiano do *Campus DC-UFRJ*.

### **5.1.2- Ações de compensação de carbono no *Campus DC-UFRJ***

Após a identificação das fontes e da quantificação de gases do efeito estufa emitidos pelo *campus*, a etapa seguinte foi a definição das estratégias factíveis de compensação, considerando o cálculo da pegada de carbono do *campus*.

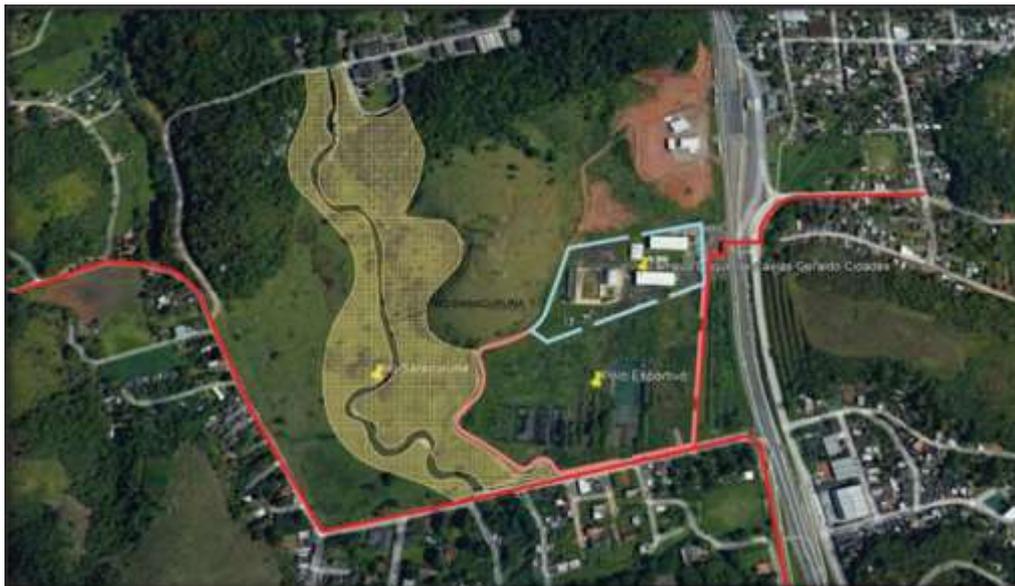
A diretora do *campus* e a Professora-orientadora da presente dissertação sugeriram multiplicar os resultados do ano de 2022 pelos 5 anos de seu funcionamento, desde a sua inauguração. Assim, a iniciativa foi retirar da atmosfera a quantidade de gases do efeito estufa emitidos durante esse período, zerando proporcionalmente o impacto climático (González, 2011) provocado durante toda a vida útil do *campus*.

Isso resultou na necessidade de compensar as emissões de 81,20 tCO<sub>2</sub>eq, que corresponde a 5 x 16,24 tCO<sub>2</sub>eq medida em 2023, conforme levantamento mostrado no quadro 4.

O cálculo de árvores necessárias para compensar a emissão de GEE é realizado através da calculadora ecológica descrita na metodologia, item 4.2.2, que considera que para cada tonelada de emissão de CO<sub>2</sub>, pelo menos, 5 árvores devem ser plantadas. No Campus UFRJ - DC, isso representa 81,2 tCO<sub>2</sub>eq x 5, o que totaliza 406 indivíduos (Azevedo; Quintino, 2010).

Para tanto, 3 ações compensatórias foram definidas: A primeira, o plantio de árvores, será realizada no primeiro semestre do ano de 2024 na própria área do *campus* (Figura 5), ou seja, às margens da BR-040, na região de Santa Cruz da Serra, município de Duque de Caxias, RJ.

Figura 5: Localização da área do Campus Duque de Caxias – UFRJ. Fonte: Divisão de Paisagismo da Coordenação de Operações Urbano-Ambientais, Divisão de Transportes Públicos e Subprefeitura da Praia Vermelha (PU – Prefeitura Universitária da UFRJ).



O plantio será feito de acordo com o estudo paisagístico (Figura 6), que apresenta a identificação de pontos apropriados para o posicionamento dos espécimes no próprio pátio do *campus* de tal forma que, futuramente, não danifique a fiação elétrica aérea e os sistemas subterrâneos de águas pluviais e redes de esgoto.

Figura 6: Projeto de Paisagismo “REQUALIFICAÇÃO URBANO-AMBIENTAL CAMPUS GERALDO CIDADE” (Campus Duque de Caxias – UFRJ). Fonte: Divisão de Paisagismo da Coordenação de Operações Urbano-Ambientais, Divisão de Transportes Públicos e Subprefeitura da Praia Vermelha (PU – Prefeitura Universitária da UFRJ).



Para o apoio necessário no dia do plantio e para a devida manutenção, foi realizado um contato com o gestor da Área de Proteção Ambiental – APA Alto Iguçu, de responsabilidade do Instituto Estadual do Ambiente, onde o *campus* está inserido. O INEA por meio da sua Diretoria de Biodiversidade e Áreas Naturais Protegidas – DIBAPE e da própria gestão da APA Alto Iguçu, firmou um compromisso de disponibilizar guardas-parque para o trabalho de plantio e manutenção dos espécimes arbóreos.

A segunda ação adotada foi adquirir créditos de carbono certificados pela Organização das Nações Unidas – ONU. Os créditos de carbono são emitidos como uma unidade negociável no mercado a partir de ERR (Redução e Remoção de Emissões) por projetos auditados e certificados por instituições reconhecidas internacionalmente especializadas nesse comércio. Por exemplo, existem no mercado os créditos de carbono gerados pelo Programa *Verified*

*Carbon Standard* (VCS) da Verra, que são disponibilizados com o título *Verified Carbon Units* (VCU's).

A terceira ação compensatória será a instalação de um sistema solar fotovoltaico, já aprovado pela direção do *campus* e com a verba depositada em conta por meio de uma emenda parlamentar. A instalação está prevista para o primeiro semestre de 2024.

Há vários caminhos que podem ser trilhados pedagogicamente. Por exemplo, a instituição candidata ao título 'carbono neutro' pode realizar um estudo orçamentário com vistas à implementação de outras ações compensatórias de carbono, tais como construção de um biodigestor, mudança da matriz energética e aquisição de equipamentos elétricos mais eficientes, substituição dos veículos oficiais por motor FLEX ou movido a eletricidade.

### **5.1.3- Ações de mitigação de carbono no *Campus* DC-UFRJ**

Ações de conscientização e educação promovem efeitos de curto, médio e longo prazo, quando considera-se que a compreensão do problema promove mudanças de atitudes no presente, que impactam o futuro. No contexto climático, contribuem para evitar o uso inadequado de recursos naturais para prevenir as consequências relativas ao aquecimento global.

As ações de Educação Climática neste projeto estão relacionadas ao produto pedagógico, instrumento livre e de fácil acesso, e a realização de uma palestra proferida para professores e estudantes no dia 13 de setembro de 2023 (Figura 7). Ademais, reuniões presenciais e remotas foram realizadas com a diretoria responsável pela administração do *campus* para o levantamento das fontes de emissão de carbono. O intuito é reduzir o lançamento desse elemento químico para não colaborar continuamente com o efeito estufa visando atenuar as consequências das alterações climáticas. Quanto mais ações de mitigação de GEE forem desenvolvidas, melhor para caracterizar o compromisso dos seus integrantes por – efetivamente – colaborarem na construção de uma sociedade de baixo carbono.

Figura 7: Palestra sobre 'consciência climática' proferida pelo Prof. Ricardo Harduim no *Campus* DC-UFRJ em 13/7/23.



Outras iniciativas mitigatórias foram sugeridas à direção do *campus*. Na área administrativa, a diretoria, por exemplo, revelou conhecimento e compromisso com a contratação de empresas de reparos de aparelhos de refrigeração que utilizam máquinas que recolhem o gás reutilizando-o. Além disso, orientações acerca da diminuição foram debatidas e encaminhadas, tais como a substituição por completo das lâmpadas por LED's, aquisição de torneiras pressurizadas de água para os banheiros, etc.

No setor elétrico do *campus*, a Diretoria confirmou a disponibilidade dos recursos para a implantação do sistema solar fotovoltaico. Isso significa que além da ação compensatória, esse sistema representa uma estratégica e fundamental ação mitigatória de carbono, tanto para o exemplo e exercício da educação climática junto ao seu público, quanto na economia monetária e redução das emissões para o planeta.

O quadro 5 resume um conjunto de potenciais ações compensatórias e mitigatórias que, de forma gradual, podem ser implementadas pelo *campus*, assim como por qualquer outra instituição educacional que revele o desejo de implantar a metodologia 'carbono neutro'.

Quadro 3: Ações compensatórias e mitigatórias dos principais GEE. Elaborada pelo autor.

AÇÕES		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	SF <sub>6</sub>	HFC
COMPENSATÓRIAS	MITIGATÓRIAS					
Plantio de árvores		X				
Estoque florestal		X	X			
Sistema solar		X			X	
Lâmpadas LED		X			X	
GLP / GN		X				
Compostagem			X	X		
	Saneamento		X			
	Alimentação orgânica		X	X		
	Segunda Sem Carne		X	X		
	Água: EA – Redução	X				
	Óleo usado: EA – Redução		X	X		
	Telhado Verde	X				X
	Compras sustentáveis	X		X		X
	Reparos Refrigeração					X
	Transporte	X				
	Desintoxicação digital	X				
	Extintores – EA	X			X	X
	Palestras – EA	X	X			
	Cursos e Minicursos – EA	X	X			
	Workshops e Oficinas – EA	X	X			
	Campanhas - EA	X	X			

**CO<sub>2</sub>** (Gás carbônico) / **CH<sub>4</sub>** (Metano) / **N<sub>2</sub>O** (Óxido nitroso)

**SF<sub>6</sub>** (Hexafluoreto de enxofre) / **HFC** (Hidrofluorcarbono)

No quadro 5 há uma correlação de cada ação (nas linhas) que, ao ser adotada, compensa e/ou mitiga cada um dos principais gases do efeito estufa (assinalados em colunas à direita). Ações e atividades que reduzem e compensam as emissões de carbono, as quais os membros de uma comunidade educacional podem aplicar para - gradual e pontualmente - cooperar na construção de uma sociedade crítica que empreenda uma economia de baixo carbono (D’Espiney, 2017).

Há também outros exemplos concretos de ações mitigatórias que podem ser implantadas em instituições que oferecem alimentação, como o uso de composteira para dar um destino adequado aos resíduos orgânicos; o envio do óleo de cozinha para reciclagem e a incorporação do projeto “Segunda Sem Carne” que consiste em montar um plano nutricional que oferece um cardápio, às segundas-feiras, sem proteína animal ([www.simpleorganic.com.br](http://www.simpleorganic.com.br)).

## **5.2- Produto pedagógico Site <http://escolacarbononeutro.prima.org.br>**

O produto pedagógico desta dissertação consistiu na construção do *site* ‘escolas carbono neutro’ descrito acima. Este poderá ser útil para a aplicação da educação climática necessária à formação da consciência planetária de instituições educacionais.

O *site* como produto pedagógico, foi elaborado com o objetivo de fazer com que estudantes, professores e outros profissionais da educação identifiquem com facilidade as áreas de interesse e que os textos, esquemas e planilhas se apresentem com linguagem simples e fácil compreensão conforme explica Malcher et al., 2013.

Uma instituição educacional poderá desenvolver o projeto autonomamente respeitando uma conduta técnico-pedagógica, o seu projeto político pedagógico e os parâmetros científicos definidos pela ferramenta *GHG Protocol* (2008) para a devida mensuração e compensação dos GEE emitidos.

O produto pedagógico *site* <http://escolacarbononeutro.prima.org.br> possui as seguintes divisões:

A página inicial (Figura 8) exhibe uma explicação prévia do produto pedagógico e possui o acesso às oito seções principais. São eles:

‘apresentação’, ‘para que’, ‘porque’, ‘onde’, ‘como’, ‘quando’, ‘saber mais’ e ‘glossário’.

Figura 8: página inicial do *site* Escola Carbono Neutro. Elaborada pelo autor.



/

Na sessão “apresentação” (Figura 9) contém uma explicação técnica textual e um *power-point* em movimento revelando as terminologias utilizadas no decorrer do tempo para conceituar situação climática no planeta.

---

‘*GHG Protocol*’ é uma ferramenta internacional criada pela *World Resource Institute (WRI)* e o *World Business Council for Sustainable Development (WBCSD)* que orienta, padroniza, capacita e instrumentaliza instituições, públicas ou privadas, na contabilização de emissões e remoções de GEE.

Figura 9: Seção “Apresentação” do site Escola Carbono Neutro. Elaborada pelo autor.

**APRESENTAÇÃO**

Na atual era geológica, as ações antrópicas têm provocado alterações negativas na atmosfera atmosférica e profundas transformações pelas sociedades humanas, sobretudo a partir da Revolução Industrial (MIRANDA, 2012).

A relação atual humano-natureza correte-se-se em um panorama antagônico e insustentável que consiste na velocidade do crescimento urbano com um consumo exacerbado dos recursos naturais (DAPFLOTTA, 2010).

O período geológico do pleistoceno estudado no final do século XVIII de Petropoulos (SOARES, 2016), representa um cenário crítico acerca dos problemas ambientais.

Um dos exemplos mais evidentes está associado à CRISE CLIMÁTICA. Segundo a INE, essa é uma das mais alarmantes catástrofes que a humanidade enfrentará, especialmente as comunidades mais vulneráveis.

Os efeitos das estações no clima já são consideráveis devastadores, visto que a temperatura média do planeta já se elevou em 1,1°C Celsius em comparação com níveis pré-industriais (IPCC, 2007).

As informações disponíveis sobre os frequentes fenômenos climáticos extremos apontam as discussões sobre a relação da humanidade com a natureza tornando-se cada vez mais essenciais (MÉNENÇA, 2007).

Portanto, é importante que uma ESCOLA apresente ações compensatórias e mitigadoras de gás carbônico com o objetivo de ser carbono NEUTRO: apresentar o desafio de reportar a motivação dos cidadãos para adotarem ações em direção ao status de sustentabilidade (JACONI, 2011).

Quando essa sfida é obtida, fica demonstrado o total das ações adotadas, assim como o resultado pedagógico e educação climática do grupo aplicado.

O clima no planeta com a tecnologia tecnológica.

Fonte: Astoria Antena

Na sessão “para que” (Figura 10) tem um gráfico do IPCC mostrando a mudança da temperatura global (1850-2000) e um vídeo explicando a importância de uma instituição educacional cumprir a metodologia de compensação de carbono.

Figura 10: seção “para que” do site Escola Carbono Neutro. Elaborada pelo autor.

**PARA QUE?**

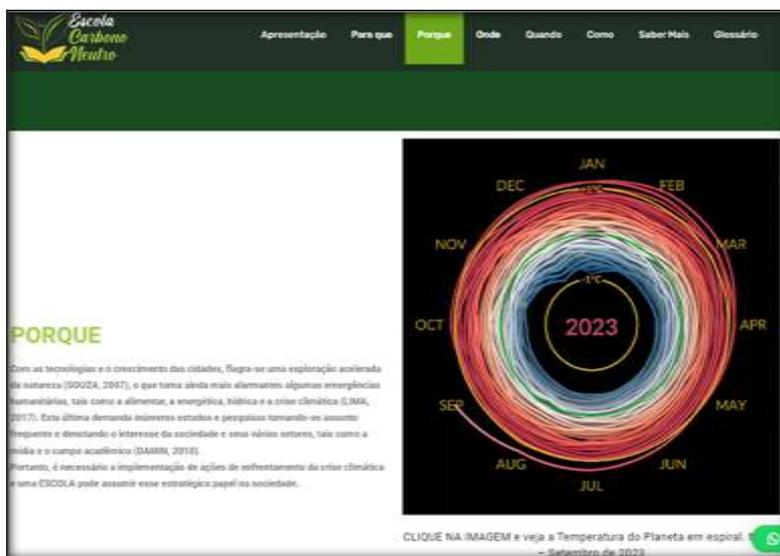
Para uma ESCOLA ter a possibilidade de colaborar concretamente na construção de uma sociedade baixo carbono, implementando iniciativas para compensar os GEE – Gases do Efeito Estufa emitidos, bem como reduzir essas emissões.

No vídeo, o Prof. RICARDO HARDUIM explica a importância de uma escola cumprir a metodologia de compensação de carbono e ser válida "CARBONO NEUTRO".

Observado  
Natural + Mitigação

Na seção “porque” (Figura 11) há imagens de eventos climáticos extremos (enchentes, queimadas, estiagens e derretimentos das calotas polares) e um gráfico elaborado pela NASA revelando, sob a forma de um espiral em movimento, o aumento da temperatura no planeta desde a década de 1880.

Figura 11: seção “porque” do site Escola Carbono Neutro. Elaborada pelo autor.



Na seção “onde” (Figura 12) há uma relação de projetos desenvolvidos no Brasil e em outros países, assim como um vídeo que faz um resumo sobre essas iniciativas.

Figura 12: seção “onde” do site Escola Carbono Neutro. Elaborada pelo autor.

No Brasil	
1 Colégio Estadual David Capistrano	Niterói, RJ
2 Escola Municipal Yolanda Ardigó	Itajaí, SC
3 Colégio Estadual Pandiá Calógeras	São Gonçalo, RJ
4 Universidade Federal de Juiz de Fora	Juiz de Fora, MG

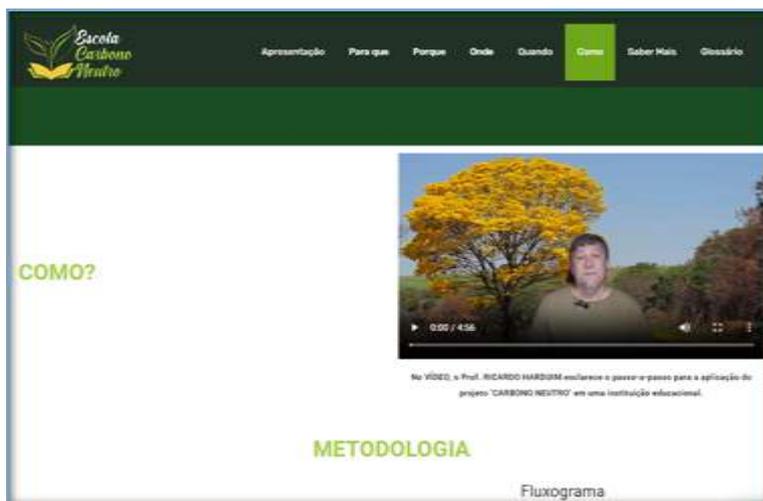
Na seção “quando” (Figura 13) há uma imagem do planeta associada a um termômetro com intuito de provocar uma sensação de febre no planeta, buscando fazer uma associação ao crescente aumento de temperatura. Consta ainda um quadro (Fonte: WRI) comparando os riscos provocados por esse aumento. Essa seção foi criada para mostrar que o momento de uma instituição educacional desenvolver um projeto climático em sua escola é exatamente esse que estamos vivendo.

Figura 13: seção “quando” do *site* Escola Carbono Neutro. Elaborada pelo autor.



A seção “como” é o mais completo pois revela o passo-a-passo para a aplicação do projeto em uma instituição educacional. Tem um vídeo explicativo (Figura 14) sobre os encaminhamentos.

Figura 14: seção “como” do *site* Escola Carbono Neutro com o vídeo explicativo. Elaborada pelo autor.



Há também um fluxograma (Figura 15) sugerindo as etapas a serem cumpridas na implementação do projeto na instituição educacional.

Figura 15: seção “como” do *site* Escola Carbono Neutro com o fluxograma. Elaborada pelo autor.



Nessa mesma seção “como” tem a planilha de gases do efeito estufa (Figura 16) em que aparecem os itens de emissão de carbono numa instituição educacional.

Figura 16: seção “como” do *site* Escola Carbono Neutro com a planilha de gases do efeito estufa. Elaborada pelo autor.

ITEM	QUANTIDADE (por semana)	ICDM
1. ENERGIA ELÉTRICA	Kwh	
2. GÁS DE COZINHA	m <sup>3</sup> GUP	
3. RESÍDUO ORGÂNICO	m <sup>3</sup> GN	
	Kg comida	
	Kg refeição	
	Kg material didático	
4. DEMANDAS DE ENERGIA	Litros (diesel ou gás)	
5. DADOS DE INTERNET	Mbps (Administrativos)	
	Mbps (Pedagógicos)	
6. Água	Litros	
7. ENDOUMENTO SÓLIDO	Litros/deposição final	
8. USO DE TABACO	Nº de fumantes	
9. REFRIGERAR	Geladaria	
	Air Condicionado	
	Freszer	
	Bebedouros	
	Veículo	
	Dúctos	
10. TRANSPORTES	Km (aluno)	
	Km (transportação)	

Na Figura 17 tem um vídeo que explica como utilizar uma calculadora ecológica e abaixo uma planilha de gases do efeito estufa específica para o cálculo das emissões provenientes do uso do transporte pelos colaboradores de uma instituição educacional, tais como professores, diretores e pessoal de apoio.

Figura 17: seção “como” do *site* Escola Carbono Neutro com um vídeo explicativo sobre o cálculo das emissões. Elaborada pelo autor.



Na Figura 18 aparece a seção para acessar a “calculadora ecológica” e sugestões de atividades de compensação de carbono.

Figura 18: seção “como” do *site* Escola Carbono Neutro com acesso à calculadora ecológica e sugestões de atividades compensatórias de carbono. Elaborada pelo autor.



Na Figura 19 há um quadro associando atividades compensatórias e mitigatórias com os principais gases do efeito estufa, ou seja, o quanto cada uma das atividades propostas sequestram e/ou reduzem os referidos gases.

Figura 19: seção “como” do *site* Escola Carbono Neutro contendo um quadro associando ações compensatórias e mitigatórias com o sequestro e/ou a redução dos principais gases do efeito estufa. Elaborada pelo autor.

The screenshot shows the 'Como' section of the 'Escola Carbono Neutro' website, featuring a table titled 'Compensação e Mitigação de GEE - Gases do Efeito Estufa'. The table lists various actions and their impact on different greenhouse gases (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, SF<sub>6</sub>, HFC).

AÇÕES		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	SF <sub>6</sub>	HFC
COMPENSAÇÃO	MITIGAÇÃO					
	PLANTIO DE ÁRVORES	X				
	ESTOQUE FLORESTAL	X	X			
	SOLAR / LED	X				X
	GLP / GN	EA - REDUÇÃO				
	COMPOSTAGEM	EA - REDUÇÃO	X	X		
	SANEAMENTO		X			
	ALIMENTAÇÃO ORGÂNICA		X	X		
	SEGUNDA SEM CARNE		X	X		
	ÁGUA: EA - REDUÇÃO	X				
	EA - ÓLEO USADO		X	X		
	TELHADO VERDE	X				X
	COMPRA SUSTENTÁVEL	X		X		X
	REPAROS REFRIGERAÇÃO					X
	TRANSPORTE	X				
	DESINTONICAÇÃO DIGITAL	X				
	EA - EXTINTORES	X			X	X
	PALESTRA / CURSO / ETC	X	X	X		

PLANELHA sugerindo ações compensatórias e mitigatórias associando a cada um dos principais GEE - Gases do Efeito Estufa:  
 CO<sub>2</sub> (gás carbônico)  
 CH<sub>4</sub> (metano)

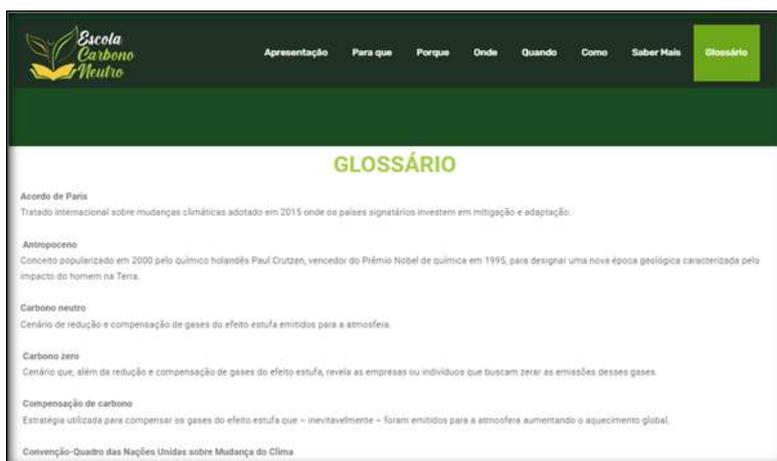
Outra seção é o “saber mais”. Neste aparece (Figura 20) as referências do trabalho e quatro vídeos de atividades de Educação Climática desenvolvidas em distintas instituições educacionais.

Figura 20: seção “saber mais” do site Escola Carbono Neutro contendo referências e vídeos com atividades de Educação Climática em escolas.



Há mais uma seção, o “glossário” (Figura 21), que elenca uma série de conceitos que podem ser úteis aos estudantes e outras pessoas interessadas no tema.

Figura 21: seção “glossário” do site Escola Carbono Neutro com um elenco de conceitos sobre o clima e outros temas associados.



Por fim, tem também a seção “Fale comigo clicando aqui” em quase todas as páginas para quem desejar fazer contato para sanar dúvidas ou fazer sugestões e críticas.

O *Campus DC-UFRJ* decidiu implantar uma metodologia de mitigação e compensação de carbono para favorecer a formação de cidadãos planetários críticos com atitudes sustentáveis (Halal, 2009) e esse posicionamento é estratégico considerando que os problemas causados pelas emissões excessivas dos gases do efeito estufa no planeta, atingem diretamente o bem-viver das comunidades (Grimm, 2016).

“Em uma alusão à concepção da prática de uma educação climática, ou tratando-se de uma verdadeira justiça climática, a Educação Ambiental crítica, abrangendo uma perspectiva pedagógica-ideológica e de política construtivista, tem o potencial de contribuir para a transformação social, a partir de uma problematização do cenário atual”. (Loureiro, 2004 apud Gomes, 2023, p.484).

Portanto, considerando a hipótese de que instituições educacionais resolvam aplicar uma metodologia de redução e compensação das emissões de carbono, o presente trabalho poderá ser uma ferramenta propícia para o encaminhamento dessa ação pedagógica.

## **6- CONCLUSÃO**

Os resultados dessa pesquisa estão comprometidos na indicação de uma ferramenta prática na área da educação climática. Em outros termos: um procedimento didático-pedagógico que encoraja e conduz os membros de uma instituição acadêmica à conquista do título “Carbono Neutro” fortalecendo o papel de uma instituição educacional no enfrentamento da crise climática.

Uma instituição acadêmica “Carbono Neutro” tem os seus membros inseridos numa lógica que ensina e/ou educa para a sustentabilidade, passando

a se sensibilizarem pelas questões socioambientais, ampliando seu modo de ver e estar no mundo, promovendo o exercício de uma consciência climática e planetária (Grohe, 2018), assim como atendendo aos ODS – Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da ONU de números 3 (Saúde e Bem Estar), 7 (Energia Limpa e Acessível), 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis), 17 (Parcerias e Meios de Implementação) e, especialmente o número 13 (Ação contra a Mudança Global do Clima).

Tornar o *Campus* DC-UFRJ “Carbono Neutro” requereu realizar o levantamento das fontes de emissão de GEE e calcular quantas toneladas de gás carbônico são enviadas para a atmosfera durante o período de 1 ano. E requer ainda realizar a compensação climática por meio de 3 ações técnicas distintas (plantio de árvores, instalação fotovoltaica e certificação ONU).

Segundo Plácido (2021), uma instituição educacional é o espaço formativo que dialoga com a comunidade e com as políticas públicas. Assim sendo, pode tomar decisões para o combate aos efeitos das mudanças climáticas e ser o lugar onde a sociedade deposita sua esperança na transformação e emancipação (Araújo; Araújo, 2021) para atingir a sustentabilidade com justiça social, liberdade democrática, segurança ambiental e garantia do bem-viver.

Essa atitude (carbono neutro) e esse mérito administrativo-acadêmico alcançado pelo *Campus* DC-UFRJ referenciam uma urgência no confronto aos eventos climáticos que se tornam cada vez mais recorrentes (Artaxo, 2020), sobretudo nas comunidades mais vulnerabilizadas, cujos espaços geográficos encontram-se escolas predominantemente pauperizadas, sob a ótica econômica (Patto, 1992).

O *Campus* DC-UFRJ, portanto, pode assumir um papel de “laboratório” para outras instituições educacionais replicarem o processo e alcançarem o mérito de também conquistarem um título que se converte em ação inequívoca e imperativa para a manutenção da temperatura do planeta.

O total de emissões de gases do efeito estufa geradas no período de 1 ano pelo *campus* é de aproximadamente 16,24 tonCO<sub>2</sub>eq, o que corresponde a um total de, no mínimo, 81 árvores plantadas. Esses indivíduos arbóreos plantados no *campus* realizam a fotossíntese sequestrando o carbono e,

concomitantemente, promovem um cenário de harmonia e qualidade ambiental aos frequentadores.

A decisão de compensar todo o período de funcionamento do *campus* (5 anos), agregou ainda mais valor ao projeto, pois o quantitativo de árvores a serem plantadas quintuplicou. E beneficiará ainda mais o corpo social do *campus*, pois o projeto técnico paisagístico elaborado por integrantes da própria UFRJ será implementado.

Assim, vale ponderar o quão importante é a implementação de ações efetivas de educação climática utilizando estratégias emblemáticas de sensibilização e comunicação com vistas à formação de uma sociedade justa, crítica, harmoniosa, sustentável (Asano; Poletto, 2022) e de baixo carbono. Nesse caso, as três estratégias de compensação associadas às ações mitigatórias aplicadas pelo *Campus* DC-UFRJ servem de base para propiciar a formação da consciência planetária da comunidade acadêmica.

Uma outra conclusão é que as comunidades educativas não podem mais se omitir dos danos socioambientais e econômico-culturais que já se revelam dramáticos, visto que os efeitos climáticos extremos se intensificam em suas localidades acarretando em mortes e perdas materiais (Buss, 2006). O espaço educacional é privilegiado por concentrar profissionais capazes de formar e informar pessoas, e assim orientá-las na construção de uma visão de futuro e atuação no presente associados à sustentabilidade (Torresi; Pardini; Ferreira, 2010). Para tanto, uma instituição educacional pode construir relações sociais implantando metodologias “carbono neutro”, formando cidadãos interlocutores do bem-viver harmônico com a natureza e que usam o conhecimento para garantir um padrão de vida que valorize o respeito e uma nova postura ecológica. O desafio é montar um modelo educacional que desperte a motivação dos cidadãos para adotarem ações em direção às metas de sustentabilidade (Jacobi; Guerra; Sulaiman; Nepomuceno, 2011). Esse modelo *Campus* DC-UFRJ ‘carbono neutro’ pode ser um diferencial para encarar esse desafio, e este trabalho pode servir de base para o desenvolvimento da ‘responsabilidade climática’, eixo que deve ser considerado estruturante no pensamento pedagógico.

Assim como o *Campus* DC-UFRJ, outras instituições podem assumir voluntariamente o compromisso “carbono neutro” dando uma resposta local para uma das mais urgentes demandas globais, a mudança no clima.

## 7- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ficou estabelecido entre a direção do *campus*, a professora-orientadora da presente dissertação e a equipe de desenvolvimento do projeto que o primeiro semestre do ano de 2024 será o período destinado para a realização de etapas estratégicas importantes.

As 406 mudas de árvores nativas da Mata Atlântica serão plantadas no próprio espaço físico do *campus* para a efetivação da compensação de carbono. Nesse mesmo período, o sistema solar fotovoltaico tem previsão de instalação, assim como - até lá - serão adquiridos créditos de carbono certificados pela ONU.

Em 22 de abril, dia em que se comemora o Dia da Terra, está planejada a realização de uma cerimônia de avaliação, divulgação e validação de toda essa iniciativa climática aplicada, celebrando o mérito da conquista do título *CAMPUS* DC-UFRJ ‘CARBONO NEUTRO’.

## 8- REFERÊNCIAS

ACORDO DE PARIS. 2015. **Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático**. Disponível em: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>. Acesso em: 01/02/2021.

ALVES, Eliana Boaventura Bernardes Moura. **Inventário e neutralização de emissões de gases de efeito estufa: avaliação e desenvolvimento de software de cálculo**. 2018. 153 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2018.

ARAÚJO, Alberto Filipe. FERNANDES, José Pedro Ribeiro de Matos. ARAÚJO, Joaquim Machado de. **A educação na contemporaneidade: entre a**

**emancipação e o retrocesso.** Revista Brasileira de Educação, 26, e260028. 2021.

ARTAXO, Paulo. **As três emergências que nossa sociedade enfrenta: saúde, biodiversidade e mudanças climáticas.** Estudos Avançados, v. 34, p. 53-66, 2020.

ASANO, Juliete Gomes Póss; POLETTO, Rodrigo de Souza. **Educação Ambiental: em busca de uma sociedade sustentável, e os desafios enfrentados nas escolas.** Revista Caderno Pedagógico, [S.l.], v. 14, n. 1, jun. 2017. ISSN 1983-0882. Disponível em: &lt;<http://www.univates.br/revistas/index.php/cadped/article/view/1418&gt>. Acesso em: 29 set. 2022.

AZEVEDO, Marisa Fagundes Carvalho de; QUINTINO, Ivo. **Manual Técnico: Um programa de compensação ambiental que neutraliza emissões de carbono através de projetos socioambientais de plantio de mudas nativas.** Rio de Janeiro: Ambiental Company, 17 p., 2010.

AZEVEDO, Aline Damasceno de. et al. **Estoque de carbono em áreas de restauração florestal da Mata Atlântica.** Floresta, [S.l.], v. 48, n. 2, p. 183-194, abr. 2018. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/54447>. Acesso em: 11 jun. 2023.

BAPTISTA, Vinícius Ferreira. **A relação entre o consumo e a escassez dos recursos naturais: uma abordagem histórica.** Duque de Caxias, RJ, v. 5, ed.1, p. 08-14, 2010.

BARZOTTO, Luis Fernando. **Justiça Social – Gênese, estrutura e aplicação de um conceito.** Revista Jurídica da Presidência, ano 2003, v. 5, n. 48, 2003.

BERNA, Vilmar; GIRARDI, Ilza Maria Tourinho. **Desafios para comunicação ambiental.** Porto Alegre: Editora Dom Quixote, 2008.

BIOFÍLICA – EMPRESA DE BTECNOLOGIA CLIMÁTICA. Calculadora. Disponível em: <https://calculator.moss.earth/>. Acesso em: 16 de nov. de 2021.

BOFF, Leonardo. **Sustentabilidade: o que é, o que não é?** Petrópolis: Vozes, 2012.

BNDES – BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. Meta de reduções de emissões. 2019. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/desenvolvimento-sustentavel/resultados/emissoes-evitadas/emissoes-evitadas/>. Acesso em: 16 de mai. de 2022.

BRASIL. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental. Brasília: Diário Oficial da União. 1999.

BRASIL. Vamos Cuidar do Brasil com Escolas Sustentáveis: educando-nos para pensar e agir em tempos de mudanças socioambientais globais.

Brasília: Ministério da Educação- Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão, 2012.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Protocolo de Quioto: a convenção sobre mudança do clima: O Brasil e a convenção – quadro das Nações Unidas. 1997.

BRIANEZI, Daniel. et al. **Equações alométricas para estimativa de carbono em árvores de uma área urbana em Viçosa-MG**. Revista *Árvore*, v. 37, n. 6, p. 1073-1081, 2013.

BTGPACTUAL – BANCO DE INVESTIMENTOS. Calculadora de carbono. Disponível em: <https://www.btgpactualdigital.com/calculadora-de-carbono>. Acesso em: 10 de nov. de 2021.

BUSS, Paulo Marchiori. **Globalização, pobreza e saúde**. XI World Congress of Public Health da World Federation of Public Health Associations e VIII Congresso Brasileiro de Saúde Coletiva da Associação Brasileira de Pós-Graduação em Saúde Coletiva, em 23/08/2006. Fundação Oswaldo Cruz – FIOCRUZ, Rio de Janeiro, RJ.

CALGARO, Cleide; DALLACORT, Luis Ângelo; DIL, Gabriel. **Solidariedade Tecnológica**; Congresso de Direitos Humanos do Centro Universitário da Serra Gaúcha. Vol. 3. No. 1. 2020.

CAPELO, Raisa Michelle Gavilanes. **La educación ambiental como eje fundamental para la resiliencia socio ecológica frente al cambio climático**. Universidad del Azuay, Departamento de Posgrados Maestría em Estudios Socio Ambientales con mención em cambio climático, sustentabilidade y desarrollo. Cuenca, Equador, 2021.

CARCAMO, José Salvador; HARDUIM, Ricardo. (org.). **Sustentabilidad y Desarrollo**. 1. ed. Buenos Aires, Arg.: Universidad Nacional de Moreno Editora, p.2014. 166 p. v. 1.

CARDOSO, Rosani Aparecida Prim. **Alfabetização Científica na Pré-Escola: ações em busca de transformações para uma Educação Sustentável**. Universidade Regional de Blumenau. Centro de Ciências Exatas e Naturais, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática, 2017.

CARTA DA TERRA. Disponível em: [www.cartadelatierra.org](http://www.cartadelatierra.org). Acesso em: 25 de maio de 2014.

CEFSA – CENTRO EDUCACIONAL DA FUNDAÇÃO SALVADOR ARENA. Calculadora carbono. Disponível em: [http://www.centroeducacionalfsa.org.br/cefsa/calculadora\\_carbono/index.aspx](http://www.centroeducacionalfsa.org.br/cefsa/calculadora_carbono/index.aspx)  
Acesso em: 14 de nov. de 2021.

CLAUDINO-SALES, Vanda. **A urgência do Antropoceno**. Revista de Geociências do Nordeste, [S. l.], v. 6, n. 2, p. 213–222, 2020. DOI: 10.21680/2447-3359.2020v6n2ID22217. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/22217>. Acesso em: 24 fevereiro de 2022.

CLIMACT - *Transition to a Low Carbon Economy in Schools*. 2007. Disponível em: <http://www.climact.net/>. Acessado em 28/05/2022

CONFERÊNCIA INTERGOVERNAMENTAL SOBRE EDUCAÇÃO AMBIENTAL. UNESCO e o Programa de Meio Ambiente da ONU – PNUMA. Tbilisi, Geórgia, 14 a 26 de outubro de 1977. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/livros/educacaoambientalasgrandesdiretrizesdaconferenciadetblisidigital.pdf>. Acesso em: 20/10/2021.

CORNETTA, Andrei. **Entre o Clima e a Terra: uma abordagem geográfica da economia de baixo carbono na Amazônia Legal**. 2017. 429 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Geografia, Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

COULTER Liese. et al. Global Carbon Project. **Reduções e compensações de carbono**. Relatório Global do Projeto de Carbono Nº 6, Relatório ESSP Nº 5, Canberra, 2008.

CRETON, Joziel Costa; SHEL, Marcelo Silva. **A ciência do Aquecimento Global**. FAPERJ: Quartet Editora, Rio de Janeiro, 2011.

CRUTZEN, Paul, STOERMER, Eugene. **The “Anthropocene”**. Global Change Newsletter, v. 41, p. 17-18, 2000.

DAMIN, Márcia, & HENDGES, Elvis Rabuske. **O estudo das mudanças climáticas globais a partir de diferentes recursos didáticos**. Publicação O Professor PDE e os desafios da Escola Pública Paranaense. Governo do Estado do Paraná. v. 1, p. 2, 2010.

Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA) and the Department of Energy and Climate Change (DECC), UK. Guidelines for GHG Conversion Factors. Status: Final Version: 1.0 Acesso em: 28/05/2012.

D'ESPINEY, Ana Carreira. **Economia de Baixo Carbono nas Escolas: Indicadores-chave de desempenho do projeto ClimACT**. Orientador: Susana Marta Lopes Almeida. 2017. Dissertação (Mestre em Engenharia do Ambiente) - Instituto Superior Técnico Lisboa, 2017.

DIAS FILHO, Moacyr Bernardino Dias. **A fotossíntese e o aquecimento global**. Embrapa Amazônia Oriental-Documentos (INFOTECA-E), 2006.

FIGUEIREDO, Newton; SILVA, Luciano Fernandes; REIS, Danielle Aparecida. **As complexidades inerentes ao tema “mudanças climáticas”: desafios e perspectivas para o ensino de física**. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, vol.17, n.3, 2015.

FONSECA, Rafael Oliveira. **Compensação ambiental: da contradição à valorização do meio ambiente no Brasil**. Soc. & Nat., Uberlândia, 27 (2): 209-222, mai/ago/2015.

FREIRE, Paulo. **Educação e Mudança**. 12.<sup>a</sup>ed. Rio de Janeiro: Paz & Terra, 1979.

FUERTES, Miguel Angel. et. al. **Climate Change Education: A proposal of a Category-Based Tool for Curriculum Analysis to Achieve the Climate Competence**. Education in the Knowledge Society 21, article 08, 2020.

GADOTTI, Moacir. **Pedagogia da Terra: Ecopedagogia e Educação Sustentável**, 1999.

GALLEGO, Rita de Cássia; CÂNDIDO, Renata Marcílio. **Uma discussão sobre os sentidos da integração de feriados, festas e comemorações cívicas no calendário das escolas primárias paulistas (1890-1930)**. Educação em Revista, Belo Horizonte, v.31, n.02, p. 17-36, abril-junho, 2015.

GIMNÁSIO FONTANA. 2018. Disponível no site: (<https://gimnasiofontana.edu.co/pedagogia/metodologiawhat-if>). Acessado em 26/05/2022

GOMES, Karolina von Sydow Domingues; SILVA, André Chaves de Melo. **Educação Ambiental crítica e o poder da comunicação para a justiça climática**. Revista Brasileira De Educação Ambiental, 18(1), 477–491. 2023.

GONZÁLEZ, Sergio. **Calculadora de la huella de carbono**. Tierra Adentro, 200.54.96.10, 2011.

GRIMM, Isabel Jurema. **Mudanças Climáticas e Turismo: estratégias de adaptação e mitigação**. Universidade Federal do Paraná – UFP. Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento. 2016.

GROHE, Sandra Lilian Silveira. **Polícia, Política e a Partilha do Sensível – Um olhar a partir da política para Escolas Sustentáveis**. RELACult – Revista Latino-Americana De Estudos Em Cultura E Sociedade, 4. 2018.

GHG PROTOCOL. Ferramenta GHG Protocol versão 2018. de: <https://doi.org/http://ferramenta.ghgprotocolbrasil.com.br/index.php?r=site/ferramenta>. 2018.

GUERRA, Antonio Fernando Silveira. **As Sustentabilidades em diálogos**. Itajaí: Univali, 2010.

GUIMARÃES, Mauro; SANCHEZ, Celso. **Diálogo sobre percepção e metodologias na Educação Ambiental**. VI Encontro Pesquisa em Educação

Ambiental, Ribeirão Preto, SP. A Pesquisa em Educação Ambiental e a Pós-Graduação no Brasil. Setembro de 2011.

G1 – GLOBO. Calculadora de emissões. Disponível em: [https://especiais.g1.globo.com/meio-ambiente/calculadora-emissoes-carbono/?\\_ga=2.258094666.1335004297.1642094393-400621628.1639949832](https://especiais.g1.globo.com/meio-ambiente/calculadora-emissoes-carbono/?_ga=2.258094666.1335004297.1642094393-400621628.1639949832). Acesso em: 14 de nov. de 2021.

HALAL, Christine Yates. **Ecopedagogia: uma nova educação**. Revista de Educação, Vol. XII, Nº. 14. Universidade Federal do Pampa - Unipampa. 2009.

HANSEN, James. et al. **Aquecimento global em preparação**. Oxford Open Climate Change, Vol. 3, Edição 1, 2023.

HOUGHTON, John Theodore; et al. **Mudanças climáticas: a avaliação científica do IPCC**. American Scientist; (Estados Unidos), v. 80, n. 6, 1990.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico de 2010. Disponível em: [www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php](http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php). Acesso em 25 de abril de 2021.

IDESAM – INSTITUTO DE CIDADANIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL. Calculadora. Disponível em: <https://idesam.org/calculadora/>. Acesso em: 10 de nov. de 2021.

INICIATIVA VERDE. Calculadora ecológica. 2019. Disponível em: <https://iniciativaverde.org.br/calculadora>. Acesso em: 13 de jan. de 2022.

IPCC, 2006. Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.

IPCC, 2021. Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. Sexto relatório de avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. Disponível em:  
[https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_SPM.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM.pdf)  
Acesso em: 10/8/2021.

IPCC, 2022. Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. Sexto relatório de avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. Disponível em: [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGII\\_SummaryForPolicymakers.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_SummaryForPolicymakers.pdf) Acesso em: 11/12/2022

ISO 14064, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 2006. The Greenhouse Gas Protocol – A corporate reporting and accounting standard, World Business Council for Sustainable Development, Geneva, Switzerland, and World Resources Institute, Washington D.C., 2004.

JACOBI, Pedro Roberto; GUERRA, Antonio Fernando; SULAIMAN, Samia Nascimento; NEPOMUCENO, Tiago. **Mudanças Climáticas globais: a resposta da educação**. ANPED – Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação. Rio de Janeiro, 2011.

LETSGOZERO. 2022. Disponível em <https://letszero.org/lets-go-zero-school-action-ysgolbro-dinefwr-secondary-school-wales/>, (2022). Acessado em 15/12/2022.

LIMA, Gustavo Ferreira da Costa. **A crise climática, a onda conservadora e a Educação Ambiental: desafios e alternativas aos novos contextos**. REMEA - Revista Eletrônica Do Mestrado Em Educação Ambiental, 40–54. 2017.

LÓPEZ, Padrón; et al. **Escuela carbono neutro: Línea base de la División Académica de Ciencias Biológicas**. Publicaciones Científicas de la UJAT.

REDIB – Red Iberoamerica de Innovación y Conocimiento Científico. México, 2021.

MALCHER, Maria Ataide; COSTA, Luciana Miranda; LOPES, Suzana Cunha. **Comunicação da Ciência: diversas concepções de uma mesma complexidade**. Animus Revista Interamericana de Comunicação Midiática, v. 12, n. 23, p. 59-84, 2013.

MANTEIGAS, Vítor. et al. **A transição para uma economia de baixo carbono nas escolas: a aplicação do projeto Interreg Sudoe ClimACT na Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa**. In: Ciência 2018 – Encontro com a Ciência e Tecnologia em Portugal, Centro de Congressos de Lisboa, 2-4 de julho de 2018.

MARCOMIN, Fátima Elizabeti; SILVA, Alberto Dias Vieira da. **A insustentável leveza da universidade**. In: GUERRA, Antonio Fernando Silveira (Orgs.). Sustentabilidades em diálogos. Itajaí: Editora da UNIVALI, 2010, p. 171-191.

MEC, Base Nacional Comum Curricular, 3º versão, 2017. Disponível em [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518\\_versaofinal\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf). Acessado em 08/3/2021

MENDONÇA, Francisco. **Aspectos da interação clima – ambiente – saúde humana: da relação sociedade-natureza à (in)sustentabilidade ambiental**. RA'EGA – O Espaço Geográfico em Análise, Curitiba, v. 4, n. 4, p. 85-100, 2000.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA; Coeficientes da Matriz de Emissões - Projeto “Fornecimento de instrumentos de avaliação de emissões de gases de efeito estufa acopladas a uma matriz energética”. ISSN 1518-2932, 2001.

MIRANDA, Fernando Silveira Melo Plentz. **A Mudança do Paradigma Econômico, a Revolução Industrial e a Positivização do Direito do Trabalho**.

Revista eletrônica Direito, Justiça e Cidadania, FAC – Faculdade São Roque, SP, 2012.

MORAIS JUNIOR, Vicente Toledo Machado de; JACOVINE, Laércio Antônio Gonçalves; TORRES, Carlos Moreira Miquelino Eieto. **Programa carbono zero (UFV): um legado de 10 anos**. Guarujá-SP: Científica Digital, 2022. 10.37885/978-65-5360-058-4.

MOSS – TECNOLOGIA CLIMÁTICA. Calculadora. Disponível em: <https://calculator.moss.earth/>. Acesso em: 14 de nov. de 2021.

NAÇÕES UNIDAS. OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - ODS. Disponível em: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>.2016. Acessado em 15/01/2021

NASA Goddard Institute for Space Studies. GISTEMP Team, 2023: GISS Surface Temperature Analysis (GISTEMP), version 4. Disponível em: <https://data.giss.nasa.gov/gistemp/maps/> Acessado em: 11/10/2023

NEUTRALIZE CARBONO. Calculadora de carbono. 2019. Disponível em: <http://www.neutralizecarbono.com.br/calculadoradecarbono/>. Acesso em: 16 de mai. de 2022.

OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - ODS. NAÇÕES UNIDAS. OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - ODS. 2016. Disponível em: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible>. Acesso em: 15/01/2021.

OLIVEIRA, Neyla Cristiane Rodrigues de; OLIVEIRA, Francisca Carla Silva de; CARVALHO, Denise Barros de. **Educação Ambiental e mudanças climáticas: análise do Programa Escolas Sustentáveis**. Artigo Ciência Educação. Bauru. 2021.

OLIVEIRA, Velasco Tiffani; BORGES, Fernanda de Freitas; BATAGHIN, Antonio Fernando. **Estudo socioambiental sobre mudanças climáticas, ações antrópicas e suas consequências**. Ciência & Tecnologia, [S. l.], v. 12, n. 1, p.115-120, 2020. Disponível em: <https://citec.fatecjab.edu.br/index.php/citec/article/view/156>. Acesso em: 18 set. 2022.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Protocolo de Montreal sobre Substâncias que Prejudicam a Camada de Ozônio, 1987.

\_\_\_\_\_. Agenda 21. In: CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. Rio de Janeiro, 12 ago. 1992. Parágrafos 34.1 e 34.3, cap. 34.

OXFAM. Extreme Carbon Inequality. Why the Paris climate deal must put the poorest, lowest emitting and most vulnerable people first. 2015 Disponível em: [https://www.oxfam.org/sites/www.oxfam.org/files/file\\_attachments/mb-extreme-carbon-inequality-021215-en.pdf](https://www.oxfam.org/sites/www.oxfam.org/files/file_attachments/mb-extreme-carbon-inequality-021215-en.pdf). Acessado em: 11/012/2021.

PACHECO, G. **Cálculo da Pegada de Carbono como estratégia de Educação Ambiental na Escola Municipal de Ensino Fundamental Professor José Ferrugem, Santa Cruz do Sul, RS**. Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. 2011.

PADRÓN-LÓPEZ, Rosa Martha; et al. **Escuela Carbono Neutro: Línea base de la División Académica de Ciencias Biológicas**. 10.19136/book.208. 2021.

PATTO, Maria Helena Souza. **A família pobre e a escola pública: anotações sobre um desencontro**. Psicologia USP, 3(1-2), 107-121. 1992.

PEREIRA, Maurício Tavares. **A Cosmologia da transformação em Leonardo Boff: Natureza e Humanidade em Harmonia. O Conceito d'As Quatro ecologias rumo ao Cosmocentrismo e ao Biocentrismo**. Faculdade Jesuíta de Teologia e Filosofia de Belo Horizonte, 2019.

PLÁCIDO, Reginaldo; BENKENDORF, Shyrlei; TODOROV, Denise. **Porosidade e permeabilidade: Uma abordagem mesoanalítica em história das instituições escolares a partir da Cultura Escolar.** Metodologias E Aprendizado, 4, 183–196. 2021.

PRIMA – MATA ATLÂNTICA E SUSTENTABILIDADE. Calculadora. Disponível em: <https://prima.org.br/calculadora/>. 2022. Acesso em 25 de jun. de 2022.

SALDANHA, Rafael Mofreita. **Colapso climático e a destruição do futuro. O que nos faz pensar**, [S.l.], v. 29, n. 47, p. 171-191, 2020. ISSN 0104-6675. Disponível em: <http://www.oquenofazpensar.fil.puc-rio.br/index.php/oqnf/article/view/705>>. Acesso em: 14 dec. 2021.

SANTOS, Lucélia; SANTOS, Ednéia; FERREIRA, Evandro José. **Estimativa da capacidade de estoque de biomassa e carbono da vegetação arbórea de um fragmento do Parque Urbano Tucumã, em Rio Branco, Acre.** Enciclopédia Biosfera, v. 9, n. 17, 2013.

SARTORELLO, Gustavo Lineu. et al. **Efeitos no clima sob a percepção da sociedade.** V S I S C A – Simpósio de Sustentabilidade e Ciência Animal. 29 a 31 de outubro de 2020, Universidade Federal Fluminense.

SEGUNDA SEM CARNE. Sociedade Vegetariana Brasileira – SVB. Disponível em: [www.segundasemcarne.com.br](http://www.segundasemcarne.com.br). Acesso em: 05/01/2022.

SILVA, Carlos Filipe Araújo da. **O mercado voluntário de carbono.** Tese de Doutorado. Universidade Católica Portuguesa, Faculdade de Economia e Gestão. Porto, Portugal, 2012.

SOSMA – SOS MATA ATLÂNTICA. Calcule a sua emissão de CO<sub>2</sub>. 2021. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/calcule-sua-emissao-de-co2/>. Acesso em: 16 de mai. de 2022.

SOUZA, Reginaldo José de. **O “sangramento” da América Latina: da acumulação primitiva aos dias atuais.** Revista Formação UNESP, v. 1, n. 14, p. 212, 2007.

SVAMPA, Maristella. **El Antropoceno como diagnóstico y paradigma.** Lecturas globales desde el Sur. Revista Internacional de Filosofía y Teoría Social. p.34. 2018.

TAMAIÓ, I. **O professor na construção do conceito de natureza: uma experiência de educação ambiental.** São Paulo: Annablume, 2002.

TAMAIÓ, Irineu. **Educação Ambiental & Mudanças Climáticas: diálogo necessário num mundo em transição.** Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Articulação Institucional e Cidadania Ambiental. Departamento de Educação Ambiental. Série EducAtiva, 2013.

TORRESI, Susana Córdoba de; PARDINI, Vera; FERREIRA, Vitor. **O que é sustentabilidade.** Sociedade Brasileira de Química. Quim. Nova, Vol. 33, No. 1, 5, 2010.

TRISTÃO, Martha. **A Educação Ambiental na Formação de Professores: Redes de Saberes.** Vitória: Annablume, 2004.

UJAT. 2017. Disponível em <https://www.ujat.mx/dcyrp/25386>, 2017. Acessado em 29/05/2022.

VELASCO, Giuliana Del Nero. **Arborização viária X sistemas de distribuição de energia elétrica: avaliação dos custos, estudo das podas e levantamento de problemas fitotécnicos.** 2003. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

VERRA - Programa *Verified Carbon Standard* (VCS). 2007. Disponível em <https://verra.org/#>. Acessado em 24/06/22.

VIEIRA, Michael Raphael Soares. et al. **The future of renewable energy and environmental agreements as mitigation of climate change and the possibility of compensation for avoided emissions**. Research, Society and Development, [S. l.], v. 10, n. 14, p. e25101421558, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/21558>. Acesso em: 26 nov. 2023.

WACKERNAGEL, Marthis; REES, William. **Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth**. Gabriola Island, BC Canadá: New Society Publishers, 2.sem. 1996.

WORLD RESOURCES INSTITUTE – WRI. Nova economia climática. Disponível em: <https://www.wri.org/initiatives/new-climate-economy>. Acesso em 13 de nov. de 2021.