

# TRANSFORMAR PARA EXISTIR: POLÍTICAS, TECNOLOGIAS E JUSTIÇA CLIMÁTICA



**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

Transformar para existir [livro eletrônico] :  
políticas, tecnologias e justiça climática. --  
Vitória, ES : Kick, 2026.  
PDF

Vários autores.  
Vários colaboradores.

ISBN 978-65-979946-0-1

1. Artigos científicos - Coletâneas 2. Economia circular 3. Educação  
4. Governança 5. Inclusão 6. Inovação tecnológica - Aspectos econômicos  
7. Justiça ambiental 8. Meio ambiente - Aspectos sociais 9. Mudanças climáticas -  
Aspectos ambientais 10. Mudanças climáticas - Aspectos socioambientais  
11. Mudanças climáticas - Prevenção - Inovações tecnológicas 12. Sustentabilidade.

26-352510.0

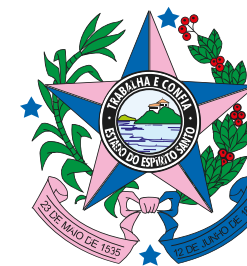
CDD-363.73874

**Índices para catálogo sistemático:**

1. Mudanças climáticas: Políticas públicas: Problemas sociais 363.73874  
Camila Aparecida Rodrigues - Bibliotecária CRB - SP-010133/O



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO  
Secretaria de Economia e Planejamento



# COLABORADORES

Adelaide de Fátima Santana da Costa

Adriana Marcia Nicolau Korres

Adriana Santana Ferreira

Álvaro Rogério Duboc Fajardo

Amanda Marsoli Azevedo Feu

Angélica Rodrigues Rocha

Anna Clara Ferreira Lins

Anniely Giestas Barbieri

Annor da Silva Junior

Artur Lima Couto de Souza

Aureliano Nogueira da Costa

Aurélio Azevedo Barreto Neto

Cayo Henrique da Silva Freitas

Clara Ayume Ito de Lima

Cleverson Alves de Lima

Daniela Fachini

Daniela Thomaz Klein Lima

Davi Nacif Soares

Fabiana Franco

Flávio Wachholz

Gutenberg de Almeida Nascimento

Gyovana Lima Welsing

Jainy Silva Nascimento

João Henrique Fernandes Gadea

Jorgina Juliana Gradisse Freitas

José Henrique Rocha da Silva

Jousiclécia Almeida dos Santos

Juliani Nunes Campos Johanson

Kátia Cyrlene de Araujo Vasconcelos

Leticia Pereira Rocha

Lívia Francielly Lino

Manoela Pagotto Nodari

Marco Aurélio de Abreu Bortolini

Maria Claudia Lima Couto

Mariana Thomaz Klein

Marta Albuquerque Machado

Mauro Santos da Paz

Otávio Lube dos Santos

Patrick de Paula

Paulo Rogério Garcez de Moura

Pedro Bragatto de Britto

Pedro Enrique de Moura Rosemberg

Priscila Gama

Priscila Ricardo

Priscilla Paiva Luz

Raíssa Luchi

Raphael Rodrigues de Oliveira

Riad Silva

Roberta Cristina Cotta Duarte Conde

Sergio Akinobu Yoshioka

Stella Emery Santana

Tatiana Oliveira Costa

Weverton de Souza Araujo

# Mariana Klein e Dani Klein

Diretoras do Instituto Sustentabilidade Brasil - ISB e da Kickgroup

## Transformar para Existir: Políticas, Tecnologias e Justiça Climática

**T**ransformar para Existir: Políticas, Tecnologias e Justiça Climática é uma publicação coletiva que nasce do encontro entre ciência, compromisso socioambiental e a urgência climática dos nossos tempos. O livro reúne os artigos selecionados na primeira Jornada Científica da Conferência Nacional Sustentabilidade Brasil 2025, realizada em Vitória (ES), entre 11 e 14 de junho de 2025, em parceria com o Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável da Universidade Federal do Espírito Santo (PPGES-UFES).

Fruto direto desse espaço de produção e de troca de conhecimento, o livro é composto por 16 artigos organizados em quatro capítulos temáticos: Governança, Políticas Públicas e Justiça Ambiental; Gestão Territorial e Recursos Naturais; Inovação Tecnológica e Economia Circular; e Educação, Sociedade e Inclusão.

A diversidade de temas é uma das marcas mais significativas desta publicação: os trabalhos transitam da análise de marcos regulatórios climáticos e do orçamento público verde à aplicação de inteligência artificial na agricultura; da avaliação físico-química de solos e do potencial das pastagens como sumidouros de carbono a projetos de educação inclusiva com materiais recicláveis; do sensoriamento remoto aplicado a infraestruturas urbanas aos negócios de impacto em territórios periféricos. Juntos, esses trabalhos de-

monstram que a sustentabilidade é, ao mesmo tempo, técnica, política, social e cultural; é uma arena de disputas, negociações e construções coletivas de sentido.

Tão expressiva quanto a diversidade temática é a diversidade de vozes que compõem a obra. Seus 48 autores e autoras incluem pesquisadores e pesquisadoras de universidades públicas, institutos federais, órgãos de governo e organizações da sociedade civil. A paridade e o equilíbrio de gênero entre os colaboradores não são um acidente: refletem uma premissa central do Instituto Sustentabilidade Brasil e da Conferência Nacional Sustentabilidade Brasil, que, desde sua concepção, assume o compromisso com a diversidade e inclusão como critérios estruturantes.

Transformar para Existir é o resultado da concepção de que só é possível produzir ciência e saber para um futuro mais sustentável ao unir quem pesquisa nas universidades, quem governa, quem empreende e quem vive os territórios. A transformação de que o título fala começa aqui: no ato de tornar visíveis os conhecimentos que nascem de múltiplas perspectivas e que, juntos, apontam caminhos mais justos e eficazes para enfrentar o colapso climático e civilizatório que já enfrentamos.

Esperamos que, a cada ano, esta obra nos dê mais forças para sustentar o céu.



# Pablo Lira

Especialista em Políticas Públicas e Gestão Governamental do Instituto Jones dos Santos Neves - IJSN

A crise climática deixou de ser um tema restrito à ciência para se tornar um dos principais desafios do desenvolvimento no século XXI. Seus impactos já se manifestam de forma concreta em diferentes partes do mundo, exigindo respostas cada vez mais rápidas, integradas e baseadas em evidências. Eventos climáticos extremos, alterações nos regimes de chuva, pressões sobre os ecossistemas e novas demandas por energia e infraestrutura sustentável colocam governos, empresas e sociedades diante da necessidade de repensar modelos de desenvolvimento.

Nesse cenário, a produção de conhecimento científico assume um papel central. Compreender a complexidade das transformações ambientais, identificar soluções tecnológicas viáveis e construir políticas públicas eficazes são tarefas que dependem diretamente da articulação entre pesquisa, inovação e tomada de decisão. É justamente nessa interseção que se insere esta obra.

O livro Transformar para Existir: Políticas, Tecnologias e Justiça Climática reúne estudos e experiências que dialogam com diferentes dimensões da agenda contemporânea da sustentabilidade. Os capítulos abordam temas que vão desde governança climática e justiça ambiental até tecnologias aplicadas à sustentabilidade, inovação produtiva, educação ambiental e soluções baseadas na natureza. Ao integrar diferentes áreas do conhecimento, a obra evidencia que os desafios ambientais não podem ser enfrentados por abordagens isoladas, exigindo uma visão multidisciplinar e colaborativa.

Outro aspecto relevante desta publicação é a valorização do diálogo entre univer-

sidade, setor público, iniciativa privada e sociedade civil. A construção de soluções para desafios complexos depende justamente dessa convergência de perspectivas. A produção científica aqui reunida demonstra como a pesquisa pode contribuir para qualificar políticas públicas, orientar decisões estratégicas e fortalecer a governança ambiental em diferentes escalas.

No contexto do Espírito Santo, essa agenda ganha contornos particularmente concretos. O estado tem buscado transformar os desafios da crise climática em oportunidades de inovação e desenvolvimento sustentável. A criação recente do Fundo de Descarbonização, estruturado a partir do Fundo Soberano estadual e com capacidade de mobilizar investimentos significativos voltados à transição energética, sinaliza um novo momento na agenda ambiental capixaba. Iniciativas desse tipo demonstram que a sustentabilidade pode ser também um vetor de competitividade econômica, atração de investimentos e geração de novas oportunidades de desenvolvimento. Mais do que um conjunto de artigos acadêmicos, esta obra representa um esforço coletivo de pesquisadores e profissionais comprometidos com a construção de respostas concretas para os desafios do nosso tempo. Cada capítulo contribui para ampliar a compreensão sobre os caminhos da sustentabilidade e para reforçar a importância da ciência como instrumento de transformação social.

Que este livro sirva como fonte de conhecimento, inspiração e reflexão para pesquisadores, gestores públicos, estudantes e todos aqueles interessados em compreender e construir caminhos para um desenvolvimento mais sustentável.



## Alvim Borges

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável da Universidade Federal do Espírito Santo - Ufes

---

A Conferência Sustentabilidade Brasil 2025, sob o tema Transformar é Preciso, foi um evento que alavancou sobremaneira o tema da sustentabilidade em todos os públicos. Desde as crianças em idade infantil, que tiveram a oportunidade de visitar e interagir com as representações da sustentabilidade, até profissionais e representantes dos mais diversos grupos sociais que puderam expor e debater suas temáticas nas diversas atividades da conferência. A multiplicidade de atividades e de abordagens sobre a sustentabilidade permitiu que os visitantes, e participantes pelas mídias, pudessem encontrar um ponto de interação sobre um tema tão urgente.

Pela gravidade da mudança climática, que todas as sociedades enfrentam, é im-

portante poder contar com um evento desta magnitude que leve a sustentabilidade a muitos corações e mentes. Os painéis temáticos e grupos de trabalho deram aos visitantes a oportunidade de aprender com especialistas sobre a realidade de uma ampla gama de subtemas da sustentabilidade. A jornada científica mostrou que existem muitos esforços sendo empreendidos para trazer soluções para uma sustentabilidade cada vez mais forte e necessária. Se bem que a sustentabilidade tenha um forte apelo ambiental, os trabalhos apresentados mostraram que o aspecto social, sobre grupos, etnias, e indivíduos os mais variados, constituem o objetivo final de qualquer ação de melhoria. Desta forma, a Conferência Sustentabilidade Brasil assume um importante papel na difusão ampla do conhecimento e das ideias sobre sustentabilidade na nossa sociedade.



# Elias Carvalho

Presidente do Instituto Sustentabilidade Brasil - ISB

---

A obra “**Transformar para Existir: Políticas, Tecnologias e Justiça Climática**” é o símbolo material de um compromisso inadiável com o futuro. Este livro, fruto da Jornada Científica realizada durante a **Conferência Nacional Sustentabilidade Brasil 2025**, nasce com a missão do Instituto Sustentabilidade Brasil de combater a desinformação climática por meio da difusão do conhecimento. O que torna esta coletânea singular é a sua origem democrática: integramos às vozes da academia o conhecimento de profissionais, técnicos e servidores que enfrentam, na ponta, os desafios da sustentabilidade.

É um orgulho celebrar a primeira edição desta jornada, que contou com o apoio

do PPGES-UFES e o patrocínio estratégico da ES Gás. Quero agradecer a cada participante e, em especial, aos premiados desta edição. O trabalho liderado por Cayo Henrique da Silva Freitas, focado em educação inclusiva com materiais recicláveis, e a análise liderada por Raíssa Luchi sobre gestão sustentável em Recursos Humanos sintetizam o que buscamos: soluções que unem inclusão social e eficiência organizacional. Minha gratidão aos parceiros **IJSN**, **PPGES-UFES** e **Kick** pela organização e pela concretização dessa obra. Juntos, provamos que a ciência e a busca por práticas profissionais sustentáveis são bússolas capazes de nos guiar rumo a uma transição climática justa.



# SUMÁRIO

## Introdução

- 12** Metodologias de Inclusão para a Justiça Climática: aprendizados da CSB 2025

## Capítulo 1

- 18** Governança Climática: a relação entre marcos regulatórios e a elaboração do Orçamento Climático
- 24** Pagamento por Serviços Ambientais e Mudanças Climáticas: Estratégia para Redução de Emissões no Espírito Santo
- 30** Responsabilidade Civil Ambiental no Caso Samarco: Análise do sistema de indenizações da Fundação Renova
- 35** O efeito indireto da Sustainable Finance Disclosure Regulation no custo de capital e nas emissões das companhias investidas pelos fundos regulados
- 43** Programa de geração de energias renováveis do Espírito Santo (Gerar ES)

## Capítulo 2

- 52** Reflexões Sobre os Desafios Urbanísticos e o Futuro Sustentável da Cidade de Ilhéus - BA
- 56** Sensoriamento Remoto em Estudos de Infraestruturas Verdes e Azuis
- 62** Avaliação Físico-Química do Solo como Ferramenta para Diagnóstico Ambiental da Sub-Bacia do Rio Formate
- 67** Pastagens no Espírito Santo: Potencial de captura e emissão de carbono segundo o seu vigor
- 73** Potencialidades para geração de energias renováveis no estado do Espírito Santo

## Capítulo 3

- 81** Aplicação de visão computacional na detecção de ferrugem em folhas de café

- 88** Reaproveitamento de isopor e garrafas PET para produção de filamentos de impressora 3D junto a Coopervida de São Carlos

- 92** Projeto Composnana: unindo automação e sustentabilidade na produção de microverdes

## Capítulo 4

- 97** Lab Futuros Inovativos: redes de inovabilidade e lideranças negras e periféricas nos negócios de impacto
- 103** Entre Práticas Instituídas e Percepções Vividas: Uma Análise da Gestão Sustentável de Recursos Humanos
- 111** Toque Sustentável: Educação Inclusiva com uso de Materiais Recicláveis
- 117** Extensão, Educação Ambiental e ODS: Práticas para a Sustentabilidade no Ifes Campus Vitória

## PREFÁCIO

# Arlete Pinheiro Schubert

Uma Tupinambá em território de águas e minérios que clamam por justiça.

### Entre as Tramas da Diplomacia e a Política de Presença

A publicação do livro “Transformar para Existir: Políticas, Tecnologias e Justiça Climática” emerge de um debate que se encontra em uma encruzilhada civilizatória. Esta obra não deve permanecer como um registro do que foi tratado em um acontecimento datado; sua importância reside em tensionar as estruturas que sustentam o palco e o teatro da diplomacia climática, como um manifesto que expõe as disputas ontológicas que subjazem às mesas de negociação travadas em Belém, no Espírito Santo, ou em qualquer outro território vulnerabilizado.

Nesta perspectiva, a Conferência Nacional Sustentabilidade Brasil 2025 transcende a condição de evento isolado para consolidar-se como o epicentro de uma disputa radical pelo sentido do que chamamos de “mundo”. Enquanto a diplomacia hegemônica se esforça por validar “soluções baseadas na natureza”, reduzindo a Terra a um estoque de serviços ecossistêmicos a ser tecnicamente gerenciado, os artigos aqui reunidos ecoam o clamor de povos e populações frente à catástrofe anunciada. Tais reflexões expõem o processo de Geontologia em curso, a forma de poder descrita por Elizabeth Povinelli, que arroga para si o direito soberano de decidir o que conta como “vida protegível” e o que é relegado à categoria de mera “matéria” (Geos) a ser exaurida. Contra essa fragmentação da existência, as cosmologias ancestrais nos recordam que a Terra é um corpo vivo, onde não há fissura entre o que respira e o que sustenta o sopro. Onde o capitalismo predador projeta o estigma de “áreas desertas ou improdutivas” para justificar a extração, o olhar indígena revela o pulsar invisível de nascentes subterrâneas e a resistência de flores e frutos que, no silêncio do solo, alimentam a teia da vida e mantêm o equilíbrio do cosmos.

Para navegar pela densidade dos artigos selecionados para a COP Sudeste proponho usar os três “faróis” conceituais de Elizabeth Povinelli, aqui ressignificados pela urgência dos territórios e pela crueza dos dados. O primeiro deles, o Deserto, atua como lente para desmascarar a voracidade com que o mercado de carbono tenta converter a exuberância dos biomas em um “vazio” contábil, uma abstração numérica que oblitera as gentes e as histórias que florescem sob a copa das árvores nas florestas. O segundo, o Animista, denuncia a sofisticada engrenagem com que o Estado e o capital cooptam o saber e o sagrado indígena, reduzindo-os a um adorno estético ou a uma conveniente estratégia de resiliência sistêmica.

Por fim, a figura do Vírus surge para representar a crise quando esta é tratada estri-

tamente como uma patologia técnica. Quando lidos em conjunto, esses três registros revelam uma mesma operação: a conversão de uma crise civilizatória em um problema gerencial, passível de ser corrigido por mecanismos de mercado, protocolos técnicos ou inovação energética. É nesse enquadramento que emerge o foco quase obsessivo em vetores como o Hidrogênio Verde (H2V) e na descarbonização industrial, ignora deliberadamente que a verdadeira “cura” não reside em remédios tecnológicos, mas na interrupção definitiva das raízes coloniais e extrativistas que seguem adoecendo o planeta.

Sob a luz desses faróis, a leitura revela que a inclusão real de tecnologias de sobrevivência e de restauro configura-se, primordialmente, como uma reparação epistemológica, um reconhecimento ético dos limites impostos pela destruição. Podemos analisar que a Conferência Nacional Sustentabilidade Brasil 2025 emerge opondo-se à linearidade técnica do “Vírus” por meio de uma metodologia centrada na escuta qualificada e no diálogo horizontal. Ao integrar conhecimentos territoriais, a obra demonstra que a inclusão qualificada de saberes diversos não deve ser reduzida a um complemento acessório ou a um fetiche “Animista”, mas sim compreendida como o componente estruturante para uma governança capaz de produzir respostas territorialmente situadas. É neste exercício de escuta que o “Deserto” contábil das métricas globais dá lugar à densidade das experiências vividas, transformando a participação social em um instrumento de incidência real sobre o destino dos territórios.

Essa “política de presença” pode se tornar mais palpável na diversidade de experiências de impacto socioambiental no Espírito Santo, que utilizam a inovação social não para extrair, mas para regenerar realidades em territórios vulnerabilizados, na tentativa de promover uma transformação que respeita o tempo e a dignidade das comunidades vulnerabilizadas. Enquanto o liberalismo tardio tenta gerir as “ruínas”, os autores aqui presentes buscam a manutenção da vida onde o capital previu apenas o descarte. Concluir esta escrita-escuta sob os três “faróis” conceituais de Povinelli, exige aceitar o desafio de abandonar a “governança do fim”.

A experiência capixaba de 2025, aqui sistematizada, configura uma importante contribuição metodológica para alinhar ciência, políticas públicas e justiça escutando os coletivos organizados presentes e expõe que a ancestralidade não é um retorno ao passado, mas o fundamento para um futuro onde a Terra deixe de ser uma planilha de investimentos verdes para voltar a ser o lugar para o Existir..

<sup>1</sup>Geontologias: Um Réquiem para o Liberalismo Tardio. Ed Ubu



# INTRODUÇÃO

---



# Metodologias de Inclusão para a Justiça Climática: aprendizados da CSB 2025

Daniela Thomaz Klein Lima<sup>1</sup>  
Manoela Pagotto Nodari<sup>2</sup>  
Mariana Thomaz Klein<sup>3</sup>

## Resumo

A crise climática intensifica desigualdades históricas e afeta de forma desproporcional populações sub-representadas, cujos conhecimentos, embora empiricamente robustos, seguem marginalizados nos processos formais de decisão. A literatura contemporânea demonstra que mecanismos participativos em políticas climáticas frequentemente permanecem em níveis simbólicos, marcados por tokenismo, vieses epistemológicos e limitações linguísticas que restringem a incidência desses grupos.

Este artigo analisa a Conferência Nacional Sustentabilidade Brasil 2025 (CSB 2025) como estudo de caso de uma metodologia orientada à inclusão, centrada na escuta qualificada, no diálogo horizontal e na integração de conhecimentos territoriais. Os resultados indicam que processos de comunicação ancorados em metodologias participativas podem reduzir vieses institucionais, fortalecer mecanismos de accountability e aproximar ciência, políticas públicas e experiências vividas.

Conclui-se que a inclusão qualificada de saberes diversos constitui um componente estruturante para modelos de governança climática capazes de enfrentar desigualdades e produzir respostas mais justas, eficazes e territorialmente situadas. A experiência da CSB 2025 configura, assim, uma contribuição metodológica relevante para iniciativas que buscam alinhar comunicação, justiça climática e participação social.

**Palavras-chave:** Justiça climática, metodologia participativa, saberes territoriais, sustentabilidade

## Abstract

The climate crisis intensifies historical inequalities and disproportionately affects underrepresented populations, whose knowledge—although empirically robust—remains marginalized in formal decision-making processes. Contemporary literature shows that participatory mechanisms in climate policies often remain at a symbolic level, marked by tokenism, epistemological biases, and linguistic barriers that limit the influence of these groups.

This article analyzes the National Sustainability Conference Brazil 2025 (CSB 2025) as a case study of an inclusion-oriented methodology, centered on qualified listening, horizontal dialogue, and the integration of territorial knowledge. The results indicate that communication processes grounded in participatory methodologies can reduce institutional biases, strengthen accountability mechanisms, and bridge science, public policy, and lived experiences.

It is concluded that the qualified inclusion of diverse forms of knowledge constitutes a structural component for climate governance models capable of addressing inequalities and producing more just, effective, and territorially grounded responses. The CSB 2025 experience thus represents a relevant methodological contribution to initiatives seeking to align communication, climate justice, and social participation.

**Keywords:** Climate justice, participatory methodology, territorial knowledge, sustainability

<sup>1</sup>Sócia diretora da KICK e Diretora Técnica do Instituto Sustentabilidade Brasil [daniklein@kickgroup.com.br](mailto:daniklein@kickgroup.com.br)

<sup>2</sup>Doutora em Psicologia Social pela Universidade Federal do Espírito [manoela@kickgroup.com.br](mailto:manoela@kickgroup.com.br)

<sup>3</sup>Mestranda em Ciências Sociais na Universidade Federal do Espírito Santo [mariana.klein@edu.ufes.br](mailto:mariana.klein@edu.ufes.br)





## 1. Introdução

Em meio à escalada da crise climática global, que ameaça ecossistemas e multiplica abismos sociais, as comunidades mais vulneráveis emergem como as principais vítimas de um problema para o qual contribuíram minimamente (ARTAXO, 2025; DURMAZ & SCHROEDER, 2025; HIVOS; OPEN KNOWLEDGE BRASIL & JANDYRAS, 2025; GIANNINI; FIGUEIRA & OLIVEIRA, 2023; SPIVAK, 2010). Tais populações, que incluem povos indígenas, agricultores de subsistência, moradores de periferias e grupos marginalizados por intersecções de raça, gênero e classe socioeconômica, enfrentam impactos desproporcionais, como inundações e perda de meios de subsistência. Enquanto esses grupos arcam com os mais altos custos climáticos e a vulnerabilidade decorrente da marginalização histórica, as nações industrializadas, responsáveis pela maior parte das emissões, continuam a ditar as narrativas e soluções dominantes, muitas vezes excluindo as vozes dessas comunidades dos processos de decisão.

De acordo com estudos que abordam os desafios climáticos contemporâneos (ARTAXO, 2025; DURMAZ & SCHROEDER, 2025; PARSONS et al., 2025; GIANNINI; FIGUEIRA & OLIVEIRA, 2023; TSOSIE, 2022; PADGHAM et al., 2013) essa disparidade não é mera coincidência ambiental, mas um reflexo de injustiças estruturais, tornando a questão climática intrinsecamente ligada à busca por equidade social. O paradoxo está justamente no fato de que é nessas comunidades, que estão na base da pirâmide social, que residem conhecimentos empíricos valiosos, forjados na linha de frente das mudanças climáticas, capazes de oferecer estratégias inovadoras de adaptação e mitigação, desde práticas agrícolas resilientes até sistemas de alerta comunitários que antecedem alertas oficiais.

O potencial transformador dessas vozes, no entanto, é frequentemente subestimado ou silenciado, o que não só perpetua ciclos de vulnerabilidade, mas também alimenta práticas de greenwashing, onde corporações e governos promovem ações ambientais superficiais ou enganosas para mascarar inações reais, sem envolver as populações afetadas na validação ou implementação.

Ignorar quem sente os efeitos climáticos "na pele", aqueles que vivenciam secas, enchentes e deslocamentos forçados antes do resto da sociedade, é construir soluções desprovidas de autenticidade e propensas a falhar. Como argumentam pesquisadores em comunicação de riscos climáticos, essas comunidades não são meras beneficiárias passivas, mas portadoras de verdades essenciais que expõem as limitações de abordagens top-down e podem fomentar diálogos inclusivos que desmantelam hierarquias de poder e garantem mais transparência e accountability (PARSONS et al., 2025; ADIGA, 2024).

Se a busca é por alinhamentos efetivos que atendam à velocidade cortante que precisamos enfrentar por mitigação e resiliência, a comunicação climática deve evoluir para um processo ativo de escuta e concessão de voz, reconhecendo que a inclusão dessas perspectivas é uma necessidade pragmática para soluções duradouras e equitativas.

Historicamente, a formulação de políticas climáticas tem sido marcada por uma exclusão sistemática dessas comunidades nos fóruns decisórios, desde negociações internacionais, como as COPs, até planos nacionais de adaptação (ARTAXO, 2025; HIVOS; OPEN KNOWLEDGE BRASIL & JANDYRAS, 2025; SPIVAK, 2010). Essa omissão, além de uma injustiça moral, é uma falha estrutural que resulta em medidas "cegas" às realidades locais, agravando desigualdades pré-existentes e minando a eficácia das estratégias globais.

Pesquisas publicadas em revistas como *Frontiers in Climate* enfatizam a urgência de incorporar "as vozes mais frequentemente silenciadas, ignoradas ou marginalizadas" no planejamento climá-

tico, argumentando que tal integração corrige injustiças ambientais e promove uma governança mais resiliente, ancorada em experiências vividas em vez de modelos teóricos abstratos. Sem essa abordagem, as políticas correm o risco de se tornarem meras fachadas, perpetuando um ciclo vicioso onde resultados manipulados prosperam à custa de comunidades vulnerabilizadas pelo sistema capitalista e colonial.

É nesse contexto de urgência e oportunidade que surgiu a Conferência Nacional Sustentabilidade Brasil 2025 (CSB 2025), sediada no Espírito Santo, como uma resposta empírica e metodológica inovadora à exclusão crônica. Concebida para transcender barreiras setoriais, a conferência reuniu cientistas, formuladores de políticas públicas, representantes do setor empresarial e membros da sociedade civil em um fórum colaborativo, priorizando metodologias participativas como workshops interativos, painéis com lideranças comunitárias e sessões de cocriação de soluções.

Não se limitando a um evento meramente declaratório, a CSB 2025 enfatizou a partilha de poder e incorporou narrativas de populações vulneráveis diretamente afetadas por eventos climáticos no Brasil, como, por exemplo, as comunidades ribeirinhas do Amazonas e agricultores do Nordeste, para liderar debates sobre adaptação e mitigação.

Partindo deste contexto, o presente artigo toma a experiência multifacetada da CSB 2025, abrangendo seus desafios logísticos e culturais, as metodologias inovadoras de inclusão adotadas e os resultados tangíveis da Jornada Científica, que gerou recomendações práticas para políticas nacionais, como eixo central para compreender como processos de comunicação voltados à justiça climática podem se materializar em mecanismos reais de partilha de poder. Ao examinar esse caso, buscamos mostrar que essa abordagem fortalece uma governança climática mais justa e eficaz e incentiva ações autênticas que reconhecem e honram as vozes de quem vive a crise climática em primeira linha.

## 2. Estruturas de Poder e Vieses da Exclusão

Para compreender o processo de construção da Conferência Nacional Sustentabilidade Brasil 2025 (CSB 2025), é imperativo situar o problema da exclusão não como um acidente isolado, mas como uma estrutura de poder profundamente enraizada nas dinâmicas globais de governança climática.

Inspirada na "Escada da Participação Cidadã", proposta por Sherry Arnstein, em 1969, que descreve oito níveis de participação distribuídos desde formas simbólicas de envolvimento (como manipulação e consulta sem influência real) até graus efetivos de poder cidadão, a literatura recente evidencia que os processos de participação em decisões climáticas raramente ultrapassam os degraus mais superficiais. Na prática, a maior parte das iniciativas permanece restrita a mecanismos de escuta com baixa capacidade de incidência, o que acaba reproduzindo desigualdades e mantendo estruturas coloniais, patriarcais e capitalistas que limitam a tomada de decisão compartilhada (PARSONS et al., 2025; DURMAZ & SCHROEDER, 2025; ADIGA, 2024; GIANNINI; FIGUEIRA & OLIVEIRA, 2023).

Essa exclusão não é neutra, ao contrário, reforça vieses que privilegiam saberes ocidentais e científicos "duros", marginalizando conhecimentos indígenas e locais que, paradoxalmente, oferecem as soluções mais resilientes e adaptadas à realidade. No contexto brasileiro, marcado por eventos climáticos extremos — como as enchentes no Rio Grande do Sul, em 2024, e no Espírito Santo, em 2020, e as secas prolongadas no Nordeste —, os impactos recaem de forma desproporcional sobre comunidades quilombolas, indígenas e ribeirinhas. Nessa configuração desigual de poder,

abre-se espaço para que elites econômicas promovam projetos rotulados como sustentáveis, como hidrelétricas ou monoculturas de eucalipto, sem o consentimento ou a validação das populações que vivem diariamente as consequências dessas intervenções.

Uma revisão sistemática conduzida por Parsons et al. (2025), que analisou 187 artigos acadêmicos publicados entre 2015 e 2020 sobre abordagens participativas em adaptação, mitigação e resiliência climática, expõe a predominância de formas manipuladoras de engajamento. Os autores classificam a maioria dos processos como "dominação" e/ou "exclusão", caracterizados por mecanismos de participação que operam de forma predominantemente simbólica. Nesses casos, consultas públicas funcionam como rituais procedimentais destinados a conferir legitimidade às decisões previamente definidas, sem produzir redistribuição de poder, nem questionar desigualdades estruturais associadas a legados coloniais e a paradigmas de gestão neoliberais.

Um dos efeitos mais recorrentes dessa dinâmica é o tokenismo, entendido como a inclusão limitada e simbólica de grupos historicamente marginalizados, sem que isso se traduza em influência substantiva sobre decisões, agendas ou alocação de recursos. Na prática, trata-se de envolver representantes de populações marginalizadas apenas de maneira pontual ou cerimonial, mantendo intactas as estruturas de poder que moldam os processos decisórios. Essa abordagem produz uma aparência de inclusão que não modifica os arranjos institucionais, contribuindo para a reprodução de modelos de governança ambiental que permanecem distanciados das experiências e necessidades desses grupos (PARSONS et al., 2025).

Esses mecanismos se articulam a vieses epistemológicos persistentes, que tendem a desvalorizar o conhecimento produzido por comunidades do Sul Global e a privilegiar modelos conceituais formulados no Norte. Parsons et al. (2025) demonstram que frameworks desenvolvidos em instituições europeias ou norte-americanas são frequentemente aplicados de forma acrítica em contextos locais, desconsiderando dinâmicas sociopolíticas específicas e limitações institucionais que influenciam sua efetividade.

No Brasil, por exemplo, a falta de consideração pelas territorialidades indígenas resulta em políticas de REDD+ (Redução de Emissões por Desmatamento) que violam direitos territoriais e agravam conflitos fundiários (DURMAZ & SCHROEDER, 2025; PARSONS et al., 2025; GIANNINI; FIGUEIRA & OLIVEIRA, 2023). Em fóruns internacionais, como a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), a predominância do inglês e o amplo uso de jargões técnicos e acrônimos — como NDCs (Contribuições Nacionalmente Determinadas) e CBDR-RC (Responsabilidades Comuns Porém Diferenciadas e Capacidades Respectivas) — dificultam a participação de delegados não fluentes, incluindo representantes indígenas, restringindo sua capacidade de incidência nas negociações.

O relatório *Estratégias de Comunicação Inclusiva para Vozes Marginalizadas em Políticas Climáticas* (Research Corridor, 2024) defende a acessibilidade linguística como pilar fundamental e recomenda traduções simultâneas, materiais em línguas vernáculas e simplificação de termos para democratizar o acesso, independentemente do nível educacional ou da origem cultural. Sem essas medidas, a comunicação climática reforça uma "colonialidade do saber" (Quijano, 2000), ao limitar a circulação de narrativas que poderiam problematizar pressupostos dominantes das agendas ambientais e contribuir para soluções mais contextualizadas e interseccionais.

O olhar para as comunidades como meras fontes de dados, sem alterar relações de poder, revela-se ineficaz e contraprodutivo, ao agravar desigualdades e minar a legitimidade das iniciativas climáticas. Nesse sentido, torna-se fundamental avançar na redistribuição de recursos decisórios e



no fortalecimento de mecanismos que ampliem a incidência de grupos vulneráveis, como assembleias deliberativas e processos de veto comunitário ancorados no princípio do Consentimento Livre, Prévio e Informado (FPIC).

A Conferência Sustentabilidade Brasil 2025 emerge desse contexto como uma espécie de laboratório prático que busca adaptar esses princípios ao contexto brasileiro para operacionalizar uma comunicação de fato transformadora. Ao adotar metodologias como círculos de escuta com lideranças territoriais e processos de co-design de políticas, orientados a superar práticas de tokenismo, o evento evidencia como a incorporação sistemática de vozes locais pode reduzir vieses institucionais e enfrentar barreiras comunicativas. Esses procedimentos contribuem para formatos de governança climática mais inclusivos e responsivos. Trata-se de uma abordagem metodológica concebida para enfrentar as estruturas de exclusão discutidas ao longo do texto, ainda que sua implementação envolva desafios significativos.

### 3. A Metodologia da Conferência Sustentabilidade Brasil 2025

A Conferência Sustentabilidade Brasil 2025 (CSB 2025) foi desenhada para responder às especificidades do contexto socioambiental brasileiro, marcado por contrastes territoriais expressivos, da Amazônia sob pressão contínua às regiões Sudeste e Sul afetadas por enchentes devastadoras em 2020 e 2024, respectivamente. Diante desse panorama, a conferência adotou um modelo de governança inclusiva e sistêmica, que reconhece a necessidade de vozes coletivas para gerar soluções climáticas eficazes, estruturado em quatro princípios estratégicos: territorialidade, ciência aplicada, inclusão e governança plural.

O processo de curadoria assegurou a presença ativa de representantes de diferentes biomas (Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica), regiões costeiras e periferias urbanas, e de comunidades indígenas e quilombolas — ao todo 15 representantes de comunidades tradicionais participaram da programação, sendo oito indígenas (Tupinikim, Tupinambá, Paiter Suruí, Puri, Kayapó/Mebengokré, Pataxó) e sete quilombolas. A presença dessas lideranças não se limitou ao relato testemunhal: elas atuaram como produtoras de conhecimento, orientando dilemas, tensões e soluções discutidas nos painéis temáticos.

A inclusão foi adotada como critério metodológico em todas as etapas: definição de convidados, moderação e debate. A programação garantiu a presença de 50% de mulheres e 40% de pessoas diversas no palco, considerando variáveis de raça, idade, territorialidade, deficiência e vivências específicas. Essa abordagem responde às críticas presentes na literatura sobre a participação pública em clima, que apontam a sub-representação sistemática de saberes diversos nos espaços formais de decisão. Ao incorporar diferentes regimes de conhecimento, a conferência buscou ampliar a validade contextual das soluções debatidas.

Para promover um diálogo horizontal, os 40 painéis realizados durante o evento foram conduzidos sem mediadores formais, o que estimulou interações paritárias entre cientistas, empresários, reguladores, autoridades políticas e lideranças comunitárias. Essa configuração favoreceu tensões criativas e a construção de acordos multissetoriais. Medidas de acessibilidade foram igualmente priorizadas, incluindo a presença de intérpretes de Libras, adaptações para necessidades específicas e materiais de divulgação preparados em linguagem simples.

Em uma inversão da lógica convencional de eventos climáticos, a CSB 2025 também decidiu não remunerar as participações de influenciadores ou figuras midiáticas, destinando recursos exclusi-

vamente ao apoio logístico de representantes e grupos sub-representados e garantindo o custeio de deslocamento para acadêmicos. Já representantes empresariais e autoridades políticas foram convidados a participar sem ônus para o evento. Essa estratégia reforçou critérios de equidade financeira e priorizou a amplificação de perspectivas, contribuindo para a participação qualificada de grupos que vivenciam diretamente os impactos climáticos (HIVOS; OPEN KNOWLEDGE BRASIL & JANDYRAS, 2025; GIANNINI; FIGUEIRA & OLIVEIRA, 2023).

Além dos painéis, a produção de conhecimento na CSB 2025 articulou-se por meio de outras duas frentes: a Jornada Científica e os Grupos de Trabalho (GTs). Ambas foram concebidas para ampliar a integração entre ciência aplicada, experiências territoriais, formulação de políticas e eixos estratégicos da conferência.

A Jornada Científica foi concebida como um pilar de valorização do conhecimento acadêmico articulado a práticas socioambientais. Segundo o Relatório Técnico Integrado (2025), sua finalidade foi impulsionar soluções sustentáveis, fortalecer a interlocução entre ciência, sociedade e políticas públicas, difundir estudos inovadores no campo da sustentabilidade e consolidar redes de colaboração. Realizada em parceria com o Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável da UFES, a Jornada selecionou os 20 melhores artigos submetidos, contemplando uma ampla diversidade metodológica: os trabalhos abrangeram desde tecnologias para agricultura sustentável e reaproveitamento de resíduos até iniciativas de educação ambiental vinculadas a saberes tradicionais e práticas agroecológicas. A Jornada representou um avanço significativo na aproximação entre pesquisa, prática e justiça climática, evitando lógicas extrativas amplamente criticadas na literatura (Parsons et al., 2025).

Paralelamente, foram constituídos seis Grupos de Trabalho (GTs) como instâncias de elaboração coletiva, escuta qualificada e aprofundamento temático. Com o propósito de ampliar a escuta territorial, subsidiar tecnicamente a COP 30 e fortalecer redes intersetoriais, os GTs funcionaram como espaços autônomos de formulação propositiva aos desafios propostos pela conferência. Como resultado, foram produzidos sete artigos com propostas concretas e intersetoriais, sintetizados no Relatório Técnico Integrado (2025). Os temas abordados incluíram justiça climática e racial, bioeconomia, soluções baseadas na natureza, governança hídrica, transição energética e cidades resilientes. Um pilar central das discussões nos grupos de trabalho foi a convicção de que não há justiça climática sem justiça social e racial, reconhecendo o protagonismo dos saberes diversos na construção de soluções.

A implementação dessa metodologia revelou desafios concretos associados à disputa por autoridade epistêmica e espaço decisório, revelando tensões típicas de processos de democratização da governança climática. Do lado comunitário, registrou-se uma desconfiança inicial relacionada a experiências prévias de participação meramente simbólica, nas quais a consulta não resultava em redistribuição de poder, fenômeno amplamente discutido na literatura sob o conceito de tokenismo. Tal histórico demandou esforços adicionais de construção de confiança e garantia de condições equitativas de participação.

Do lado corporativo, observou-se resistência à abertura de espaços deliberativos que pudessem expor fragilidades de práticas de sustentabilidade ou conflitos socioambientais. Essa resistência se materializou em negativas de participação, desistências de mesas que incluíam lideranças indígenas, quilombolas ou especialistas críticos a setores específicos e, em alguns casos, na redução ou retirada de patrocínios previamente acordados. Tais movimentos refletem dinâmicas já documentadas nos estudos sobre governança ambiental, nos quais atores econômicos tendem a preservar controle discursivo e reputacional sobre agendas climáticas (DURMAZ & SCHROEDER, 2025;

PARSONS et al., 2025; GIANNINI; FIGUEIRA & OLIVEIRA, 2023).

Apesar dessas barreiras, o compromisso com uma curadoria diversa e colaborativa permitiu que a CSB 2025 alcançasse metas previamente estipuladas de representatividade. Os resultados reforçam que incorporar de forma qualificada perspectivas sociais, técnicas e territoriais é uma condição estruturante, e não um complemento, para modelos de governança capazes de enfrentar exclusões históricas e gerar respostas legítimas e efetivas à crise climática.

### 4. Saberes Tradicionais na Linha de Frente

A Conferência Nacional Sustentabilidade Brasil 2025 (CSB 2025) demonstrou que a comunicação climática, quando entendida como processo estruturado de escuta, análise e integração de conhecimentos, constitui um elemento central para a formulação de políticas mais robustas e equitativas.

Em oposição às narrativas tradicionalmente produzidas em espaços distantes dos territórios afetados, sejam eles acadêmicos, corporativos ou governamentais, a conferência reconheceu que respostas efetivas à crise climática exigem a participação ativa das comunidades que a vivenciam, em períodos de secas prolongadas, enchentes recorrentes, contaminações de rios e/ou pressões territoriais de projetos de infraestrutura e energia.

Ao longo dos debates, emergiu a compreensão de que comunidades tradicionais, indígenas e quilombolas e ribeirinhas, detêm conhecimentos práticos acumulados ao longo de gerações, baseados em tecnologias ancestrais, que constituem respostas concretas à degradação ambiental, contribuindo para a restauração de ecossistemas e para a gestão territorial sustentável. Para esses grupos, sustentabilidade não se expressa em métricas abstratas, mas na “habilidade de se sustentar, de sobreviver e de fazer vida”, perspectiva que exige a revisão crítica de modelos científicos convencionais e a descolonização das estruturas de conhecimento.

A CSB 2025 também reforçou que justiça climática depende da centralidade das lideranças territoriais, especialmente de mulheres negras e indígenas, cujas experiências orientam diagnósticos mais precisos sobre desigualdades e vulnerabilidades. A consulta livre, prévia e informada, prevista na Convenção 169 da OIT, foi reafirmada como direito fundamental e condição para prevenir decisões unilaterais que impactem territórios tradicionais.

A relação entre saúde, território e identidade foi outro eixo destacado. Para povos tradicionais, saúde representa o “mundo da vida”, articulando corpo, ambiente, espiritualidade e cultura. Exemplos como o desastre do Rio Doce, em 2015, demonstram a persistência de danos socioambientais que ampliam doenças crônicas, afetam gerações e fragilizam processos reprodutivos e identitários. A arte e a cultura, nesses contextos, surgem como instrumentos de denúncia, resistência e reconstrução comunitária.

As discussões também expuseram os impactos de modelos de desenvolvimento baseados em monoculturas, como o eucalipto, e em empreendimentos instalados sem consulta adequada. Relatos de diminuição populacional, conflitos fundiários, precarização laboral e migração forçada evidenciam como tais modelos produzem efeitos devastadores e configuram “falsa sustentabilidade”. Esses casos funcionam como alerta para políticas públicas e práticas empresariais que ignoram territorialidades e dinâmicas socioculturais.

O Manifesto Puri, apresentado na conferência, defendeu o reconhecimento da Natureza como sujei-



to de direitos e criticou o antropocentrismo que orienta parte significativa das políticas ambientais. Segundo essa perspectiva, a regeneração ecológica depende da mudança de comportamentos predatórios e da adoção de modelos que reconheçam a interdependência entre todas as formas de vida.

Outras contribuições enfatizaram caminhos transformadores como a economia circular e a ressignificação do consumo. Práticas que reutilizam resíduos eletrônicos, vidro de praia ou materiais descartados foram apresentadas como exemplos de inovação que integram sustentabilidade ambiental, inclusão social e criatividade econômica, desafiando lógicas de fast fashion e padrões de consumo que degradam ecossistemas.

Por fim, a conferência reforçou a necessidade de fortalecer um diálogo intercultural robusto, que não se limite à integração simbólica, mas que reconheça a pluralidade epistêmica e permita a construção conjunta de políticas públicas. Essa perspectiva orienta a defesa de um país que valorize identidades afro-indígenas, respeite a autonomia dos territórios e opere com base na pluralidade de saberes. A união entre diferentes grupos sociais foi apontada como condição necessária para reverter processos históricos de exclusão e construir governança climática mais justa.

Ao transformar esse conhecimento em insumo estratégico, a CSB 2025 demonstrou que a escuta ativa das comunidades vulnerabilizadas opera como poderoso mecanismo de accountability e de aprimoramento das políticas climáticas. Ao questionar decisões unilaterais, como as discussões sobre exploração petrolífera na Foz do Amazonas, denunciar políticas ineficazes e tensionar ações empresariais inconsistentes, esses grupos introduzem um parâmetro de realidade que fortalece a legitimidade das soluções propostas. Assim, a conferência evidencia que uma governança climática sólida depende da redistribuição do poder de fala, da integração estruturada de conhecimentos territoriais e do reconhecimento de que as respostas necessárias à crise emergem, em grande medida, daqueles que a vivenciam em sua materialidade cotidiana.

## 5. Conclusão

A Conferência Nacional Sustentabilidade Brasil 2025 (CSB 2025) evidencia que processos de comunicação orientados à justiça climática somente se materializam quando assumem a escuta qualificada como eixo metodológico e político. Ao romper com modelos convencionais que relegam comunidades vulnerabilizadas a papéis periféricos, a conferência demonstrou que a integração de conhecimentos territoriais, indígenas, quilombolas, ribeirinhos e outros grupos sub-representados, fortalece a legitimidade das decisões e produz respostas mais alinhadas às dinâmicas reais dos territórios.

O estudo mostra que a exclusão desses grupos nos processos decisórios não é um acidente institucional, mas um produto de estruturas históricas de poder que se reproduzem por vieses epistemológicos, práticas de tokenismo, linguagem técnica inacessível e mecanismos participativos simbólicos. A CSB 2025 enfrentou essas barreiras ao adotar metodologias focadas em redistribuir o poder discursivo e ampliar o acesso a discussões socioambientais e políticas, seja nos painéis horizontais, na Jornada Científica ou nos Grupos de Trabalho. A experiência revelou que essas metodologias são viáveis, mas demandam enfrentamento direto às resistências corporativas, tensões políticas e desconfianças comunitárias resultantes de processos passados de participação simbólica.

A conferência mostrou, ainda, que os saberes tradicionais oferecem tecnologias sociais e ambientais altamente eficazes para a adaptação e mitigação climática, contrapondo-se a modelos ocidentais que frequentemente desconsideram a complexidade das realidades locais. Esses saberes não

apenas complementam, mas expandem a capacidade analítica e prática das políticas climáticas ao introduzir perspectivas que integram saúde, território, espiritualidade, identidade, governança e sustentabilidade como dimensões indissociáveis. Tais contribuições revelam que a resposta climática exige, necessariamente, a descolonização das epistemologias e a revisão crítica de padrões hegemônicos de tomada de decisão.

Os resultados apontam que iniciativas como a CSB 2025 podem alterar, ainda que gradualmente, os arranjos de governança ao demonstrar que processos horizontais produzem soluções mais robustas, reduzem o espaço para greenwashing e aprimoram mecanismos de accountability. A presença ativa das comunidades funcionou como um parâmetro de realidade capaz de tensionar discursos institucionais, denunciar contradições em práticas empresariais e exigir compromissos verificáveis. Nesse sentido, a conferência reafirma que a inclusão é uma necessidade estratégica para a construção de políticas efetivas.

Por fim, a experiência analisada indica que a consolidação de uma governança climática justa passa pela institucionalização de espaços que garantam voz, poder e reconhecimento às populações que vivenciam os efeitos da crise em sua materialidade cotidiana. O futuro das políticas climáticas dependerá da capacidade de expandir esses modelos para além de eventos pontuais, incorporando-os de forma permanente às estruturas de decisão.

## Referências Bibliográficas

ADIGA, Aravind. **Inclusive Communication Strategies to Elevate Marginalized Voices in Climate Policy**. Egito: Nile Policy Initiative, 2024.

ARTAXO, Paulo. **COP-30 e o agravamento da crise climática – caminhos para a construção de uma sociedade sustentável**. Estudos Avançados, São Paulo, v. 39, n. 114, e39114019, 2025.

DURMAZ, Zeynep; SCHROEDER, Heike. **Indigenous Contestations of Carbon Markets, Carbon Colonialism, and Power Dynamics in International Climate Negotiations**. Climate, v. 13, n. 158, jul. 2025. DOI: 10.3390/cli13080158.

GIANNINI, Luisa; FIGUEIRA, Rickson Rios; OLIVEIRA, Reinaldo da Silva. **Saberes indígenas e mudanças climáticas: a incorporação dos conhecimentos tradicionais como pressuposto para a justiça climática**. Textos & Debates, Boa Vista, v. 29, n. 02, p. e7879, jul./dez. 2023. DOI: 10.18227/2317-1448ted.v29i02.7879.

HIVOS; OPEN KNOWLEDGE BRASIL; REDE JANDYRAS. **Justiça Climática e Vozes Excluídas no Brasil**. [S.l.], 2025. (Texto técnico sobre a Conferência Nacional Sustentabilidade Brasil 2025 e impactos nos grupos vulneráveis).

PADGHAM, Jon et al. **Building Shared Understanding and Capacity for Action: Insights on Climate Risk Communication from India, Ghana, Malawi, and Mongolia**. International Journal of Communication, v. 7, p. 970–983, 2013.

PARSONS, Meg et al. **Participatory approaches to climate adaptation, resilience, and mitigation: A systematic review**. Ambio, v. 54, p. 2005–2020, jun. 2025. DOI: 10.1007/s13280-025-02202-z.

TSOSIE, Rebecca. **Os povos indígenas e justiça ambiental: o impacto da mudança climática**. [S.l.], 2022. (Artigo submetido em dez. 2021 e aceito em jan. 2022).

# Governança, Políticas Públicas e Justiça Ambiental

Focado em marcos regulatórios, economia de baixo carbono e responsabilidade institucional. Este capítulo aborda as macroestruturas, desde a regulação financeira e orçamentária até a reparação de danos ambientais históricos.

## CAPÍTULO 1



# Governança Climática: a relação entre marcos regulatórios e a elaboração do Orçamento Climático

Juliani Nunes Campos Johanson<sup>1</sup>  
Álvaro Rogério Duboc Fajardo<sup>2</sup>

## Resumo

A governança climática tem se tornado uma área fundamental para a redução de impactos e adaptação às alterações climáticas, promovendo a interação entre governos, organizações internacionais, iniciativa privada e sociedade civil na concepção e aplicação de diretrizes ambientais. Essa afirmação é corroborada por Ostrom (2010), que destaca a importância da governança colaborativa no enfrentamento de desafios ambientais globais, e Held & Roger (2018), que abordam a necessidade de coordenação multidisciplinar para a eficácia das políticas climáticas. Além disso, acordos internacionais como o Acordo de Paris (2015) e a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (1992), e legislações nacionais, como a Política Nacional sobre Mudança do Clima no Brasil (Lei nº 12.187/2009) são fundamentais para conduzir a construção da Política Estadual de Mudanças Climáticas. Nesse contexto, dada a relevância da temática para a administração pública, este artigo objetiva analisar os instrumentos normativos que compõem a governança no estado do Espírito Santo, discriminando o conjunto de normas, políticas e práticas que regulam as ações do governo local, setor privado e sociedade civil para mitigar e se adaptar às mudanças climáticas e como este processo é importante para elaboração do Orçamento Climático. O estudo utilizará pesquisa bibliográfica e documental com base na política estadual sobre mudanças climáticas e legislações referentes ao tema. Pretende-se com os resultados apresentar a evolução dos marcos regulatórios do referido estado e relacionar com elaboração do Orçamento Climático e lançar luz à troca de experiências e boas práticas para maior engajamento sinérgico entre os entes da federação. E ainda concluir que a harmonização dos instrumentos normativos e o fortalecimento dos mecanismos de fiscalização e incentivos econômicos são fundamentais para tornar a governança climática eficaz e o orçamento climático executável.

**Palavras-chave:** Governança Climática. Normas. Mudanças Climáticas. Orçamento Climático.

## Abstract

Climate governance has become a key area for reducing impacts and adapting to climate change, fostering interaction among governments, international organizations, the private sector, and civil society in the formulation and implementation of environmental guidelines. This article aims to analyze the normative instruments that shape climate governance in the state of Espírito Santo, identifying the set of laws, policies, and practices that guide local government actions, private sector initiatives, and civil society engagement in mitigation and adaptation efforts. Grounded in bibliographic and documentary research, the study examines the evolution of regulatory frameworks in the state and their relevance to the development of a Climate Budget. The findings seek to highlight best practices and promote knowledge exchange to enhance synergy among different levels of government. It concludes that harmonizing regulatory instruments and strengthening oversight mechanisms and economic incentives are crucial for ensuring effective climate governance and enabling the execution of the Climate Budget.

**Keywords:** Climate Governance. Regulatory Framework. Climate Change. Climate Budget.

<sup>1</sup>Subsecretária de Orçamento – Secretaria de Economia e Planejamento.

[juliani.campos@sep.es.gov.br](mailto:juliani.campos@sep.es.gov.br)

<sup>2</sup>Secretário de Economia e Planejamento – Secretaria de Economia e Planejamento

[alvaro.duboc@sep.es.gov.br](mailto:alvaro.duboc@sep.es.gov.br)





## Introdução

Nas últimas décadas, as mudanças climáticas deixaram de ser apenas uma preocupação científica para se tornarem uma prioridade política e administrativa em escala global. A intensificação de eventos extremos, como secas prolongadas, inundações e elevação do nível do mar, tem exigido uma resposta coordenada entre diferentes esferas de governo, setores produtivos e sociedade civil. Nesse cenário, a governança climática emerge como um campo essencial para a formulação de estratégias eficazes de mitigação e adaptação, integrando múltiplos atores, instrumentos normativos e políticas públicas.

A literatura destaca a importância de uma abordagem colaborativa e policêntrica para lidar com os desafios ambientais contemporâneos. Ostrom (2010) defende a governança policêntrica como um modelo eficaz para enfrentar problemas coletivos como a mudança do clima, ao passo que Held e Roger (2018) enfatizam a necessidade de coordenação multidisciplinar e multissetorial para garantir a efetividade das políticas climáticas. Paralelamente, instrumentos internacionais como a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (1992) e o Acordo de Paris (2015) têm estabelecido diretrizes fundamentais para orientar a ação dos Estados-nação e subnacionais. No Brasil, a Política Nacional sobre Mudança do Clima (Lei nº 12.187/2009) constitui o principal marco legal voltado à integração da agenda climática nas esferas federativa, estadual e municipal.

A governança climática pode ser compreendida como o conjunto de arranjos institucionais, normativos e decisórios que orientam a interação entre atores estatais e não estatais na formulação, implementação e monitoramento de políticas destinadas à mitigação das emissões de gases de efeito estufa e à adaptação aos efeitos adversos das mudanças climáticas. Tal modelo de governança distingue-se por sua configuração multinível, multissetorial e policêntrica, o que implica a necessidade de articulação entre diferentes esferas governamentais, segmentos econômicos e setores da sociedade civil (OSTROM, 2010).

No contexto do Estado do Espírito Santo, essa abordagem tem ganhado relevância na medida em que o ente federativo busca consolidar um arcabouço normativo e institucional capaz de integrar a agenda climática ao planejamento estatal. A construção da Política Estadual de Mudanças Climáticas e seus desdobramentos em planos, programas e mecanismos de controle e participação social demonstram um esforço deliberado em alinhar-se aos compromissos internacionais e nacionais sobre o clima. Nesse processo, destaca-se a importância de desenvolver instrumentos como o Orçamento Climático, que visa dar transparência e efetividade à alocação de recursos públicos voltados à transição ecológica, fortalecendo, assim, a governança climática em âmbito estadual.

## Objetivos

Diante da relevância do tema para a administração pública subnacional, o presente artigo propôs-se a analisar os instrumentos normativos que estruturam a governança climática no Estado do Espírito Santo, com foco na identificação de normas, políticas públicas e práticas institucionais que regulam a atuação integrada do poder público, da iniciativa privada e da sociedade civil. A análise considera o papel desses instrumentos na promoção de uma agenda climática efetiva e financeiramente viável, destacando sua contribuição para a construção do Orçamento Climático estadual.

Nesse sentido, o estudo parte do entendimento de que o Orçamento Climático configura-se como uma ferramenta essencial para a materialização dos compromissos ambientais assumidos pelo

Estado, ao permitir a transversalização das ações de mitigação e adaptação no ciclo orçamentário. Assim, além de identificar os elementos normativos da governança climática capixaba, buscou-se compreender como esse arcabouço institucional tem influenciado a consolidação de mecanismos de planejamento, monitoramento e priorização de recursos públicos voltados à transição ecológica.

Com base nesse escopo, o objetivo geral da pesquisa consiste em analisar os instrumentos normativos que compõem a governança climática no Espírito Santo, com ênfase na sua relação com a construção e a efetivação do Orçamento Climático estadual. Para tanto, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Identificar e caracterizar as normas, políticas públicas e práticas institucionais que regulam a atuação do governo estadual, do setor privado e da sociedade civil no enfrentamento das mudanças climáticas no Espírito Santo;
- Examinar a evolução do marco legal e institucional capixaba voltado à política de mudanças climáticas, à luz dos compromissos assumidos em acordos internacionais e da Política Nacional sobre Mudança do Clima;
- Investigar de que forma os instrumentos normativos existentes no Espírito Santo contribuíram para a estruturação do Orçamento Climático como ferramenta de planejamento, transparência e priorização orçamentária;
- Avaliar os principais desafios e oportunidades para a harmonização entre os instrumentos legais e o fortalecimento dos mecanismos de monitoramento na governança climática estadual;
- Apontar boas práticas e estratégias que favoreçam a cooperação entre os entes federativos e o aprimoramento da governança climática subnacional, tomando como referência a experiência do Espírito Santo.

## Metodologia

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa, de natureza exploratória e descritiva, com o objetivo de analisar os instrumentos normativos que estruturam a governança climática no Estado do Espírito Santo e sua relação com a elaboração do Orçamento Climático estadual.

Para a construção do referencial teórico, foi realizada uma pesquisa bibliográfica, com base em obras acadêmicas, artigos científicos, relatórios técnicos e publicações especializadas sobre governança climática, políticas públicas ambientais e orçamento climático. Autores como Ostrom (2010) e Held & Roger (2018) foram utilizados como fundamentos teóricos centrais para compreender as dimensões colaborativas e policêntricas da governança ambiental.

Em complemento, empregou-se ainda pesquisa documental, centrada na análise de atos normativos e institucionais pertinentes ao Estado do Espírito Santo. Entre outras fontes, foram analisadas:

- A Política Estadual de Mudanças Climáticas (instituída pela Lei Estadual nº 9.531/2010 e regulamentações correlatas);
- Planos estaduais de enfrentamento à mudança do clima (como o Plano Estadual de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas);

- Documentos oficiais relacionados à elaboração e estruturação do Orçamento Climático;
- Relatórios técnicos, instrumentos de planejamento (PPA, LDO, LOA) e publicações governamentais disponíveis em fontes oficiais.

A análise dos dados foi realizada por meio de análise de conteúdo, buscando identificar padrões normativos, diretrizes institucionais, lacunas e boas práticas relacionadas à governança climática estadual. A investigação também procurou compreender como tais instrumentos dialogam com os compromissos assumidos pelo Brasil em acordos internacionais, como a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (1992) e o Acordo de Paris (2015), bem como com a Política Nacional sobre Mudança do Clima (Lei nº 12.187/2009).

A partir dessa abordagem metodológica, buscou-se apresentar a trajetória normativa do Espírito Santo no campo da governança climática, discutir suas potencialidades e desafios, e apontar caminhos para o fortalecimento institucional e orçamentário da agenda climática no contexto subnacional.

## Resultados e Discussão

### Aspectos Conceituais da Governança Climática Global

A governança climática global consolidou-se como um referencial teórico voltado ao enquadramento dos arranjos político-institucionais que se intensificaram a partir dos anos 2000, abrangendo tanto as estruturas promovidas por organizações internacionais com ênfase nos Estados nacionais, quanto aquelas baseadas em interações transnacionais e locais, envolvendo múltiplos atores (PATTBERG et al., 2022).

Segundo Bulkeley e Newell (2010), a governança climática caracteriza-se pela complexidade das interações entre atores estatais e não estatais, refletindo três princípios fundamentais: (i) a atuação em múltiplos níveis de decisão política, (ii) a fragmentação das funções e responsabilidades, com sobreposição e indefinição entre os papéis dos agentes governamentais e da sociedade civil, e (iii) a relevância dos processos estruturais que contribuem para as emissões de gases de efeito estufa (GEE).

Nesse contexto, as relações que se estabelecem na arena da governança climática contribuem para a formulação e a manutenção de acordos e práticas que extrapolam a esfera estatal, sustentando um regime internacional cada vez mais marcado por negociações multilaterais. Tais negociações são essenciais para ampliar a visibilidade política da agenda climática e promover decisões voltadas à mitigação das emissões de GEE, fortalecendo, assim, a legitimidade e a eficácia do regime global de enfrentamento às mudanças climáticas.

Diante desse contexto, percebe-se que a crescente demanda por uma atuação multinível evidencia a centralidade do conceito de responsabilidade coletiva, segundo o qual o enfrentamento das mudanças climáticas exige o engajamento coordenado de múltiplos atores. Essa perspectiva rompe com a noção de que apenas determinados países ou regiões devem assumir compromissos isolados, reforçando a necessidade de solidariedade e colaboração entre os Estados na busca por soluções sustentáveis e compartilhadas para a crise climática (SOUZA; CORAZZA, 2017; MAZZUCATO, 2021).

Além disso, destaca-se a importância da articulação com atores não estatais, como setor privado,



academia e sociedade civil, especialmente no que se refere ao fomento à inovação tecnológica, elemento essencial para o avanço e a efetividade das ações de mitigação.

A teoria policêntrica, conforme elaborada por Ostrom (2010), propõe uma abordagem baseada na pluralidade de centros de decisão compostos por atores governamentais atuando em diferentes escalas. A principal característica desse modelo é a autonomia relativa de cada unidade, que possui capacidade para estabelecer suas próprias normas e regras dentro de sua esfera de atuação. Essa estrutura confere ao sistema policêntrico uma vantagem significativa: a possibilidade de compartilhar aprendizados e práticas bem-sucedidas, fundamentadas no conhecimento local (OSTROM, 2010).

Segundo a autora, o bem comum, representado pelo planeta, pelos recursos naturais compartilhados e pela qualidade do clima, deve ser preservado de forma colaborativa, em benefício de toda a coletividade. Essa perspectiva reforça a noção de que nenhuma região ou grupo específico pode ser responsabilizado isoladamente pelos desafios globais, sendo essencial a cooperação entre todos os atores envolvidos.

Além disso, Ostrom (2010) ressalta que os problemas globais, como as mudanças climáticas, são difíceis de resolver sem o comprometimento efetivo das partes envolvidas. A ausência de esforços concretos para a implementação de acordos internacionais pode resultar em uma crise ambiental de caráter irreversível, comprometendo o equilíbrio e o bem-estar das gerações futuras.

#### Arcabouço normativo

A evolução dos conceitos associados à governança climática global tem influenciado significativamente a formulação de políticas ambientais em diferentes níveis federativos. A lógica de atuação multinível e policêntrica, conforme discutida por Ostrom (2010), Bulkeley e Newell (2010) e Pattberg et al. (2022), reconhece que a complexidade das mudanças climáticas exige a articulação de diversos atores e esferas de governo, em processos decisórios marcados pela responsabilidade compartilhada, autonomia local e cooperação internacional.

Nesse sentido, o Estado do Espírito Santo tem se alinhado às diretrizes da governança climática contemporânea ao estruturar uma política ambiental voltada tanto para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa (GEE) quanto para o fortalecimento da resiliência territorial

O Estado do Espírito Santo instituiu sua Política Estadual de Mudanças Climáticas (PEMC) por meio da Lei nº 9.531, de 15 de setembro de 2010. Essa legislação estabelece os princípios, objetivos e instrumentos para a mitigação e adaptação às mudanças climáticas no território capixaba, alinhando-se aos compromissos internacionais assumidos pelo Brasil, como a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima e o Acordo de Paris.

A PEMC define diretrizes para a integração das políticas públicas setoriais, promovendo a participação da sociedade civil, do setor privado e dos diferentes níveis de governo na formulação e implementação de ações climáticas. Entre os instrumentos previstos, destacam-se o inventário estadual de emissões de gases de efeito estufa, os planos setoriais de mitigação e adaptação, e mecanismos econômicos e financeiros para fomentar a transição para uma economia de baixo carbono.

Em consonância com a PEMC, o Estado do Espírito Santo aderiu às campanhas globais "Race to Zero" e "Race to Resilience" por meio do Decreto nº 4.938-R, de 2021. Com essa adesão, o Estado assumiu o compromisso de implementar ações voltadas à neutralização das emissões de Gases

de Efeito Estufa (GEE) até 2050, bem como à promoção da resiliência climática. Para o alcance dessas metas, tornou-se necessário o desenvolvimento de estratégias e medidas efetivas, que envolvam a realização de pesquisas abrangentes sobre alternativas tecnológicas de mitigação e a formulação de políticas públicas capazes de induzir transformações estruturais nos setores de energia, transporte, processos industriais, entre outros segmentos relevantes. Percebe-se assim o compromisso estadual com a neutralidade de carbono e a resiliência climática, promovendo a integração de metas ambiciosas de redução de emissões e adaptação às mudanças climáticas nas políticas públicas locais.

Além disso, o Decreto nº 5.387-R, de 2023, instituiu o Programa Capixaba de Mudanças Climáticas, que visa coordenar as ações governamentais relacionadas ao enfrentamento das mudanças climáticas, promovendo a articulação entre os diversos órgãos e entidades da administração pública estadual. O programa tem o propósito de coordenar e integrar de maneira eficaz políticas públicas voltadas para a mitigação e adaptação às mudanças climáticas. Ele é estruturado com uma Coordenação Geral, liderada pelo Governador, e uma Coordenação Executiva, sob responsabilidade do Secretário de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEAMA). Além disso, conta com quatro Comitês Estratégicos formados por Secretarias, Autarquias e Empresas Públicas, que atuam nas áreas essenciais para a implementação das ações estaduais de mitigação e adaptação. A missão desses comitês é propor, monitorar e integrar de forma eficiente as políticas públicas voltadas à mitigação e adaptação no Estado.

A política ambiental capixaba também evidencia aspectos da governança policêntrica ao instituir instrumentos específicos para planejamento e acompanhamento no âmbito do Programa Capixaba de Mudanças Climáticas, destacando-se dois eixos principais: mitigação e adaptação. No primeiro, a iniciativa central é o Plano Estadual de Descarbonização, instituído em 2024, com foco na redução progressiva das emissões de gases de efeito estufa. No eixo da adaptação, sobressai o Plano Estadual de Adaptação às Mudanças Climáticas, orientado ao fortalecimento da resiliência dos territórios e populações diante dos efeitos adversos das mudanças climáticas. Com o objetivo de assegurar o monitoramento e a implementação eficaz desses instrumentos, foi criada a Comissão de Acompanhamento, por meio do Decreto nº 5.656-R, de 22 de março de 2024. Trata-se de uma instância de caráter institucional e estratégico, com atribuições voltadas à coordenação interinstitucional e ao acompanhamento das metas de descarbonização, não possuindo competências relacionadas à execução orçamentária ou à gestão direta de recursos públicos.

A consolidação desses instrumentos evidencia o esforço institucional do Espírito Santo em alinhar-se aos compromissos globais e em estruturar uma governança climática proativa, articulando diretrizes normativas, planejamento estratégico e mecanismos de monitoramento. Ao dialogar com os princípios teóricos da governança climática, o Espírito Santo demonstra avanços na construção de um modelo institucional que integra compromissos globais e estratégias locais, promovendo uma governança ambiental que alia planejamento de longo prazo, participação multissetorial e instrumentos de monitoramento, em consonância com os pilares da sustentabilidade e da justiça climática.

Nesse sentido, o Orçamento Climático configura-se como instrumento central para viabilizar a integração entre planejamento estratégico e ação governamental, ao possibilitar a identificação, a etiquetagem e o monitoramento das despesas públicas associadas às ações de mitigação e adaptação às mudanças climáticas. A próxima seção dedica-se a aprofundar a análise desse instrumento, destacando seus fundamentos, características e relevância no contexto da governança climática capixaba.

#### Orçamento Climático

No âmbito da administração pública estadual, o processo de planejamento orçamentário segue diretrizes semelhantes às do nível federal e é composto por etapas fundamentais para a definição e execução das políticas públicas. Destacam-se: i) a aprovação da Lei do Plano Plurianual (PPA), que estabelece as diretrizes, objetivos e metas da administração estadual para um período de quatro anos, estruturando os programas governamentais; ii) a aprovação da Lei de Diretrizes Orçamentárias (LDO), que orienta a elaboração da Lei Orçamentária Anual e define as metas fiscais e prioridades da gestão para o exercício subsequente; e iii) a aprovação da Lei Orçamentária Anual (LOA), que detalha os gastos públicos previstos – tanto os gastos diretos quanto os gastos tributários – especificando os valores autorizados, áreas responsáveis e respectivas finalidades. A LOA configura-se como o instrumento central do orçamento, por meio do qual se estimam as receitas e se fixam as despesas estaduais para o exercício financeiro (BRASIL, 2019).

Além dos instrumentos formais de planejamento, os governos estaduais também podem recorrer a mecanismos de financiamento extraorçamentário, como as renúncias de receita (isenções e incentivos fiscais estabelecidos por legislação específica) e os subsídios creditícios, voltados ao apoio a setores estratégicos. Conforme destaca o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), a gestão, governança e reporte dessas despesas extraorçamentárias apresentam características próprias, distintas daquelas aplicadas à execução dos instrumentos do ciclo orçamentário, o que demanda atenção específica quanto à transparência e ao controle social desses fluxos (BRASIL, 2019).

Diante dos crescentes desafios impostos pelas mudanças climáticas, torna-se cada vez mais necessário que os entes subnacionais, como os estados, avancem na adoção de mecanismos que assegurem a integração da agenda climática às finanças públicas. Nesse cenário, destaca-se o orçamento climático, um instrumento técnico e político que visa incorporar a variável ambiental de forma transversal e sistemática ao ciclo orçamentário, possibilitando a identificação, etiquetagem, monitoramento e avaliação dos fluxos financeiros públicos voltados à mitigação dos gases de efeito estufa e à adaptação aos impactos climáticos.

O orçamento climático não constitui um novo orçamento, mas sim uma dimensão analítica integrada ao orçamento público, principal instrumento de planejamento e gestão das finanças estatais. Conforme observa Giacomoni (2022), o orçamento público expressa, em termos financeiros, o plano de governo, sendo regido por princípios como legalidade, equilíbrio, universalidade, transparência e planejamento. Ele se materializa nos três instrumentos centrais de planejamento: o Plano Plurianual (PPA), que define as diretrizes estratégicas e metas de médio prazo; a Lei de Diretrizes Orçamentárias (LDO), que estabelece as prioridades fiscais e orienta a elaboração do orçamento anual; e a Lei Orçamentária Anual (LOA), que fixa as receitas e despesas para cada exercício financeiro.

É nesse contexto que o orçamento climático se insere como abordagem complementar, promovendo a coerência entre as políticas setoriais e a política climática, sem romper com a lógica do ciclo orçamentário tradicional, mas agregando-lhe uma dimensão temática estratégica voltada à sustentabilidade. Sua operacionalização no nível estadual exige a articulação entre as áreas de planejamento, orçamento, meio ambiente e setores estratégicos da administração pública.

No PPA estadual, a elaboração do orçamento climático demanda a inclusão de programas, objetivos e indicadores vinculados à política climática, garantindo sua priorização ao longo do ciclo plurianual. Na LDO, é essencial prever diretrizes e metas fiscais alinhadas aos compromissos ambientais, além de mecanismos de monitoramento das despesas climáticas. Já na LOA, deve-se proceder à etiquetagem das ações orçamentárias com impacto climático, permitindo o rastreamento das alocações



destinadas à mitigação e à adaptação. Ainda, é recomendável que instrumentos extraorçamentários, como renúncias de receita e subsídios creditícios, também passem a ser monitorados sob a ótica climática, ampliando a transparência e a efetividade da gestão pública ambiental.

Portanto, o orçamento climático representa uma evolução na forma de conceber o orçamento público, tornando-o mais sensível à crise climática e fortalecendo a governança ambiental e fiscal nos estados brasileiros.

Segundo Banco Mundial (2014), o orçamento climático se materializa principalmente por meio do climate budget tagging (CBT), uma metodologia que consiste na etiquetagem das despesas públicas com base em sua relevância climática, seja direta ou indireta. Essa técnica possibilita que governos alinhem suas finanças públicas às metas ambientais assumidas em acordos internacionais, como o Acordo de Paris.

Já de acordo com o United Nations Development Programme (UNDP, 2015), o orçamento climático é um mecanismo estratégico de integração da política climática nos instrumentos de planejamento e orçamento governamentais, promovendo maior sinergia entre a ação climática e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente os de número 13 (ação contra a mudança global do clima) e 11 (cidades e comunidades sustentáveis).

Para Liu et al. (2022), o orçamento climático representa uma ferramenta de governança fiscal verde, essencial para operacionalizar a transição ecológica por meio da priorização de investimentos que reduzam emissões, aumentem a resiliência e promovam justiça climática. Representa ainda um desdobramento prático da governança climática ao buscar rastrear, etiquetar e monitorar as despesas públicas associadas à mitigação e adaptação às mudanças climáticas, promovendo maior transparência, responsabilidade fiscal e alinhamento com compromissos internacionais, como o Acordo de Paris (2015) (NASSER; GONDIM, 2021; UNFCCC, 2015).

No caso do Espírito Santo, a institucionalização de planos como o Plano Estadual de Descarbonização e o Plano Estadual de Adaptação às Mudanças Climáticas cria condições favoráveis para o desenvolvimento de um marco orçamentário climático, que permita não apenas quantificar o esforço público em ações climáticas, mas também aprimorar a eficiência na alocação dos recursos e o monitoramento de resultados.

Essa articulação entre planejamento, orçamento e ação climática também encontra respaldo teórico na abordagem de Mazzucato (2021), ao defender que Estados devem assumir papel proativo no direcionamento estratégico de investimentos públicos, especialmente em áreas de transformação socioambiental. Assim, o Orçamento Climático emerge como instrumento essencial à operacionalização da governança climática em nível subnacional, promovendo a integração entre ambição climática e capacidade fiscal. Trata-se de uma inovação que aproxima os marcos regulatórios do Espírito Santo das práticas recomendadas por organismos internacionais e experiências consolidadas em outros entes federativos, contribuindo para o aprimoramento da governança ambiental e da gestão pública orientada por evidências.

A compreensão de sua efetividade exige a análise não apenas de seus fundamentos conceituais e normativos, mas também dos elementos técnicos e operacionais que têm orientado sua implementação no âmbito do planejamento orçamentário estadual, os quais foram detalhados na seção seguinte.

#### Elementos técnicos relacionados à implementação do orçamento climático

A implementação do Orçamento Climático no Espírito Santo decorre de um processo institucional estruturado, ancorado no arcabouço normativo estadual e viabilizado por um ambiente fiscal sólido. Diferentemente de iniciativas pontuais ou experimentais, o modelo capixaba foi concebido

como um instrumento transversal de gestão, integrado ao ciclo orçamentário e articulado à Política Estadual e ao Programa Capixaba de Mudanças Climáticas, bem como aos Planos Estaduais de Adaptação e de Descarbonização e ao planejamento estratégico governamental.

Sob a perspectiva técnico-operacional, a implementação do Orçamento Climático ocorreu de forma gradual e incremental, combinando padronização metodológica, coordenação interinstitucional e apoio técnico às Unidades Orçamentárias (UOs). O processo foi estruturado a partir de etapas sequenciais, que permitiram incorporar a variável climática ao orçamento público de maneira sistemática, rastreável e institucionalizada.

A etapa inicial consistiu no mapeamento, conduzido pela Subsecretaria de Orçamento (Subeo), das ações, funções e subfunções orçamentárias relacionadas à mitigação e à adaptação às mudanças climáticas. Esse levantamento permitiu identificar, no orçamento estadual, políticas e iniciativas já existentes com impacto climático relevante, respeitando a estrutura orçamentária vigente.

Na etapa subsequente, a Subeo elaborou um relatório consolidado de execução orçamentária, com o objetivo de verificar os valores executados de acordo com a categorização climática previamente definida. Esse diagnóstico subsidiou o aprimoramento da metodologia e a qualificação das informações prestadas pelas UOs.

A terceira etapa envolveu a orientação técnica às UOs quanto à marcação das despesas climáticas, por meio da utilização de Planos Orçamentários (POs). A operacionalização ocorreu com o uso de instrumentos padronizados, como planilhas compartilhadas em ambiente digital, nas quais as UOs indicaram os POs a serem incorporados ao Orçamento Climático do exercício seguinte. O preenchimento dessas planilhas demandou a análise da finalidade das despesas, a identificação de entregas estratégicas e a verificação de alinhamento com os instrumentos de planejamento estadual.

Na sequência, a Subeo realizou a revisão técnica das marcações efetuadas, assegurando a padronização metodológica, a consistência das informações e a aderência aos critérios estabelecidos. Na etapa final do processo orçamentário, foi elaborado um anexo específico à Mensagem do Projeto de Lei Orçamentária Anual (PLOA), consolidando as informações relativas ao Orçamento Climático. Como resultado desse trabalho, o referido anexo passou a discriminar, para o exercício de 2025, os recursos destinados à priorização de projetos e ao financiamento de ações voltadas à mitigação e à adaptação às mudanças climáticas, conforme apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1 – Recursos destinados a priorização de projetos e financiamento de ações que visem a mitigação e a adaptação às mudanças climáticas e aos seus efeitos (em Reais)**

Ação	Valor (R\$)
Defesa Civil	78.416.473
Macrodrenagem e Resíduos Sólidos	183.715.274
Preservação e Conservação Ambiental	54.900.004
Controle Ambiental	7.939.670
Recuperação de Áreas Degradadas	6.462.639
Recursos Hídricos	23.301.396
Agropecuária	15.724.229
Infraestrutura Rodoviária	64.106.000
Fundo Cidades	105.962.317
Recursos Humanos e Gestão Administrativa	86.216.706
<b>Total das despesas com mitigação e adaptação às mudanças climáticas</b>	<b>626.744.708</b>

Fonte: Mensagem nº 787/2024 do PLOA 2025.

Cabe destacar que esse processo não se confunde com a execução orçamentária e financeira das despesas, mas refere-se à identificação, marcação e sistematização das ações orçamentárias com relevância climática no âmbito do planejamento orçamentário.

#### Desafios e oportunidades da governança climática no contexto capixaba

A avaliação dos principais desafios e oportunidades para a harmonização entre os instrumentos de planejamento orçamentário, o fortalecimento dos mecanismos de monitoramento e a adoção de incentivos econômicos na governança climática do Estado do Espírito Santo insere-se em um contexto de crescente complexidade das políticas públicas voltadas à sustentabilidade. Tal integração é essencial para garantir maior coerência entre o planejamento de longo prazo, a alocação eficiente de recursos e o cumprimento dos compromissos ambientais firmados em âmbitos nacional e internacional.

Entre os principais desafios, destaca-se a fragmentação institucional, frequentemente apontada como um entrave à efetividade da ação governamental em áreas interdependentes (Peters, 2001). Segundo ele, esse conceito refere-se à dispersão de responsabilidades, competências e decisões entre diferentes órgãos, setores ou níveis de governo, o que pode comprometer a coordenação, coerência e efetividade das políticas públicas. Em outras palavras, ocorre quando diferentes instituições ou unidades administrativas operam com lógicas, objetivos e processos distintos, dificultando a atuação integrada. Esse fenômeno é especialmente problemático em áreas que demandam abordagens transversais ou intersetoriais, como o meio ambiente, a saúde pública e, mais recentemente, a governança climática.

No caso da governança climática, essa fragmentação dificulta a articulação entre os setores de planejamento, orçamento, meio ambiente e áreas estratégicas como energia e infraestrutura. Além disso, a ausência de metodologias padronizadas para a etiquetagem de despesas climáticas e para a mensuração de impactos ambientais das ações governamentais limita a efetiva integração da

<sup>3</sup>Defesa Civil: Considerou-se as subfunções 182 e 244 nos POs classificados, exceto quando pertencentes a unidade orçamentária 36101 (Sedurb), pois está detalhada na linha seguinte referente à Macrodrenagem e Resíduos Sólidos.

<sup>4</sup>Macrodrenagem e Resíduos Sólidos: Considerou-se as subfunções 182, 451, 511 e 512 nos POs classificados da unidade orçamentária 36101 (Sedurb).

<sup>5</sup>Preservação e Conservação Ambiental: Considerou-se as Subfunções 541 e 131 nos POs classificados.

<sup>6</sup>Controle Ambiental: Considerou-se a Subfunção 542 nos POs classificados.

<sup>7</sup>Recuperação de Áreas Degradadas: Considerou-se a Subfunção 543 nos POs classificados.

<sup>8</sup>Recursos Hídricos: Considerou-se a Subfunção 544 nos POs classificados.

<sup>9</sup>Agropecuária: Considerou-se as subfunções 608 e 609 nos POs classificados.

<sup>10</sup>Infraestrutura Rodoviária: Considerou-se a subfunção 782 nos POs classificados.

<sup>11</sup>Fundo Cidades: Considerou-se a subfunção 845 no PO classificado

<sup>12</sup>Recursos Humanos e Gestão Administrativa: Considerou-se as subfunções 122 e 128 nos POs classificados e as despesas administrativas mencionadas no item 2.2

<sup>13</sup>Foram consideradas despesas orçadas com todas as fontes de recursos dos orçamentos fiscal e da seguridade social. Não foram consideradas as despesas contidas no orçamento de investimento

<sup>14</sup>Foram consideradas as seguintes despesas: As indicadas pelas Unidades Orçamentárias e marcadas por meio de Planos Orçamentários (POs) associados à mitigação e adaptação às mudanças climáticas, e; as despesas administrativas (ações 2070, 2095, 1097 e 2077) das unidades orçamentárias associadas ao meio ambiente 41101 (Seama), 41201 (Iema) e 41202 (Agerh).



variável climática ao ciclo orçamentário (Howes et al., 2017).

O monitoramento de políticas climáticas também enfrenta obstáculos relacionados à escassez de dados sistematizados, à limitada capacidade técnica local e à inexistência de indicadores consistentes para mensurar os resultados das ações de mitigação e adaptação, o que compromete o princípio da accountability e dificulta a tomada de decisões baseada em evidências (May et al., 2006).

Apesar dos desafios, o Estado do Espírito Santo apresenta um ambiente institucional favorável à consolidação da agenda climática. A existência da Política Estadual de Mudanças Climáticas e do Plano Estadual de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas (PEMC) fornece uma moldura normativa e estratégica adequada. Além disso, a tradição de equilíbrio fiscal do estado e sua capacidade técnica reconhecida em gestão orçamentária criam condições para avançar na implementação de um orçamento climático, conforme proposto por organizações internacionais como a OCDE (2021) e o UNDP (2022).

A governança climática, entendida como a coordenação de múltiplos atores e escalas na formulação e implementação de respostas às mudanças climáticas (Ostrom, 2010), demanda a harmonização entre os instrumentos de planejamento público. No caso brasileiro, isso envolve a integração das ações climáticas ao Plano Plurianual (PPA), à Lei de Diretrizes Orçamentárias (LDO) e à Lei Orçamentária Anual (LOA), com a devida etiquetagem das ações de mitigação e adaptação.

Para tanto, é essencial o desenvolvimento de mecanismos de monitoramento integrados, com indicadores de desempenho alinhados aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ONU, 2015) e à Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) assumida pelo Brasil no âmbito do Acordo de Paris (UNFCCC, 2015).

Assim, ao avaliar os desafios e oportunidades no contexto capixaba, evidencia-se a importância de integrar os instrumentos de gestão fiscal e ambiental sob uma lógica de governança colaborativa, multissetorial e baseada em evidências, de modo a potencializar os impactos positivos das políticas públicas sobre o meio ambiente e sobre o desenvolvimento sustentável do Estado.

### **Boas práticas e estratégias de cooperação intergovernamental para o aprimoramento da governança climática**

A governança climática exige arranjos institucionais capazes de promover a coordenação entre diferentes níveis de governo, setores econômicos e atores sociais, de forma a assegurar políticas públicas efetivas e integradas. No Brasil, esse processo é desafiado pela fragmentação institucional e pelas assimetrias de capacidades entre os entes federativos (PETERS, 2001; ARRETCHE, 2002), o que reforça a necessidade de estratégias cooperativas e adaptadas às realidades locais. Nesse contexto, o Estado do Espírito Santo tem demonstrado que a articulação federativa pode ser fortalecida por meio da adoção de boas práticas que integram planejamento, cooperação institucional e mecanismos de financiamento climático.

O Plano Estadual de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas (PEMC) ilustra uma estratégia orientada por dados e planejamento territorializado, articulando ações do governo estadual com as especificidades dos municípios. Essa lógica reflete o modelo de governança policêntrica descrito por Ostrom (2010), em que múltiplas unidades governamentais interagem de maneira coordenada e autônoma, favorecendo o compartilhamento de responsabilidades e aprendizados.

No Estado do Espírito Santo, a atuação integrada entre a Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEAMA) e o Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN) tem contribuído para o fortalecimento da capacidade institucional subnacional, por meio da produção de evidências, da qualificação técnica e da construção de indicadores estratégicos voltados à agenda climática. Conforme destaca Bresser-Pereira (2009), o desenvolvimento da capacidade estatal constitui condição fundamental para a consolidação de arranjos de governança eficazes, especialmente em temas inter-setoriais e de elevada complexidade, como a política climática. Essa capacidade exige a articulação entre instituições, a coordenação federativa e o domínio técnico-administrativo necessário para o planejamento, a implementação e o monitoramento de ações públicas de maneira integrada e alinhada aos desafios ambientais contemporâneos.

Essa estrutura institucional robusta ganha ainda mais relevância quando articulada a mecanismos de transparência ativa e de participação social. A disponibilização de dados públicos e o funcionamento regular de conselhos e fóruns estaduais configuram-se como instrumentos essenciais da governança climática, ao assegurarem o controle social e o engajamento cidadão. Como destaca Pierre (2000), a legitimidade das políticas públicas está diretamente relacionada à existência de accountability e ao envolvimento da sociedade civil no processo decisório, aspectos fundamentais para a construção de respostas sustentáveis e democraticamente legitimadas frente às mudanças climáticas.

Com base nessa experiência, é possível identificar um conjunto de estratégias que vêm se demonstrando como importantes promotoras da cooperação federativa e do aprimoramento da governança climática. Destacam-se, entre elas:

- A padronização de indicadores climáticos nos PPAs estaduais e municipais, favorecendo a institucionalização da agenda em nível local (ARRETCHE, 2012);
- A integração em redes de governança climática subnacional, ampliando o acesso a boas práticas, capacitações e visibilidade internacional (HICKMANN, 2017);
- O alinhamento dos instrumentos de planejamento estadual e municipal com as metas globais, como a Agenda 2030 e o Acordo de Paris, fortalecendo a coerência entre as escalas local e internacional (BETSILL; BULKELEY, 2006).

Em síntese, a trajetória capixaba evidencia que a cooperação entre os entes federativos pode ser intensificada por meio de políticas bem desenhadas, planejamento territorial articulado, incentivos econômicos e canais efetivos de participação e transparência. Tais elementos constituem pilares para a consolidação de uma governança climática multinível, conforme defendido por Jordan e Huitema (2014), que ressaltam a importância de arranjos institucionais colaborativos entre diferentes níveis de governo para lidar com os desafios ambientais contemporâneos de forma equitativa, eficaz e com responsabilidade compartilhada.

### **Conclusão**

A análise da governança climática no Estado do Espírito Santo evidencia avanços significativos na construção de um arcabouço normativo e institucional voltado à mitigação e adaptação às mudanças climáticas, em consonância com diretrizes internacionais e nacionais. A consolidação de normas e políticas públicas específicas, como a Política Estadual de Mudanças Climáticas, tem contribuído para o fortalecimento de uma atuação integrada entre Estado, setor privado e sociedade civil, refletindo uma abordagem policêntrica e multissetorial de governança, conforme

defendido por Ostrom (2010) e Held e Roger (2018). Em outras palavras, é necessário reconhecer que as soluções sustentáveis para problemas ambientais globais requerem arranjos colaborativos, com base no conhecimento local e na ação coordenada de múltiplos atores.

A pesquisa demonstrou que o desenvolvimento do Orçamento Climático capixaba representa uma estratégia inovadora e promissora para a efetivação da agenda ambiental, ao permitir a etiquetagem das despesas climáticas, a transversalização das ações nos instrumentos de planejamento e a promoção da transparência na alocação de recursos. Contudo, para que esse instrumento se consolide como ferramenta eficaz de governança, é imprescindível superar desafios relacionados à harmonização normativa, à integração institucional e ao fortalecimento dos mecanismos de monitoramento e avaliação.

Nesse sentido, a experiência do Espírito Santo oferece lições relevantes para outras unidades federativas, especialmente no que tange à articulação entre planejamento orçamentário e políticas ambientais. A continuidade e o aprimoramento dessas iniciativas dependem, sobretudo, da institucionalização de boas práticas, da capacitação técnica dos agentes envolvidos e da construção de consensos políticos em torno da sustentabilidade como eixo estruturante da ação pública. Espera-se que os achados deste estudo contribuam para o aprimoramento das políticas climáticas subnacionais e para a disseminação de boas práticas de planejamento público voltadas à sustentabilidade.

## Referências

ARRETCHE, Marta. **Federalismo e políticas sociais no Brasil: problemas de coordenação e autonomia**. São Paulo em Perspectiva, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 12–24, abr./jun. 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/spp/a/yrd5VzhMD8wyrZDDS6WvVP/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 18 abr. 2025.

BRASIL. Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. **Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) e dá outras providências**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ano CXLVI, n. 249, p. 1-3, 30 dez. 2009. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2007-2010/2009/lei/112187.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2009/lei/112187.htm). Acesso em: 03 mar. 2025.

BANCO MUNDIAL. **Climate Change Public Expenditure and Institutional Review Sourcebook**. Washington, DC: World Bank, 2014. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/0f97d2ea-97a4-57d1-997e-f89e5a5c53bb>. Acesso em: 18 abr. 2025.

BRASIL. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea). **Abordagens metodológicas para identificação dos gastos com mudança do clima: Desafios para o Brasil**. Brasília: Ipea, jul-dez 2019. (Boletim Regional, Urbano e Ambiental, n. 21). Disponível em: [https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/9683/1/BRUA21\\_Ensaio13.pdf](https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/9683/1/BRUA21_Ensaio13.pdf). Acesso em: 18 abr. 2025

BRESSER-PEREIRA, Luiz Carlos. **Construindo o Estado republicano: democracia e reforma da gestão pública**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2009.

BULKELEY, Harriet; NEWELL, Peter. **Governing climate change**. London: Routledge, 2010.

CONFERÊNCIA DAS PARTES. Acordo de Paris. **Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Paris: UNFCCC, 2015. Disponível em: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>. Acesso em: 03 mar. 2025.

ESPÍRITO SANTO. Lei nº 9.531, de 30 de dezembro de 2010. **Institui a Política Estadual de Mudanças Climáticas e dá outras providências**. Diário Oficial do Estado do Espírito Santo, Vitória, ES, 31 dez. 2010. Disponível em: [https://legislacao.es.gov.br/arquivos/lei\\_9531\\_2010.html](https://legislacao.es.gov.br/arquivos/lei_9531_2010.html). Acesso em: 25 mar. 2025.

ESPÍRITO SANTO. **Plano Estadual de Adaptação às Mudanças Climáticas: Sumário Executivo**. Vitória: Governo do Estado do Espírito Santo, 2024. Disponível em: [https://seama.es.gov.br/Media/Seama/Documentos/Sum%C3%A1rio%20Executivo%20do%20Plano%20de%20Adap-ta%C3%A7%C3%A3o%20de%20Mudan%C3%A7as%20Clim%C3%A1ticas%20do%20Esp%-C3%ADrito%20Santo.pdf](https://seama.es.gov.br/Media/Seama/Documentos/Sum%C3%A1rio%20Executivo%20do%20Plano%20de%20Adap-ta%C3%A7%C3%A3o%20de%20Mudan%C3%A7as%20Clim%C3%A1ticas%20do%20Esp%C3%ADrito%20Santo.pdf). Acesso em: 25 mar. 2025.

ESPÍRITO SANTO. Plano Plurianual 2024–2027. Lei nº 11.955 de 14 de novembro de 2023. **Dispõe sobre o Plano Plurianual – PPA para o quadriênio 2024-2027 e dá outras providências**. Diário Oficial do Estado do Espírito Santo, Vitória, ES, 16 nov. 2023. Disponível em: [https://planejamento.es.gov.br/Media/Sep/Planejamento/PPA\\_2024\\_2027/Lei/Lei%20N%C2%BA%2011.955%20-%20PPA%202024-2027.pdf](https://planejamento.es.gov.br/Media/Sep/Planejamento/PPA_2024_2027/Lei/Lei%20N%C2%BA%2011.955%20-%20PPA%202024-2027.pdf). Acesso em: 25 mar. 2025.

ESPÍRITO SANTO. Lei de Diretrizes Orçamentárias 2025. Lei nº 12.190, de 24 de julho de 2024. **Estabelece as diretrizes para a elaboração da Lei Orçamentária de 2025 e dá outras providências**. Diário Oficial do Estado do Espírito Santo, Vitória, ES, 25 jul. 2024. Disponível em: <https://planejamento.es.gov.br/Media/Sep/Or%C3%A7amento/Lei%20de%20Diretrizes%20Or%->

[C3%A7ament%C3%A1rias/LDO%202025.pdf](#). Acesso em: 25 mar. 2025.

ESPÍRITO SANTO. Lei nº 12.329, de 26 de dezembro de 2024. **Estima a receita e fixa a despesa do Estado do Espírito Santo para o exercício financeiro de 2025**. Diário Oficial do Estado do Espírito Santo, Vitória, ES, 27 dez. 2024. Disponível em: [https://planejamento.es.gov.br/Media/Sep/Or%C3%A7amento/Or%C3%A7amentos/Or%C3%A7amento\\_Anuar\\_2025/loa/LEI%20N%C2%BA%2012.329%20-%20LOA%202025.pdf](https://planejamento.es.gov.br/Media/Sep/Or%C3%A7amento/Or%C3%A7amentos/Or%C3%A7amento_Anuar_2025/loa/LEI%20N%C2%BA%2012.329%20-%20LOA%202025.pdf). Acesso em: 25 mar. 2025.

ESPÍRITO SANTO. Decreto nº 4.938-R, de 2 de agosto de 2021. **Dispõe sobre a adesão do Estado do Espírito Santo às campanhas "Race to Zero" e "Race to Resilience", no âmbito da Convenção - Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, e dá providências correlatas**. Vitória, 2021. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=418076>. Acesso em: 16/04/2025

ESPÍRITO SANTO. Decreto nº 5.387-R, de 5 de maio de 2023. **Cria o Programa Capixaba de Mudanças Climáticas no âmbito do Poder Executivo Estadual e dá outras providências**. Vitória, 2023. Disponível em: <https://leisestaduais.com.br/es/decreto-n-5387-2023-espírito-santo-cria-o-programa-capixaba-de-mudancas-climaticas-no-ambito-do-poder-executivo-estadual-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 16/04/2025.

ESPÍRITO SANTO. Decreto nº 5.656-R, de 22 de março de 2024. **Cria a Comissão de Acompanhamento das Metas do Plano de Descarbonização do Espírito Santo e dá outras providências**. Vitória, 2024. Disponível em: <https://leisestaduais.com.br/es/decreto-n-5656-2024-espírito-santo-cria-a-comissao-de-acompanhamento-das-metas-do-plano-de-descarbonizacao-do-espírito-santo-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 16/04/2025.

GIACOMONI, James. **Orçamento Público**. 18. ed. São Paulo: Atlas, 2022

HELD, David; ROGER, Charles. **Global governance at risk**. Cambridge: Polity Press, 2018.

HELD, David; ROGER, Charles. **Three models of global climate governance: From Kyoto to Paris and beyond**. Global Policy, v. 9, n. 3, 2018.

JORDAN, Andrew; HUITEMA, Dave. **Innovations in climate policy: the politics of invention, diffusion, and evaluation**. Environmental Politics, v. 23, n. 5, 2014. Disponível em: DOI: <https://doi.org/10.1080/09644016.2014.923614>. Acesso em: 15 abr. 2025.

LIU, T.; ZHANG, Y.; SHEN, B. **Green fiscal policy and climate budget tagging: Evidence from international practices**. Journal of Environmental Management, v. 310, 2022.

MAZZUCATO, Mariana. **Missão economia: um guia para mudar o capitalismo**. Tradução de André Czarnobai. São Paulo: Portfólio-Penguin, 2021.

NASSER, Eduardo; GONDIM, Daniel. **Orçamento climático: uma proposta de etiquetagem e monitoramento das despesas públicas voltadas à mudança do clima**. Brasília: IPEA, 2021. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br>. Acesso em: 15 abr. 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima: UNFCCC**. Rio de Janeiro: ONU, 1992. Disponível em: [https://unfccc.int/sites/default/files/english\\_paris\\_agreement.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf). Acesso em: 03 mar. 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS): Agenda 2030**. Nova Iorque: ONU, 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 18 abr. 2025.

OSTROM, Elinor. **Governing the commons: the evolution of institutions for collective action**. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.

PATTBERG, Philipp; WIDERBERG, Oscar; KUEHN, Alexander. **Global Climate Governance**. 2. ed. London: Routledge, 2022.

PETERS, B. Guy. **Institutional theory in political science: the 'new institutionalism'**. 2. ed. London: Continuum, 2001.

PIERRE, Jon. **Debating governance: authority, steering, and democracy**. Oxford: Oxford University Press, 2000

SOUZA, Jessé; CORAZZA, Rosana de Freitas. **Governança ambiental e política climática: Estado, democracia e instituições**. Revista Brasileira de Políticas Públicas, Brasília, v. 7, n. 2, p. 74–91, jul./dez. 2017. Disponível em: <https://www.rbpspublicas.org.br/>. Acesso em: 15 abr. 2025.

UNFCCC. Paris Agreement. **United Nations Framework Convention on Climate Change, 2015**. Disponível em: [https://unfccc.int/sites/default/files/english\\_paris\\_agreement.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf). Acesso em: 15 abr. 2025.

UNDP – UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME. **Climate Budget Tagging: Country-driven initiative in tracking climate expenditure**. Bangkok: UNDP Asia-Pacific Regional Centre, 2015. Disponível em: <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/publications/RBAP-DG-2019-Climate-Budget-Tagging-Guidance-Note.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2025.

# Pagamento por Serviços Ambientais e Mudanças Climáticas: Estratégia para Redução de Emissões no Espírito Santo

Roberta Cristina Cotta Duarte Conde<sup>1</sup>  
Marco Aurélio de Abreu Bortolini<sup>2</sup>  
Adriana Marcia Nicolau Korres<sup>3</sup>  
Leticia Pereira Rocha<sup>4</sup>  
Aurélio Azevedo Barreto Neto<sup>5</sup>  
Adelaide de Fátima Santana da Costa<sup>6</sup>  
Aureliano Nogueira da Costa<sup>7</sup>

## Resumo

A variabilidade do clima apresenta desafios e impactos significativos para a sociedade e os ecossistemas. O aumento das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) na atmosfera, decorrente de atividades humanas como queima de combustíveis fósseis e desmatamento, contribui para o aquecimento global, alterações climáticas, elevação do nível do mar e perda de biodiversidade. As concentrações atmosféricas de CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> têm aumentado significativamente desde a Revolução Industrial. O modelo de desenvolvimento atual, baseado na exploração intensiva de recursos naturais e degradação ambiental, está relacionado à vulnerabilidade climática. No Brasil, o setor de Agricultura, Florestas e outros Usos da Terra (AFOLU) é responsável por uma parcela significativa das emissões de GEE. A presente pesquisa adotou uma abordagem metodológica baseada em revisão bibliográfica qualitativa, alicerçada em estudos científicos pertinentes ao tema. O objetivo principal foi estabelecer uma conexão entre a vulnerabilidade climática dos municípios do estado do Espírito Santo e a aplicação do Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) como uma estratégia eficaz de mitigação das mudanças climáticas, com foco especial em áreas prioritárias, como pastagens degradadas. O PSA é uma ferramenta importante na gestão dos efeitos das mudanças climáticas, ao estimular a adoção de medidas que reduzam as emissões de GEE e promovam a conservação e recuperação de ecossistemas terrestres.

**Palavras-chave:** PSA, mudanças climáticas, GEE, pastagem, vulnerabilidade climática.

<sup>1</sup>Universidade Federal do Espírito Santo - UFES [roberta.conde@edu.ufes.br](mailto:roberta.conde@edu.ufes.br)

<sup>2</sup>Fundação de Desenvolvimento Agro Socioambiental, Inovação, Educação e Sustentabilidade - FUNDAGRES [mrcosabortolini@hotmail.com](mailto:mrcosabortolini@hotmail.com)

<sup>3</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo - IFES [adriana@ifes.edu.br](mailto:adriana@ifes.edu.br)

<sup>4</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo - IFES [leticia.rocha@outlook.com](mailto:leticia.rocha@outlook.com)

<sup>5</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo - IFES [aurelio@ifes.edu.br](mailto:aurelio@ifes.edu.br)

<sup>6</sup>Fundação de Desenvolvimento Agro Socioambiental, Inovação, Educação e Sustentabilidade - FUNDAGRES [adelaidcosta251@gmail.com](mailto:adelaidcosta251@gmail.com)

<sup>7</sup>Fundação de Desenvolvimento Agro Socioambiental, Inovação, Educação e Sustentabilidade - FUNDAGRES [costa.aurelianon@gmail.com](mailto:costa.aurelianon@gmail.com)

## Abstract

Climate variability presents significant challenges and impacts for society and ecosystems. The increase in greenhouse gas (GHG) emissions into the atmosphere, resulting from human activities such as fossil fuel burning and deforestation, contributes to global warming, climate change, sea level rise and biodiversity loss. Atmospheric concentrations of CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> have increased significantly since the Industrial Revolution. The current development model, based on intensive exploitation of natural resources and environmental degradation, is related to climate vulnerability. In Brazil, the Agriculture, Forestry and other Land Use (AFOLU) sector is responsible for a significant portion of GHG emissions. This research adopted a methodological approach based on a qualitative literature review, supported by scientific studies relevant to the topic. The main objective was to establish a connection between the climate vulnerability of municipalities in the State of Espírito Santo and the application of Payment for Environmental Services (PES) as an effective strategy for mitigating climate change, with a special focus on priority areas, such as degraded pastures. PSA is an important tool in managing the effects of climate change, by encouraging the adoption of measures that reduce GHG emissions and promote the conservation and recovery of terrestrial ecosystems.

**Keywords:** PSA, climate change, GHG, pasture, climate vulnerability.





## Introdução

A variabilidade do clima, apresenta uma série de desafios e impactos significativos para a sociedade e os ecossistemas. Segundo o Plano Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBM, 2020), a modificação dos regimes de temperatura e precipitação tem consequências diretas, como a ocorrência de secas, inundações e tempestades mais intensas. Além disso, ela desencadeia impactos indiretos, como a migração populacional, o aumento da propagação de doenças transmitidas por vetores e a perturbação dos ecossistemas naturais.

As mudanças climáticas representam um dos maiores desafios enfrentados pela humanidade no século XXI. A intensificação das atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis, o desmatamento e a agricultura intensiva, tem levado ao aumento das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) na atmosfera. Essas emissões têm contribuído para o aquecimento global e seus impactos negativos, como o aumento das temperaturas, mudanças nos padrões climáticos, elevação do nível do mar e perda de biodiversidade (Henkes, 2023).

Conforme as informações mais recentes divulgadas pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2022), observa-se um aumento significativo nas concentrações atmosféricas de GEE desde o início da Revolução Industrial. Os dados revelam que os níveis de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) aumentaram em 47,3%, atingindo médias anuais de 410 partes por milhão. Além disso, as concentrações de metano (CH<sub>4</sub>) alcançaram 1.866 partes por bilhão, um aumento de até 157,8%.

O atual modelo de desenvolvimento, caracterizado pela exploração intensiva de recursos naturais e pela degradação ambiental decorrente de atividades econômicas, está intrinsecamente relacionado à vulnerabilidade climática. A depleção acelerada dos recursos naturais resulta em sua escassez crescente, o que afeta diretamente a capacidade de adaptação e mitigação das mudanças climáticas (Da Motta, 2023).

No contexto brasileiro, o setor de Agricultura, Florestas e outros Usos da Terra (AFOLU, na sigla em inglês) desempenha um papel significativo nas emissões de GEE. De acordo com dados do Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG, 2023), esse setor é responsável por 74% das emissões totais no país. Em seguida, temos o setor de energia com uma contribuição de 18%, seguido pelos processos industriais e resíduos, cada um com uma participação de 4%.

Ao analisar mais especificamente o setor de AFOLU, verifica-se que 49% das emissões estão relacionadas a mudanças no uso da terra, com destaque para o desmatamento. Além disso, as atividades agropecuárias correspondem a 25% das emissões nesse setor. Dentre essas atividades, a fermentação entérica é a principal fonte de emissões, representando 64% do total, seguida pelo manejo dos solos, que contribui com 30% das emissões (SEEG, 2023).

No Brasil, observa-se uma tendência contínua e crescente de desenvolvimento de novos mecanismos de governança para abordar os desafios relacionados à AFOLU em resposta a pressões internacionais e fóruns ambientais intergovernamentais, particularmente nas áreas de Mudanças Climáticas e Biodiversidade. Essa tendência é resultado de esforços prévios tanto por parte de negociações governamentais quanto não governamentais, bem como de propostas de políticas que visam enfrentar esses desafios. A busca por uma governança mais eficaz nessas áreas tem como objetivo atender às demandas e expectativas da comunidade internacional em relação à sustentabilidade ambiental e ao cumprimento de compromissos assumidos pelo Brasil em acordos e tratados internacionais (Naidhig; Corazza, 2023).

O estado do Espírito Santo aderiu formalmente às iniciativas "Race to Zero" (Corrida para o Zero,

em uma tradução livre) e "Race to Resilience" (Corrida para a Resiliência, em uma tradução livre), promovidas pela Organização das Nações Unidas (ONU), com o objetivo de realizar ações voltadas para a neutralização das emissões de GEE até 2050 e o aumento da resiliência climática. Nesse contexto, o Plano de Neutralização de Emissões de Gases de Efeito Estufa (PNEGEE, 2022) do Estado assume um papel importante como um instrumento orientador para alcançar a neutralidade de carbono. O plano se destaca ao estabelecer diretrizes claras, estratégias e projetos a serem implementados, bem como ao discutir mecanismos de financiamento para apoiar as transformações necessárias para se alcançarem as metas de neutralidade de carbono.

A implementação de instrumentos econômicos, particularmente o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), a nível nacional, tem desencadeado uma mudança significativa de paradigma e uma abordagem inovadora na gestão ambiental, destacando-se como uma ferramenta essencial para a mitigação e adaptação às mudanças climáticas. Essa abordagem representa uma nova maneira de incentivar práticas que promovem a sustentabilidade ambiental, reconhecendo o valor dos serviços ecossistêmicos e estabelecendo mecanismos para remunerar os provedores desses serviços. Ao adotar o PSA, busca-se internalizar os custos ambientais e incentivar a conservação, recuperação e melhoria dos serviços ecossistêmicos, contribuindo assim para a conservação da biodiversidade, a proteção dos recursos hídricos, a redução das emissões de GEE e a promoção do desenvolvimento sustentável (Bontempi et al., 2025).

O estado do Espírito Santo adotou uma postura pioneira ao estabelecer o Programa Estadual de Pagamento por Serviços Ambientais por meio da Lei Estadual N° 8.995, publicada em 23 de setembro de 2008. Esse programa tem como objetivo principal incentivar os proprietários rurais a destinarem uma porção de suas propriedades à preservação e conservação da cobertura florestal. Essa medida reconhece o papel fundamental das áreas florestais na prestação de serviços ambientais, como a manutenção da biodiversidade, a proteção dos recursos hídricos e a mitigação das mudanças climáticas. Ao recompensar financeiramente os participantes do programa, busca-se promover a conservação dos ecossistemas e estimular a participação ativa dos proprietários rurais na proteção da natureza, contribuindo assim para a sustentabilidade ambiental no Estado.

Diante desse cenário, o PSA oferece uma abordagem inovadora e promissora para mitigar as mudanças climáticas, ao valorizar os serviços ecossistêmicos, promover práticas sustentáveis, envolver a comunidade e criar incentivos econômicos. Este estudo tem como propósito destacar o PSA como um mecanismo promissor para impulsionar a conservação ambiental e mitigar as emissões de GEE. A escalabilidade e a capacidade de complementar políticas públicas tornam o PSA uma ferramenta valiosa no enfrentamento dos desafios climáticos globais.

O PSA desempenha um papel importante na gestão dos efeitos climáticos, incentivando ações que promovam a mitigação e adaptação às mudanças climáticas, alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). O PSA contribui diretamente com o ODS 13 - Ação contra a Mudança Global do Clima, ao incentivar práticas que reduzam as emissões de gases de efeito estufa. Também está relacionado ao ODS 15 - Vida Terrestre, ao promover a conservação e recuperação de ecossistemas terrestres. Além disso, o PSA pode contribuir com outros ODS, como o ODS 6 - Água Potável e Saneamento, o ODS 2 - Fome Zero e Agricultura Sustentável, o ODS 11 - Cidades e Comunidades Sustentáveis e o ODS 12 - Consumo e Produção Sustentáveis, promovendo um desenvolvimento sustentável e resiliente às mudanças climáticas (EMBRABA, 2022).

## Metodologia

A metodologia empregada neste estudo é de cunho qualitativo e se fundamenta em uma revisão

bibliográfica, com enfoque em três macro temas (vulnerabilidade às mudanças climáticas, GEE e PSA) previamente delineados na seção introdutória.

A revisão bibliográfica, de caráter exploratório, foi conduzida com o intuito de identificar estudos pertinentes que abordassem os macro temas selecionados, visando explorar e sintetizar as principais perspectivas encontradas na literatura acadêmica no período de 2015 a 2023.

O delineamento metodológico da pesquisa estruturou-se na coleta, sistematização e análise de macro indicadores provenientes de estudos sobre vulnerabilidade climática e iniciativas de PSA no âmbito Estadual. Esses referenciais foram integrados e confrontados com dados relativos a processos de descarbonização, permitindo a construção de uma abordagem comparativa. Nesse contexto, a pecuária foi incorporada como variável analítica central, reconhecida enquanto vetor de pressão ambiental e fator determinante na intensificação das emissões de GEE.

A adoção dessa abordagem metodológica proporcionou uma análise crítica e embasada dos temas abordados no presente artigo, contribuindo, assim, para o avanço do conhecimento no âmbito da área de estudo em questão.

## Referencial Teórico

No que diz respeito à vulnerabilidade climática, a revisão abordou a capacidade dos municípios do Estado em lidar com os desafios impostos pelas mudanças climáticas. Foram examinadas as matrizes de emissões e os riscos climáticos associados à atividade agropecuária no Estado, assim como as principais práticas e conceitos relacionados à agricultura de baixo carbono, embasados em fundamentação científica.

No contexto do PSA, foram analisadas a base legal do programa no âmbito estadual e as diferentes modalidades existentes para o pagamento por serviços ambientais.

## Vulnerabilidade às mudanças climáticas no Espírito Santo

A vulnerabilidade refere-se à predisposição de ser afetado negativamente por uma determinada situação. Esse conceito apresenta três elementos fundamentais: exposição ao dano, sensibilidade ao dano e capacidade de adaptação às mudanças. A exposição ao dano diz respeito à presença de pessoas, meios de subsistência, ecossistemas, recursos ambientais, infraestrutura e bens em locais que possam ser impactados negativamente pelas mudanças climáticas. A sensibilidade refere-se ao grau em que um sistema ou espécie é afetado, seja de forma adversa ou benéfica e o terceiro é a Capacidade Adaptativa (CA) (IPCC, 2022).

O conceito da CA às mudanças climáticas está intrinsecamente ligado às interações entre o ser humano e o ambiente. De acordo com a pesquisa realizada por Calado; de Souza e Valverde (2021), a CA refere-se ao potencial ou habilidade de um sistema, região ou comunidade em se ajustar aos efeitos ou impactos das mudanças climáticas. É relevante destacar que a CA desempenha um papel fundamental na adaptação de longo prazo às mudanças climáticas, uma vez que suas características estão associadas a fatores econômicos, sociais, políticos e institucionais, os quais podem facilitar ou limitar o desenvolvimento e a implementação de medidas adaptativas.

Considerando a complexidade e diversidade de informações presentes na temática da vulnerabilidade, os indicadores e índices têm sido amplamente utilizados como método, devido à sua capacidade de sistematizar, compilar os dados, assim como facilita a visualização de fenômenos complexos (Quintão, 2017).



O Índice de Vulnerabilidade (IV) do estado do Espírito Santo segundo Santos et al. (2019), foi construído levando-se em consideração três subíndices que correspondem aos elementos fundamentais da vulnerabilidade: exposição, sensibilidade e CA. Juntos, esses componentes originam o IV, responsável por retratar as condições de vulnerabilidade de cada município.

A projeção da exposição futura às mudanças climáticas é realizada com base em variáveis climáticas correlacionadas ao Índice de Vulnerabilidade, considerando os cenários prospectivos. Esses cenários integram a terceira geração de modelagens desenvolvidas pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, abrangendo distintos contextos de concentração de gases de efeito estufa projetados até o ano de 2100, permitindo uma análise dos impactos potenciais sobre sistemas socioambientais.

De acordo com Santos et al. (2019), o índice do Espírito Santo foi obtido por meio de subíndices como apresentado na figura 1.

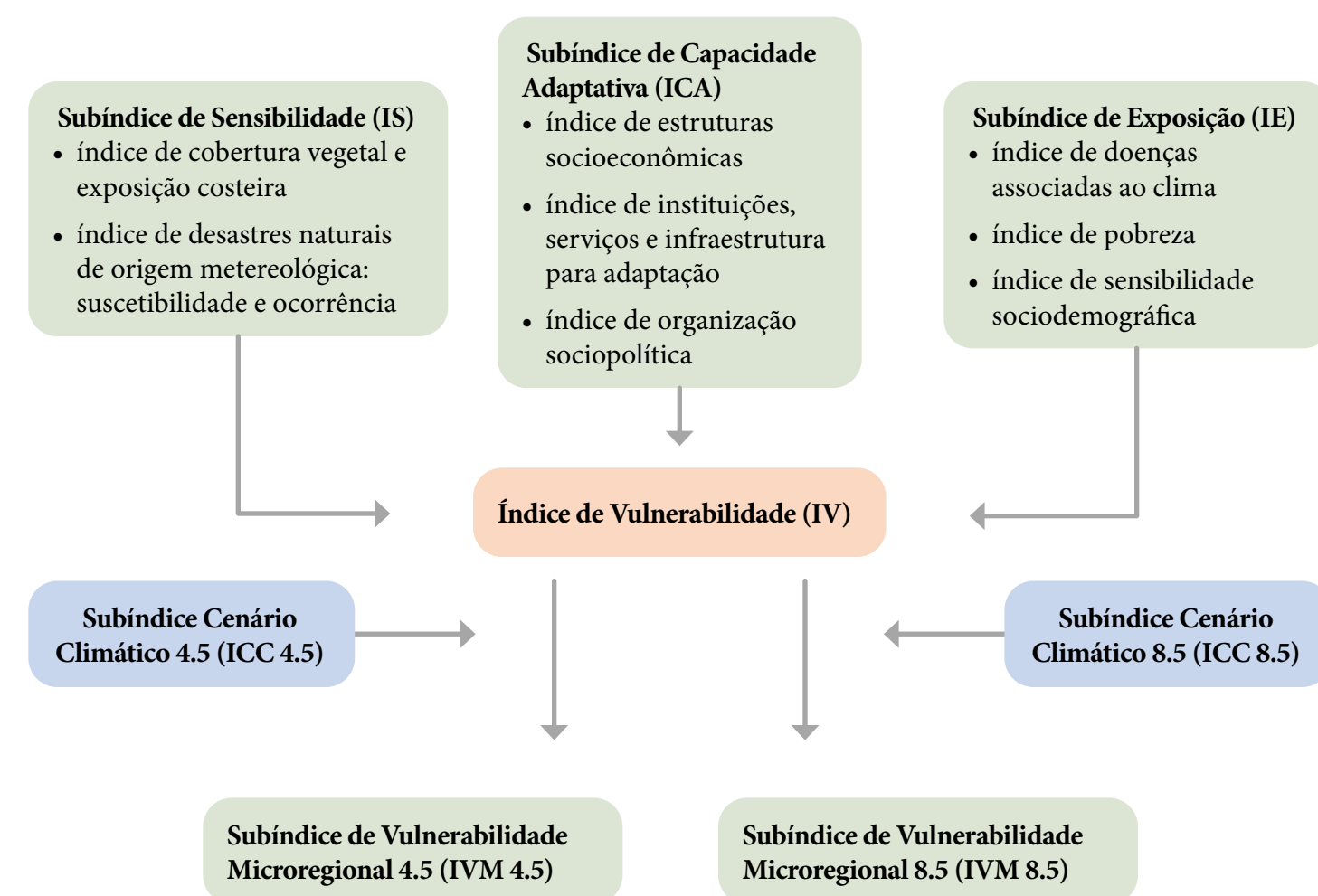


Figura 1: Estrutura do índice de vulnerabilidade microrregional à mudança do clima para o estado do Espírito Santo. Fonte: Adaptado de Santos (2019).

### Emissões de gases de efeito estufa no Espírito Santo

Foram pesquisados os dados das estimativas das emissões atmosféricas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) provenientes dos GEE, em nível estadual, para o ano de 2021. Essas estimativas foram obtidas a partir do banco de dados do SEEG, reconhecido como uma fonte de referência nacional amplamente utilizado em estudos relevantes e recentes, incluindo o Plano de Ação Climática 2050 (PAC50).

O SEEG é uma iniciativa do Observatório do Clima que visa fornecer estimativas de emissões e re-

moções de GEE em conformidade com as diretrizes estabelecidas pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC). Essas estimativas são baseadas na metodologia dos Inventários de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases do Efeito Estufa desenvolvida pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e são obtidas a partir de dados provenientes de relatórios governamentais, institutos de pesquisa, centros de estudo, entidades setoriais e organizações não governamentais (Figueredo et al., 2023).

A maior parcela das emissões é proveniente do setor de Mudança de Uso da Terra e Florestas, o qual contabiliza o desmatamento, respondendo por 56,3% das emissões nacionais por sistemas alimentares, totalizando uma emissão de 1 GtCO<sub>2</sub>e. Logo em seguida, com 33,7% de participação, aparece o setor de Agropecuária, com a totalidade de suas emissões em 2021 (600,8 MtCO<sub>2</sub>e) sendo provenientes da produção de alimentos (SEEG, 2023).

As emissões de GEE provenientes da agropecuária são resultantes de processos como a fermentação entérica animal, manejo de dejetos, queima de resíduos agrícolas, manejo de solos e cultivo de arroz. Essas emissões são compostas por CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). Cada um desses gases possui diferentes potenciais de impacto nas mudanças climáticas globais, uma vez que interagem com a radiação solar em intensidades variadas quando presentes na atmosfera (UNEP, 2022).

Os GEE são agregados por meio da conversão para uma unidade comum, conhecida como dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e). Essa conversão permite combinar os diferentes GEE em uma medida única para facilitar a avaliação e a comparação de seu potencial de aquecimento global.

A agricultura de baixo carbono está intimamente associada a práticas que levam à redução das emissões ou ao aumento da remoção de GEE. Projetos que adotem práticas voltadas para a redução dessas emissões ou o aumento das remoções podem ser qualificados como agricultura de baixo carbono, contribuindo para as metas estabelecidas na Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) do Brasil (Oliveira, 2023).

No Brasil, o Plano Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Plano ABC) foi concebido pelo governo como uma iniciativa para promover práticas sustentáveis na agricultura. O objetivo principal do plano é a redução das emissões de GEE e a adoção de medidas de adaptação às mudanças climáticas no setor agrícola. O Plano ABC busca incentivar a implementação de tecnologias e técnicas agrícolas que sejam mais eficientes em termos de emissões de carbono, promovendo a sustentabilidade ambiental e contribuindo para a mitigação dos impactos das mudanças climáticas.

Em 2020, foi publicado o Plano ABC+ como uma progressão do Plano ABC. O Plano ABC+ expandiu seu escopo além dos pilares iniciais e buscou incorporar novas práticas sustentáveis na agricultura. Segundo Oliveira (2023), entre essas práticas estão a intensificação de sistemas agroflorestais (SAF), o manejo sustentável de solos e a redução de emissões de metano entérico provenientes dos animais. Além disso, o Plano ABC+ incluiu ações direcionadas à preservação e recuperação de áreas de preservação permanente e reservas legais. Com o Plano, buscou-se promover uma abordagem mais abrangente e holística para a sustentabilidade agrícola, incorporando medidas adicionais para mitigar os impactos ambientais e contribuir para a adaptação às mudanças climáticas.

O Plano ABC+ no estado do Espírito Santo, que está na fase de publicação e abrange o período de 2020 a 2030, tem como propósito promover a adaptação às mudanças climáticas e o controle das emissões de GEE na agropecuária do Estado. O plano tem como objetivo principal aumentar a eficiência e a resiliência dos sistemas produtivos, com uma ênfase na gestão integrada da paisagem. Essa abordagem visa não apenas reduzir as emissões de GEE, mas também garantir

a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, considerando as particularidades e características do Estado. O Plano ABC+ busca, assim, promover ações alinhadas com as necessidades de adaptação e mitigação dos impactos das mudanças climáticas, contribuindo para o desenvolvimento sustentável da agricultura capixaba.

### Programa de pagamento por serviços ambientais no Espírito Santo - Reflorestar

O programa Reflorestar foi concebido pela Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEAMA), por meio do Instituto Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA). A partir de 2012, a coordenação do programa passou a ser exclusivamente realizada pela SEAMA, por meio do Núcleo de Gerenciamento do Programa Reflorestar (NGPR), uma estrutura estabelecida pela Portaria SEAMA No 21-S de 14 de setembro de 2012 (Sossai, 2023).

O Reflorestar é um programa que se baseia em experiências anteriores, com destaque para o Projeto Florestas para Vida, que teve apoio do Fundo Estadual de Recursos Hídricos e Florestais do Espírito Santo (FUNDÁGUA) e do Fundo Global para o Meio Ambiente (GEF), com o Banco Mundial como agente implementador. Outros projetos, como "Corredores Ecológicos", "Extensão Ambiental" e "Produtores de Água", também contribuíram para o conhecimento acumulado que subsidiou o desenvolvimento do Programa Reflorestar. O Projeto Florestas para Vida, executado de 2008 a 2014, desempenhou um papel fundamental na definição dos princípios conceituais do Programa Reflorestar, lançado em 2011. Segundo Sossai (2023), essa base conceitual sólida viabilizou o desenvolvimento do programa e a implementação de ações voltadas para a conservação e restauração florestal no estado do Espírito Santo.

No período compreendido entre 2015 e 2019, o programa Reflorestar, implementado no Estado, registrou um total de 3.795 contratos vigentes. Durante esse período, foram estabelecidos 10.438,63 hectares de área de mata em pé com o PSA do programa. Além disso, 9.778,71 hectares de áreas em processo de recuperação, foram atendidas com o apoio do PSA do Reflorestar.

### Resultados e Discussão

De acordo com o estudo feito por Calado, de Souza e Valverde (2021), verificou-se que, na classificação da Capacidade Adaptativa (CA) no Estado, dos 78 municípios, 46% demonstraram um desempenho considerado bom em termos de CA, enquanto 41% obtiveram uma classificação média e somente 8% alcançaram uma classificação muito boa. As principais determinantes que influenciaram essa classificação, em todos os municípios examinados, são as estruturas relacionadas à geração de emprego e renda, a cobertura dos serviços de atenção básica em saúde e a segurança (Figura 2).

Foi constatado que 5% dos municípios examinados revelaram uma baixa Capacidade Adaptativa (CA). Esses municípios compartilham a necessidade de adotar medidas direcionadas à melhoria das estruturas relacionadas à geração de emprego e renda, educação, saúde e gestão de riscos para desastres (Calado; de Souza; Valverde, 2021).

Considerando a complexidade e diversidade de informações presentes na temática da vulnerabilidade, os indicadores e índices têm sido amplamente utilizados como método, devido à sua capacidade de sistematizar, compilar os dados, assim como facilita a visualização de fenômenos complexos (Quintão, 2017).

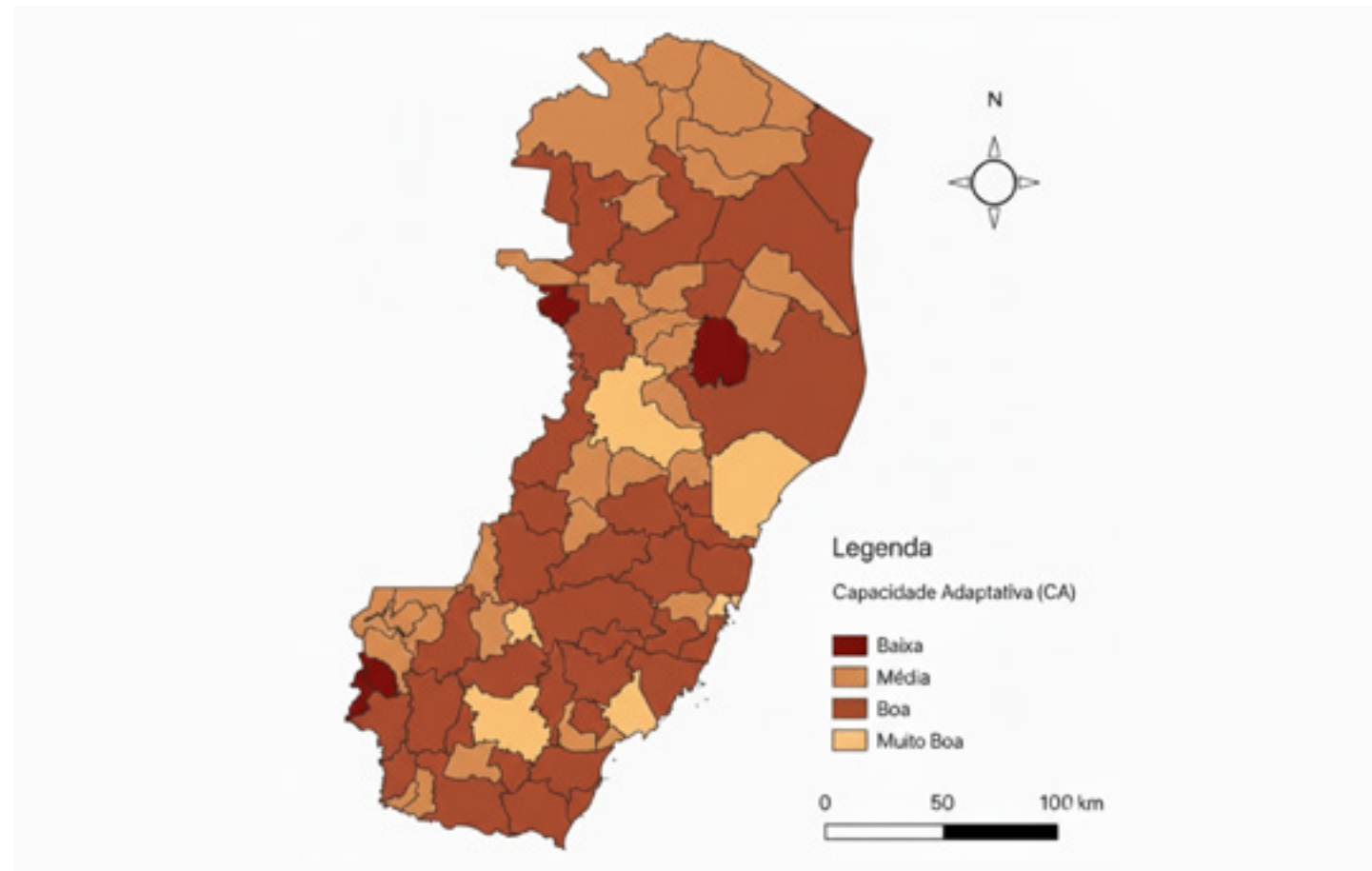


Figura 2: Capacidade Adaptativa (CA) do Espírito Santo.  
Fonte: Calado; de Souza; Valverde (2021).

No que diz respeito à análise dos índices de cenários climáticos (ICC) para os diferentes cenários de emissões RCP4.5 (ICC 4.5) e RCP8.5 (ICC 8.5), constatou-se que o cenário climático mais extremo, o ICC 8.5 (Figura 3), exibiu uma escala maior em comparação com o cenário 4.5. Não foram identificados municípios com menor vulnerabilidade nessa escala, sendo que os maiores índices estão concentrados nas regiões oeste e sul do Espírito Santo. Nessas regiões, os municípios com baixa CA podem ser encontrados.

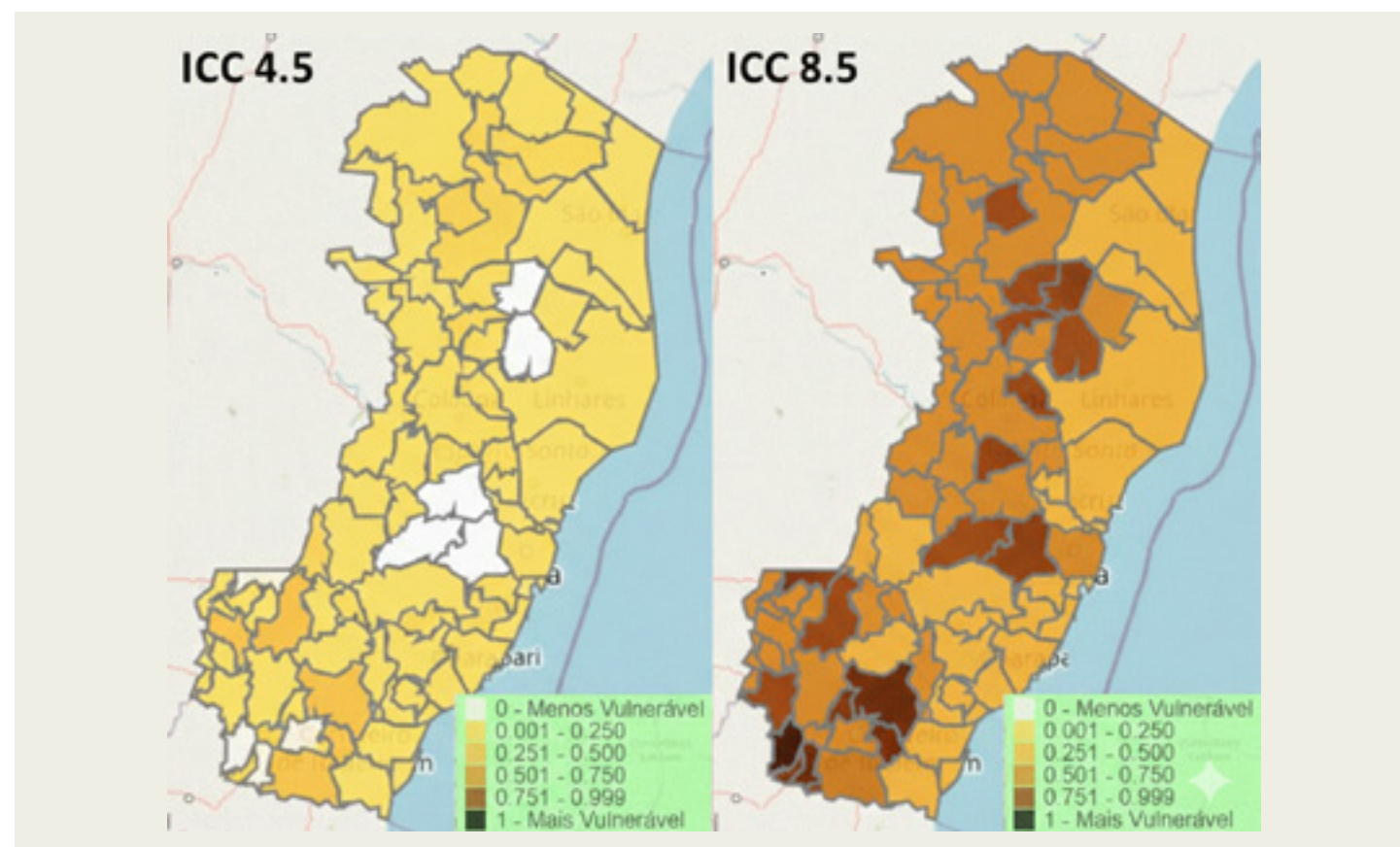


Figura 3: Índices de Cenários Climáticos (ICC): RCP4.5 (a) e RCP8.5 (b) para os municípios do Espírito Santo.  
Fonte: Calado, de Souza; Valverde (2021).

Ao analisar os resultados espaciais exibidos na Figura 4, é possível observar a distribuição dos valores do Índice de Vulnerabilidade (IV) nas microrregiões do estado do Espírito Santo. Nota-se que as regiões com tonalidades mais escuras indicam uma maior vulnerabilidade, sendo essa predominante ao norte do Estado, com destaque para a microrregião Noroeste. Nessa microrregião, o fator determinante foi a elevada taxa de pobreza, que desempenhou um papel significativo na composição do índice.

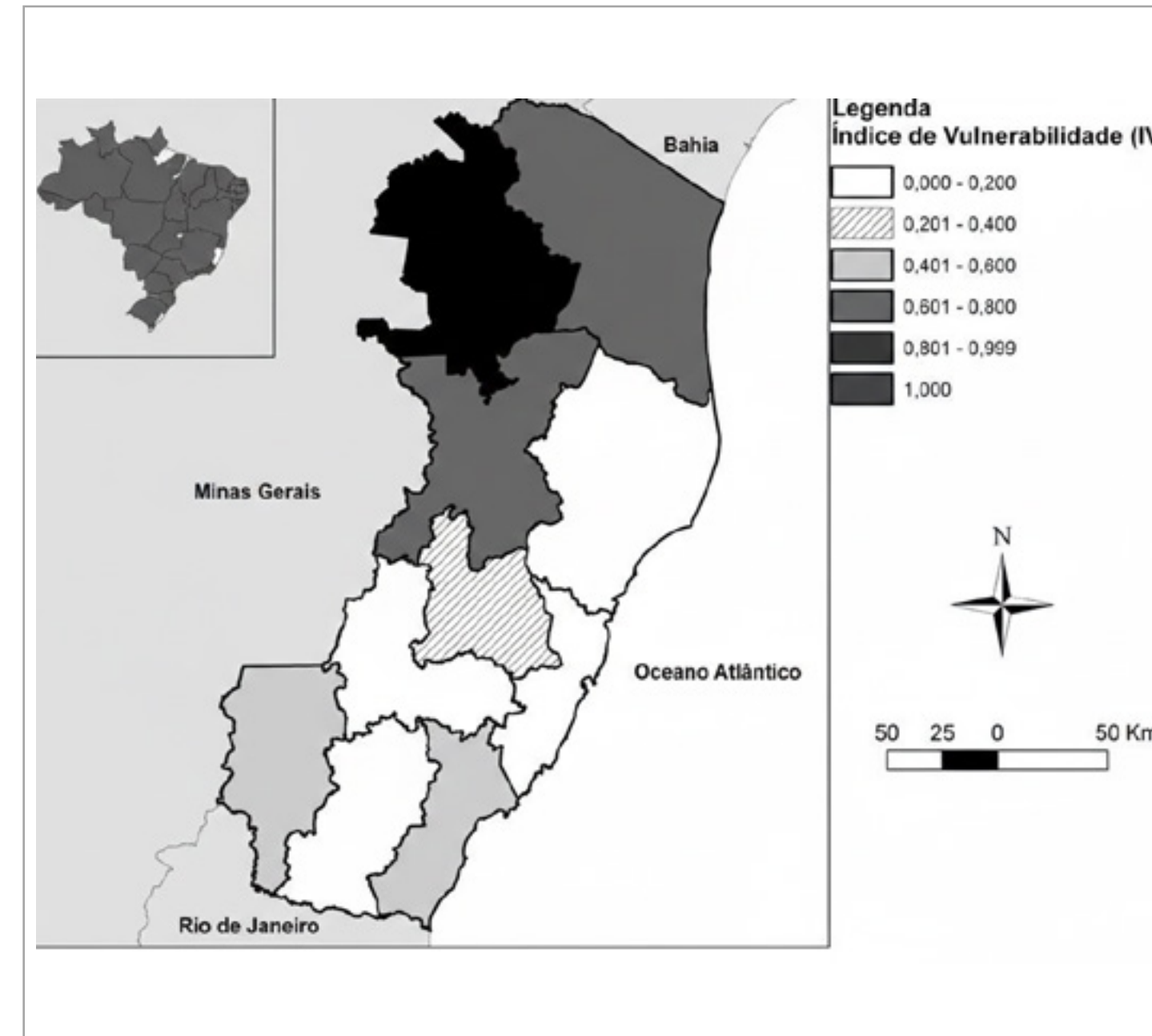


Figura 4: Índice de Vulnerabilidade por microrregião do Espírito Santo.  
Fonte: Santos et al. (2019).

Segundo Conde et al. (2023), o manejo inadequado de pastagens com práticas convencionais resulta em múltiplos impactos ambientais, incluindo desmatamento, alterações nos ciclos do carbono e da água, perda de biodiversidade terrestre, degradação do solo e consequente diminuição da produtividade pecuária, com implicações para a segurança alimentar. A negligência no manejo dessas áreas amplifica os processos erosivos, acarretando significativos efeitos adversos na paisagem.

O Espírito Santo, possui aproximadamente 1.922.529 hectares de áreas destinadas à pecuária. Dentre essas áreas, 667.729 hectares são classificados com baixo vigor, enquanto 878.506 hectares apresentam um vigor médio e 376.294 hectares são classificados como alto vigor (MapBiomias, 2023). A Figura 5 ilustra de maneira evidente que as regiões Norte e Sul do estado exibem as maiores extensões de pastagens degradadas, indicando a prevalência de práticas intensivas de pecuária nessas áreas.

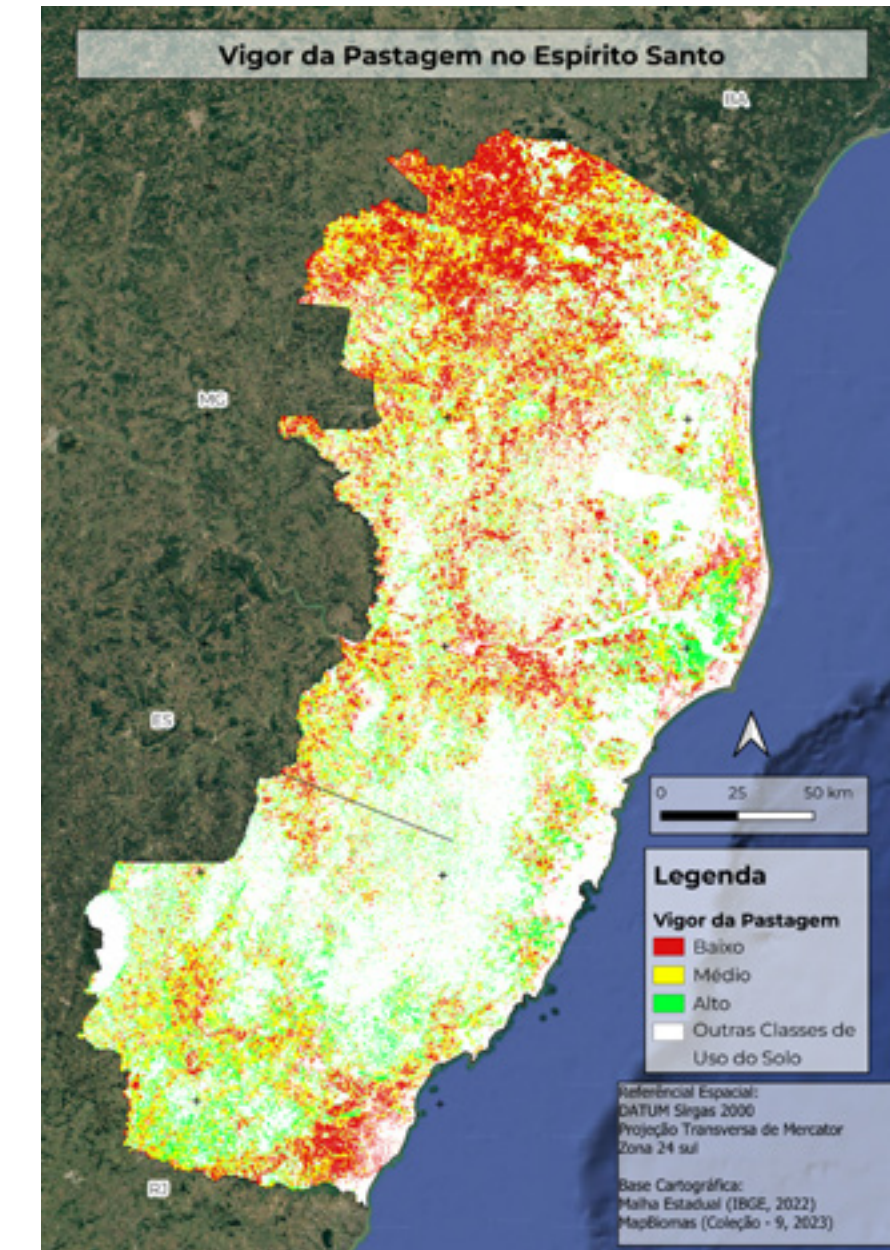


Figura 5: Mapa de pastagem do Espírito Santo.  
Fonte: MapBiomias (2023).

A agropecuária do Estado é impactada pelos efeitos da seca, o que pode acarretar consequências significativas a longo prazo. Esses impactos são percebidos principalmente pelos pequenos produtores e pela agricultura familiar, resultando em um aumento gradual da insegurança alimentar, desnutrição e impactos no crescimento infantil. Além disso, é importante ressaltar que eventos climáticos extremos, como a seca, desencadeiam movimentos migratórios e interferem em toda a dinâmica funcional das localidades, incluindo o cenário de doenças endêmicas e epidêmicas (PBMC, 2020).

De acordo com os dados do inventário de emissões e remoções de GEE do SEEG, no Brasil, no ano de 2021, as emissões provenientes do setor agropecuário alcançaram o maior valor registrado na série histórica, totalizando 601 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>e com base no Potencial de Aquecimento Global (GWP) do AR5 (Quinto Relatório de Avaliação do IPCC). Isso representa um aumento de 3,8% em relação a 2020, quando foram registradas 579 milhões de toneladas. É importante destacar que, desde 1970, as emissões do setor agropecuário apresentaram um aumento significativo de 182% (Figueredo et al., 2023).

No âmbito desta pesquisa (Figura 6), constatou-se que as pastagens degradadas desempenham um papel significativo no aumento dos GEE. No entanto, observou-se que a mesma pastagem, quando em condições ideais e livre de degradação, possui a capacidade de reter esses gases de forma eficiente (SEEG, 2023).

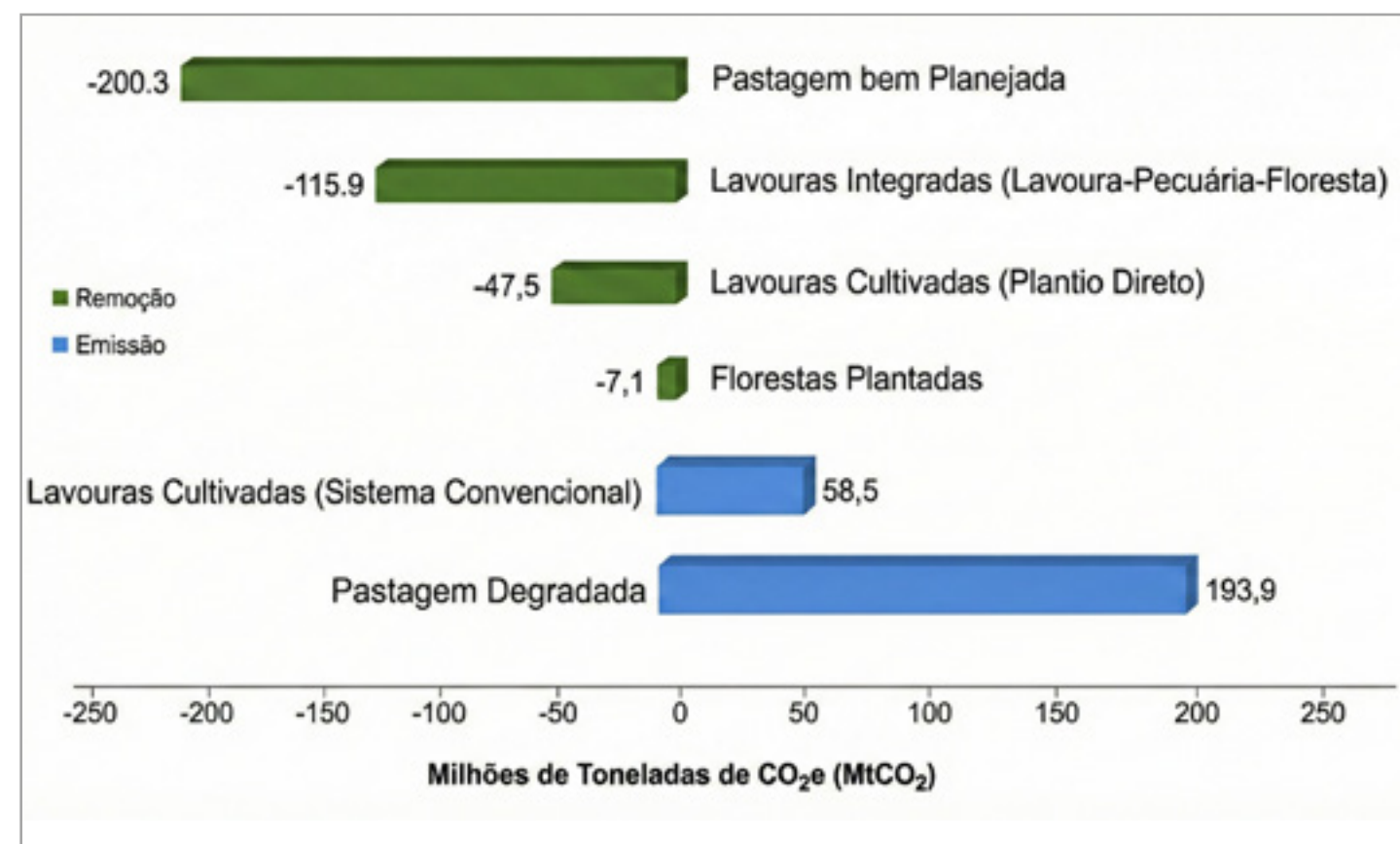


Figura 6: Emissão e remoção de carbono pelas pastagens.

Fonte: Adaptado de SEEG (2023).

Ao realizar uma análise comparativa entre os dados de vulnerabilidade do Estado e o grau de vigor das pastagens, observou-se uma sobreposição visual entre as regiões de maior vulnerabilidade e aquelas que apresentam menor vigor das pastagens. Ao examinar os dados, do relatório técnico do PNEGEE (2022) do Estado, observa-se que a região noroeste do Estado apresenta o mais elevado grau de vulnerabilidade, além de ser o local com maior concentração de pastagens com baixo vigor. Esse resultado sugere uma relação entre a fragilidade socioambiental e a degradação dos sistemas pecuários, indicando que regiões mais suscetíveis aos impactos das mudanças climáticas coincidem com territórios de baixa resiliência agropecuária.

A recuperação de pastagens degradadas é um processo que visa restaurar a capacidade produtiva dessas áreas, de acordo com os interesses econômicos envolvidos. Além disso, de acordo com o PNEGEE (2022), a recuperação adequada das pastagens, juntamente com seu manejo apropriado e a manutenção da produtividade, desempenha um papel importante na mitigação das emissões de gases do efeito estufa. Isso ocorre por meio do aumento do estoque de carbono atmosférico no solo.

Além dos benefícios ambientais relacionados à redução das emissões de gases do efeito estufa, a recuperação de pastagens também tem implicações positivas em termos de disponibilidade de terras. O aumento da produtividade das pastagens recuperadas pode resultar na liberação de áreas anteriormente utilizadas para pastoreio, permitindo sua realocação para atividades agrícolas, florestais ou de preservação. Essa realocação de terras pode contribuir para aumentar a oferta de serviços ecossistêmicos e reduzir a necessidade de expansão em áreas de ecossistemas naturais (Manzato et al., 2020).

O PSA emerge como uma ferramenta de gestão eficaz para estimular a recuperação de áreas de pastagens degradadas. Segundo Conde et al. (2023), a implementação de um programa de PSA tem o propósito de incentivar os proprietários de terras a adotarem práticas de manejo sustentável e restauração ambiental, com o intuito de promover a recuperação dessas áreas degradadas. Ao valorizar os serviços ecossistêmicos fornecidos por essas áreas recuperadas, o PSA estimula a

adoção de práticas de manejo sustentável e restauração ambiental, contribuindo para a melhoria da qualidade do solo, a conservação da biodiversidade e a remoção do carbono atmosférico.

### Conclusão

A análise da relação entre a vulnerabilidade do território e a degradação das pastagens revela uma sobreposição entre as áreas mais vulneráveis e aquelas com baixo vigor de pastagens indicando área prioritária de recuperação.

As Áreas Prioritárias para implementação de PSA surgem como uma abordagem eficaz para incentivar a recuperação de pastagens de baixo e médio vigor.

A combinação do PSA e da Agricultura de Baixo Carbono pode promover a adoção de práticas agrícolas mais sustentáveis, com benefícios tanto para o meio ambiente quanto para os agricultores. Essas abordagens contribuem para a conservação dos recursos naturais, a mitigação das mudanças climáticas e a promoção de sistemas agrícolas mais resilientes e sustentáveis.

O PSA pode desempenhar um papel importante como ferramenta de gestão de efeitos climáticos, incentivando ações que promovam a mitigação e a adaptação às mudanças climáticas. Ao valorizar os serviços ambientais prestados pelos ecossistemas, o PSA estimula ações que contribuem para a redução das emissões de GEE e para o aumento da resiliência dos ecossistemas e das comunidades frente aos efeitos climáticos.

## Referências

BONTEMPI, R. M.; GUERRA, B.R.; RANIERI, E. L. **Introdução ao instrumento econômico pagamento por serviços ambientais: boas práticas e integração com instrumentos de planejamento**. São Carlos: EEECC/USP, 2025. ISBN: 978-65-86954-50-0. DOI: 1011606/97865869554500.

CALADO, B. N.; DE SOUSA, A. R.; VALVERDE, M. C. **Capacidade Adaptativa dos Municípios do Estado do Espírito Santo frente às Mudanças Climáticas: uma análise com base no software SisVuClima**. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 12, p. 112155-112174, 2021. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Bianca-Calado/publication/357589009-Capacidade-Adaptativa-dos-Municipios-do-Estado-do-Espirito-Santo-frente-as-Mudancas-Climaticas-uma-analise-com-base-no-software-SisVuClima-Adaptive-Capacity-of-Municipalities-of-the-State-of-Espirito-/links/62064d7187866404a15feb0f/Capacidade-Adaptativa-dos-Municipios-do-Estado-do-Espirito-Santo-frente-as-Mudancas-Climaticas-uma-analise-com-base-no-software-SisVuClima-Adaptive-Capacity-of-Municipalities-of-the-State-of-Espirit.pdf>. Acesso em: 20 nov.2023.

CONDE, R. C. C. D.; NETO, A. A.B.; COSTA, A.N.; BORTOLINI, M. A. A.; ROCHA, L.P.; COSTA, A. F. S.; MELLO, R. L. S. **Pastagens degradadas como áreas prioritárias para implantação de pagamentos por serviços ambientais**. In: Anais do Encontro Nacional de Comitês de Bacias Hidrográficas (ENCOB): Águas do Brasil - governança adaptação e desenvolvimento. Anais...Natal (RN) Centro de Convenções Natal RN, 2023. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/encob2023/663978-PASTAGENS-DEGRADADAS-COMO-AREAS-PRIORITARIAS-PARA-IMPLANTACAO-DE--PAGAMENTOS-POR-SERVICOS-AMBIENTAIS>. Acesso em: 02 dez. 2023.

DA MOTTA, E. M. P. L.; RESENDE, G. C.; PALHARES, A. A.; ARAÚJO, L. P.; CORTAT, L. F. **Instrumento financeiro para o combate às mudanças climáticas**. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v. 12, p. e18901-e18901, 2023. Disponível em: [https://portaldeperiodicos.ani-maeducacao.com.br/index.php/gestao\\_ambiental/article/view/18901](https://portaldeperiodicos.ani-maeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/18901). Acesso em: 19 nov. 2023.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Serviços ecossistêmicos e pagamento por serviços ambientais: aspectos teóricos e estudo de caso** / Lauro Rodrigues Nogueira Junior ... [et al.], editores técnicos. - Brasília, DF: Embrapa, 2022. PDF (135 p.): il. color. ISBN 978-65-89957-20-1. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1146442/servicos-ecossistemicos-e-pagamento-por-servicos-ambientais-aspectos-teoricos-e-estudo-de-caso>. Acesso em: 10 jun. 2023.

ESPÍRITO SANTO. LEI Nº 8.995 de setembro, 2008. **Institui o Programa de Pagamento por Serviços Ambientais - PSA e dá outras providências**. Assembleia Legislativa do Espírito Santo. Disponível em: <https://www3.al.es.gov.br/Arquivo/Documents/legislacao/html/LO8995.html>. Acesso em: 19 nov. 2023.

FIGUEIREDO, M.; BARROS, I. D.; PIROVANI, D.; GODINHO, T. D. O. 2023. **Levantamento de emissões e mitigação de gases de efeito estufa da pecuária bovina no Espírito Santo**. Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/handle/item/4507>. Acesso em: 20 nov. 2023.

HENKES, J. A. **Eventos extremos: reflexos das mudanças climáticas ou episódios normais da natureza**. Revista Brasileira de Meio Ambiente & Sustentabilidade, [S. l.], v. 3, n. 4, p. 1–3, 2023. Disponível em: <https://rbmaes.emnuvens.com.br/revista/article/view/342>. Acesso em: 22 nov. 2023.

MANZATTO, C. V.; ARAUJO, L. S.; ASSAD, E. D.; SAMPAIO, F. G.; SOTTA, D. E.; VICENTE, L. E.; PEREIRA, S. E. M.; LOEBMANN, D. G. S. W.; VICENTE, A. K. **Mitigação das emissões de gases de efeitos estufa pela adoção das tecnologias do Plano ABC: estimativas parciais**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2020. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/215371/1/Manzatto-emissoes-gases-2020.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2023.

NAIDHIG, D.; SOUZA, M. C. O.; CORAZZA, R. I. **Agricultura, florestas e outros usos da terra no Brasil: elementos para conhecer a metodologia de classificação e seu perfil de emissões de gases de efeito estufa no período 1990 – 2019**. Revista de Gestão e Secretariado (Management and Administrative Professional Review), [S. l.], v. 14, n. 11, p. 19753–19773, 2023. DOI: 10.7769/gesec. v14i11.3151. Disponível em: <https://ojs.revistagesec.org.br/secretariado/article/view/3151>. Acesso em: 22 nov. 2023.

OLIVEIRA, P. K. H. de. **Um novo capítulo no financiamento privado do agronegócio: instrumentos financeiros para a transição brasileira à agricultura de baixo carbono**. 2023. Tese de Doutorado. Disponível em: <https://repositorio.fgv.br/server/api/core/bitstreams/6aafb8d5-56fa-4ba3-9cdc-04a5faea7dd3/content>. Acesso em: 21 nov. 2023.

**PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS - PBMC, 2020: Mudanças Climáticas e Cidades. Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas** [Ribeiro, S.K., Santos, A.S. (Eds.)]. PBMC, COPPE – UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil. 116p. ISBN: 978-85-285-0344-9. Disponível em: [http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/index.php/pt/publicacoes/relatorios-especiais-pb-mc/item/relatorio-especial-mudancas-climaticas-e-cidades?category\\_id=19](http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/index.php/pt/publicacoes/relatorios-especiais-pb-mc/item/relatorio-especial-mudancas-climaticas-e-cidades?category_id=19). Acesso em: 17 nov. 2023.

**PAINEL INTERGOVERNAMENTAL PARA A MUDANÇA DE CLIMA - IPCC, 2022: Mudanças Climáticas 2022: Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade. Contribuição do Grupo de Trabalho II para o Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas** [H.-O. Pörtner, DC Roberts, M. Tignor, ES Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegria, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido e Nova York, NY, EUA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>. Acesso em: 19 nov. 2023.

**PLANO DE DESCARBONIZAÇÃO E NEUTRALIZAÇÃO DAS EMISSÕES DE GEE DO ESPÍRITO SANTO – PDNEGEE, 2022. Relatório Técnico**. Universidade Federal do Espírito Santo:Vitória/ES, 2022. Disponível em: <https://seama.es.gov.br/Media/Seama/Documentos/Plano%20de%20Descarboniza%C3%A7%C3%A3o%20e%20Neutraliza%C3%A7%C3%A3o%20das%20Emiss%C3%B5es%20de%20GEE%20do%20Esp%C3%ADrito%20Santo%20VERS%-C3%83O%20-%20I.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2023.

**Projeto MapBiomass** – Coleção 9 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil. Disponível em: <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/pastagem>. Acesso em: 19 jan. 2025.

Quintão AF, Brito I, Oliveira F, Madureira AP, Confalonieri U. **Social, Environmental, and Health Vulnerability to Climate Change: The Case of the Municipalities of Minas Gerais, Brazil**. J Environ Public Health. 2017;2017:2821343. doi: 10.1155/2017/2821343. Epub 2017 Mar 29. PMID: 28465693; PMCID: PMC5390553..

SANTOS, R. B.; MENE4ZES, J. A.; CONFALONIERI, U.; ADUREIRA, A. P.; DUVAL, I. B.; GAR-

CIA, P. P.; MARGONARI, C. **Construção e aplicação de um índice de vulnerabilidade humana à mudança do clima para o contexto brasileiro: a experiência do estado do Espírito Santo**. Saúde e Sociedade, v. 28, p. 299-321, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sausoc/a/F5y-gkKXPQCmQ3wkh6DL9Wn/>. Acesso em: 19 nov. 2023.

SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA - SEEG, 2023. **Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa dos Sistemas Alimentares no Brasil**. v.10. Disponível em: <https://seeg.eco.br/2023/11/17/producao-de-comida-responde-por-74-das-emissoes-do-brasil/>. Acesso em 21 nov. 2023.

SOSSAI, M. F. Coordenador do Núcleo de Gerenciamento do Programa Reflorestar Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **O que é o Reflorestar?** SEAMA, 2023. Disponível em: [https://seama.es.gov.br/o\\_que\\_e\\_reflorestar](https://seama.es.gov.br/o_que_e_reflorestar). Acesso em: 20 nov. 2023.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME [UNEP]. **A Década da restauração de Ecossistemas no Brasil**. Nature Action, 2022. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/reportagem/decada-da-restauracao-de-ecossistemas-no-brasil#:~:text=A%20Restaura%C3%A7%C3%A3o%20de%20Ecossistemas%20%C3%A9,de%20Desenvolvimento%20Sustent%C3%A1vel%20>. Acesso em: 22 nov. 2023.

# Responsabilidade Civil Ambiental no Caso Samarco: Análise do sistema de indenizações da Fundação Renova

Jorgina Juliana Gradisse Freitas<sup>1</sup>  
Stella Emery Santana<sup>2</sup>

## Resumo

Objetivamos com o presente estudo verificar a eficiência do sistema indenizatório da Fundação Renova na aplicação do princípio do poluidor-pagador, relacionando-o ao sistema de responsabilidade civil ambiental, frente ao desenvolvimento sustentável. Trata-se de pesquisa bibliográfica utilizando o método de abordagem teórico-indutivo a partir da análise do desastre ambiental decorrente do rompimento da barragem da Samarco em Mariana-MG, ocorrido em 2015. Os programas de indenização inicialmente adotados pela Fundação Renova apresentaram diversas falhas, destacando-se os valores baixos, problemas no cadastramento, exigência de comprovação formal de atividades, atrasos e exclusões injustas, comprometendo sua eficácia e caráter emergencial. Foi criado então um novo modelo indenizatório que facilitou a inclusão de atingidos e acelerou os pagamentos, também criticado por limitar os tipos de danos reconhecidos, impor restrições temporais e oferecer valores considerados insuficientes para reparação de danos morais, e ainda assim, representou um avanço ao ampliar o acesso à reparação, especialmente para os mais vulneráveis. Embora o Brasil possua uma legislação ambiental robusta, a efetiva responsabilização por danos ambientais enfrenta diversos entraves na aplicação das leis e princípios ambientais, o que dificulta a efetiva responsabilização das grandes empresas e o avanço real em direção ao objetivo sustentável.

**Palavras-chave:** Responsabilidade Civil, Princípio do Poluidor-Pagador, Reparação, Dano Ambiental.

## Abstract

The aim of this research is to evaluate the efficiency of the compensation system implemented by the Renova Foundation in the application of the polluter-pays principle, relating it to the environmental civil liability system in the context of sustainable development. It is a bibliographical research using a theoretical-inductive approach, based on the analysis of the environmental disaster caused by the collapse of the Samarco dam in Mariana-MG, which occurred in 2015. The initial compensation programs adopted by the Renova Foundation had several shortcomings, especially low compensation amounts, registration problems, the requirement of formal proof of activities, delays, and unjustified exclusions, which compromised its effectiveness and emergency nature. In response, a new compensation model was created, that facilitated the inclusion of victims and accelerated payments. However, it was also criticized for limiting the types of damages recognized, imposing time limits, and offering compensation amounts considered insufficient for moral damages. Nevertheless, it represented progress by expanding access to compensation, especially for the most vulnerable. Although Brazil has robust environmental legislation, effective accountability for environmental damage faces several obstacles in the application of the law and environmental principles, hindering the effective liability of large companies and real progress toward the goal of sustainable development.

**Keywords:** Civil liability, Polluter-Pays Principle, Compensation, Environmental Damage.

<sup>1</sup>Jorgina Juliana Gradisse Freitas. Bacharel em Direito, Bacharel em Zootecnia, Mestre em Aquicultura e Pesca, Especialista em Gestão e Manejo Ambiental em Sistemas Agrícolas. Residente Jurídico no Tribunal de Justiça do Espírito Santo - TJES. [julianaconsultoria@gmail.com](mailto:julianaconsultoria@gmail.com)

<sup>2</sup>Stella Emery Santana. Bacharel em Direito, Mestre em Direito, Doutora em Oceanografia Ambiental. Professora do curso de direito da Faesa. Professora do Mestrado Profissional PROFÁGUA/UFES. Consultora Jurídica Ambiental e Internacional. Advogada. Membro da ISDRS, a Sociedade Internacional de Pesquisa em Desenvolvimento Sustentável (sigla em inglês). [stella.emery@faesa.br](mailto:stella.emery@faesa.br)





## Introdução

A responsabilização pelo dano ambiental e a sustentabilidade se encontram interligadas, visto que ambas objetivam garantir a preservação do meio ambiente para as presentes e futuras gerações, conforme o disposto na Constituição Federal Brasileira. Por um lado, a sustentabilidade, apoiada nos pilares ambiental, social e econômico, envolve o uso racional de recursos naturais, enquanto a responsabilização pelo dano ambiental visa inibir práticas degradantes do meio ambiente no exercício da atividade humana.

O direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado e a responsabilidade pelo dano ambiental são reconhecidas pelo ordenamento jurídico brasileiro e amparadas principalmente pela Constituição Federal, Código Civil e legislações ambientais específicas, nas quais se dispõe a respeito da responsabilização pelo dano ambiental nas esferas civil, penal e administrativa, incluindo o dever de reparar, recuperar e indenizar pelos danos causados ao meio ambiente e aos atingidos por tais danos.

A fim de analisar a problemática da eficiência da reparação por danos decorrentes de atividades econômicas frente à sustentabilidade, analisamos o caso do rompimento da barragem de Fundão, em Mariana-MG, operada pela mineradora Samarco, controlada pela Vale e BHP Billiton, ocorrido em 05 de novembro de 2015, o Caso Samarco. O acontecimento despejou no ambiente milhões de metros cúbicos de rejeitos de mineração, devastando o distrito de Bento Rodrigues e alcançando o Rio Doce até o litoral do Espírito Santo. Foi considerado à época como o maior desastre ambiental do Brasil, levando em conta que resultou em grandes danos ambientais, materiais e humanos, incluindo 19 mortes.

Diante do prejuízo sócio-ambiental causado, foi firmado um Termo de Transação e Ajustamento de Conduta (TTAC) entre a Samarco, suas empresas controladoras, o Poder Público e o Ministério Público Federal, visando ações de reparação dos danos, incluindo a indenização aos atingidos pelo rompimento da barragem. A fim de administrar e executar tais ações, foi criada a Fundação Renova, que deu origem a um sistema de indenizações específico para atender a essa população. Tal sistema de indenizações prevê acordos de indenização para diferentes categorias de atingidos, conforme a atividade exercida e prejudicada pelo evento.

Considerando a necessidade de garantir a devida reparação dos danos causados aos atingidos e a segurança jurídica para os mesmos e para a sociedade como um todo, questionamos até que ponto o sistema de indenizações da Fundação Renova mostrou-se eficiente na aplicação do princípio do poluidor-pagador, analisando a forma como a responsabilidade civil ambiental foi aplicada na reparação dos danos decorrentes do rompimento da barragem em questão. Analisamos então o sistema de indenizações utilizado, o seu funcionamento e eficiência na indenização e reparação dos danos causados aos atingidos. Analisamos ainda como o sistema de responsabilização pelo dano ambiental no Brasil pode motivar as empresas a evitar danos ambientais em decorrência de sua atividade econômica, e como o mesmo sistema dificulta alcançar os responsáveis por danos ambientais, caminhando para o distanciamento do Desenvolvimento Sustentável.

Objetivamos com o presente estudo verificar a eficiência do sistema indenizatório da Fundação Renova na aplicação do princípio do poluidor-pagador, relacionando-o ao sistema de responsabilidade civil ambiental, frente ao desenvolvimento sustentável.

## Metodologia

Trata-se de pesquisa bibliográfica, utilizando-se o método de abordagem teórica indutivo, consi-

derando que a pesquisa foi desenvolvida a partir da análise do desastre ambiental decorrente do rompimento da barragem da Samarco, em Mariana-MG, ocorrido em 2015, até o entendimento geral do sistema de responsabilização ambiental, e dialético, visto que utiliza o diálogo entre vários autores da área jurídica ambiental, entre eles, Ingo Wolfgang Sarlet, Tiago Fenterseifer e Richardeny Lemke. Foi utilizada a técnica de revisão bibliográfica de doutrinas, leis brasileiras, do Termo de Transação e Ajustamento de Conduta aplicado, além de informações e coleta de dados publicados nos sites oficiais da Fundação Renova.

## Referencial Teórico

O princípio ambiental do poluidor-pagador possui caráter preventivo, repressivo e reparador do dano ambiental (Viana e Lima, 2013). Trata da tentativa de impor ao poluidor a obrigação de recuperar o ambiente, ou indenizar pelo dano causado (Trennepohl, 2020), e objetiva evitar que os danos ambientais sejam utilizados como subsídio para a atividade econômica, impondo um custo ambiental àquele que explora economicamente o meio ambiente. A ideia básica é que a sociedade não arque com o custo da produção, evitando que apenas um indivíduo ou um determinado grupo – aquele que polui ao exercer sua atividade econômica – seja beneficiado em detrimento da coletividade (Antunes, 2015).

Especificamente a respeito da responsabilidade pelo dano ambiental, a Constituição Federal Brasileira (Brasil, 1988), no seu art. 225, parágrafo 3º, além de trazer implícito o princípio do poluidor-pagador, prevê a tríplice responsabilidade, aplicável nas esferas civil, penal e administrativa, cumulativamente (Fiorillo, 2022). De acordo com Sarlet e Fensterseifer (2021), a responsabilização pelo dano ambiental deve atender prioritariamente o restabelecimento do estado anterior da área atingida, porém, considerando que isso nem sempre é possível, a indenização dos atingidos por desastres ambientais apresenta-se de forma subsidiária e complementar à reparação e compensação do dano ambiental.

Abordaremos brevemente as formas de responsabilização pelo dano ambiental presentes no ordenamento jurídico brasileiro, com enfoque na responsabilidade civil.

O dever de reparação pelo dano ambiental é previsto e amparado principalmente pela Constituição Federal (Brasil, 1988), pelo Código Civil (Brasil, 2002), pela Lei 6.938/68 - Política Nacional do Meio Ambiente (Brasil, 1968) e pela Lei 9.605/98 – Lei de Crimes Ambientais (Brasil, 1998).

O direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado é reconhecido na Constituição Federal (Brasil, 1988) como interesse e ao mesmo tempo como dever da coletividade e do Poder Público (Sarlet e Fensterseifer, 2021). A mesma Carta, em seu art. 5º, incisos V e X, assegura o direito à indenização pelo dano material e moral.

A Responsabilidade Civil implica na obrigatoriedade de reparar o dano causado, e consiste no dever de indenizar, originado da prática de um ato ilícito (Pereira, 2016), apontado pelo Código Civil Brasileiro (Brasil, 2002), no Art. 186, como a violação ao direito alheio ou causar dano a outrem, seja por ação ou omissão, negligência ou imprudência. O mesmo instrumento legal, no art. 927, reconhece que a responsabilidade pela reparação do dano por parte daquele que o causa independe de culpa nos casos previstos em lei ou quando a atividade normalmente desenvolvida pelo autor do dano implicar, por sua natureza, risco a direitos alheios. No art. 944, o Código Civil complementa que a indenização deve ser proporcional ao dano causado.

A Política Nacional do Meio Ambiente, instituída pela Lei 6.938/81 (Brasil, 1981) foi o primeiro instrumento normativo nacional a impor a responsabilidade por dano ambiental, no seu art. 14, §1º, impondo ao poluidor, independente da culpa, a obrigação de indenizar ou reparar os danos causados ao meio ambiente e a terceiros, afetados por sua atividade, além de penas de multa, perda ou restrição de incentivos e benefícios fiscais e de participação em linhas de financiamento, além de suspensão de suas atividades. A mesma define, no seu Art. 3º, IV, como poluidor, o responsável, direta ou indiretamente, por atividade degradante ao meio ambiente, seja pessoa física ou jurídica, e a ele impõe, no seu art. 4º, VII, a obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados.

A responsabilização pelo dano ambiental foi complementada pela Lei 9.605/98 - Lei de Crimes Ambientais (Brasil, 1998). Tal dispositivo legal especifica os crimes contra o meio-ambiente e tipifica condutas envolvendo a poluição e outros delitos ambientais (Leal, 2016). Além de arrolar os crimes ambientais e penalidades aplicáveis, a Lei 9.605/98 (Brasil, 1998) determina a responsabilização penal e administrativa da pessoa jurídica em decorrência da prática de crimes ambientais. Nesse contexto, entende-se que pessoa jurídica pode ser sujeito ativo em crime ambiental (Mossin, 2015), podendo responder na figura de seus representantes ou qualquer pessoa que tenha concorrido para a infração penal ambiental, seja por ação ou omissão, nos casos em que a infração seja cometida em benefício ou interesse da entidade representada (arts. 2º e 3º).

A Lei de Crimes Ambientais (Brasil, 1998), no art. 54, define como crime ambiental “causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora”. Tal Lei trata não apenas da responsabilidade penal, mas define também, no seu Art. 70, como infração administrativa ambiental “toda ação ou omissão que viole as regras jurídicas de uso, gozo, promoção, proteção e recuperação do meio ambiente”.

A responsabilidade administrativa em matéria ambiental encontra-se disciplinada na Lei de Crimes Ambientais (Brasil, 1998) e no Decreto 6.514/08 (Brasil, 2008), que dispõe sobre infrações ambientais e sanções administrativas aplicáveis, e traz, entre outras penalidades, a aplicação de multas por crimes ambientais. Além disso, define os procedimentos administrativos para a apuração de infrações ambientais, a competência de autoridades públicas para aplicação de leis ambientais, a graduação das sanções, recursos e penalidades para o descumprimento de sanções administrativas (Brasil, 2008).

A Lei 7.347/85 - Lei de Ação Civil Pública, permite o ajuizamento de ações destinadas à responsabilização por dano ambiental, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, paisagístico e cultural, tutelando, portanto, os direitos difusos e coletivos (Brasil, 1985). Através da Ação Civil Pública, pode-se obter o compromisso de ajustamento de conduta, é uma forma de instrumentalizar a responsabilidade civil ambiental e o princípio do poluidor-pagador, através da reparação, compensação e indenização pelos danos causados, aplicando tais institutos ao caso concreto (Brasil, 2017).

Explanadas as principais leis brasileiras pertinentes à temática da responsabilidade pelo dano ambiental, passaremos à análise do sistema de indenizações da Fundação Renova, desenvolvido especificamente para ser aplicado ao Caso Samarco, aqui exposto.

Diante do desastre causado pelo rompimento da barragem de Fundão, operada pela mineradora Samarco, em 05 de novembro de 2015, e da necessidade de recuperação ambiental, reparação e ressarcimento pelos danos causados, o Ministério Público Federal ajuizou a Ação Civil Pública nº 0069758-61.2015.4.01.3400, na 12ª Vara Federal de Minas Gerais. A partir de tal Ação, foi firma-



do, em março de 2016, um Termo de Transação e Ajustamento de Conduta (TTAC) entre o Ministério Público Federal (MPF), a União, os estados de Minas Gerais e Espírito Santo de um lado, e a Samarco Mineração S/A, Vale S/A e BHP Billiton Brasil Ltda. de outro, constituindo um acordo pautado em programas e ações de reparação socioeconômica e socioambiental, com a inclusão de medidas para recuperação, mitigação, remediação, reparação, compensação e indenizações, com foco principal nos impactados (MPF, 2016).

A fim de aumentar a eficiência da reparação e da compensação dos danos, o acordo estabeleceu a centralização da gestão dos programas e ações em uma única fundação “privada, sem fins lucrativos, com estrutura própria de governança, fiscalização e controle”, com a participação do Poder Público e da sociedade em instâncias de fiscalização (MPF, 2016). Foi criada então a Fundação Renova, para a formulação e implementação das políticas de restauração e compensação (Silva et al., 2019), com o dever de aplicar um programa de ressarcimento e indenizações utilizando critérios baseados na situação anterior, considerando a legislação brasileira, e com acompanhamento e validação do Poder Público (MPF, 2016). Em cumprimento, a Fundação Renova desenvolveu um sistema de indenizações específico, que prevê acordos de reparação conforme as diferentes categorias de atingidos, considerando as atividades econômicas desenvolvidas pelos mesmos antes do rompimento da barragem (Lemke, 2022).

Considerando o Caso Samarco, e a dimensão dos danos ambiental, material e moral causados, observou-se que a reparação financeira não resolveria todos os problemas causados, visto que, além de perdas materiais, ocorreram danos irreparáveis, como mortes de familiares, perdas culturais e históricas, porém, a indenização seria o melhor que o atingido poderia obter, diante do prejuízo sofrido (Heilbuth, 2020).

O dano material causado aos atingidos pelo rompimento da barragem de Fundão pode ser reconhecido considerando-se as perdas patrimoniais, incluindo imóveis, animais, instrumentos de trabalho e outros itens, além da perda de fonte de renda e matéria prima sofrida por aqueles que exerciam atividade econômica de alguma forma ligada ao Rio Doce (Lemke, 2022). Dispõe o art. 402 do Código Civil (Brasil, 2002) que “(...) as perdas e danos devidas ao credor abrangem, além do que ele efetivamente perdeu, o que razoavelmente deixou de lucrar”. Considerando que o dano emergente é o que ocorre em razão da diminuição patrimonial, enquanto o lucro cessante é o que se verifica em razão da frustração do lucro (Alvim e Alvim, 2013), no caso estudado, o dano emergente abrange a perda de bens materiais sofrida pelos atingidos, enquanto o lucro cessante refere-se à cessação dos ganhos econômicos devido à perda da sua fonte de renda em decorrência do desastre.

Quanto ao dano moral, o desastre resultou em mortes e desaparecimentos de pessoas, além de outras perdas de cunho moral, também indenizáveis através do programa de reparação (MPF, 2016). Considerando tais perdas, o dano moral sofrido pelos atingidos pelo rompimento da barragem de Fundão pode, em parte, ser ilustrado através do seguinte trecho do prefácio do livro “Vidas interrompidas pelo mar de lama” (Pereira, 2018, apud Lemke, 2022):

O mar de lama derramado em Mariana foi um desastre incalculável, seja financeiro, ambiental, social, cultural e simbólico. Pessoas perderam sua vida, e isso não tem preço algum que possa ser reparado. Diversas famílias perderam suas casas, suas terras, suas histórias e suas memórias. Perderam o passado, o presente e não tem noção de como será o futuro.

A partir da criação da Fundação Renova, iniciou-se o programa de reparação e indenização, preliminarmente através do Auxílio Financeiro Emergencial (AFE) e do Programa de Indenização

Mediada (PIM). Além das opções de reparação propostas pela Fundação Renova, havia a possibilidade de busca pela reparação através de ações judiciais particulares (Lemke, 2022).

O Auxílio Financeiro Emergencial (AFE) começou a ser implementado um mês após o desastre, antes do TTAC, e foi mantido após a criação da Fundação Renova. Consistia em prestações mensais pagas aos atingidos através de cartões de pagamento no valor mensal próximo a um salário mínimo, acrescido de 20% por dependente. Foi concedido pela Fundação Renova nos estados do Espírito Santo e Minas Gerais, destinado à atingidos que supostamente dependiam do Rio Doce para o seu sustento diário. Tal auxílio mensal, criado com o objetivo de minimizar as consequências da perda da fonte de renda dos atingidos em decorrência do desastre, dependia de cadastramento e comprovação da dependência econômica da atividade exercida anteriormente e que foi prejudicada, além da análise e aprovação da Fundação Renova para a sua concessão (Lemke, 2022).

O Programa de Indenização Mediada (PIM) foi criado para promover o pagamento de indenizações através de acordos entre a Fundação Renova e os atingidos, com foco na indenização individual. Visa o ressarcimento pelos danos comprovadamente causados às atividades econômicas dos atingidos e pela falta de abastecimento de água potável. A adesão ao PIM depende de conclusão de cadastro pela Fundação Renova, e o acesso é realizado por defensores públicos ou advogados constituídos pelos requerentes. Sua aprovação depende da apresentação de documentos que atestem a atividade exercida antes do rompimento da barragem, e que evidenciem os prejuízos sofridos (Fundação Renova, 2022). Concedido sem prévia negociação coletiva dos critérios e valores de indenização de pessoa física ou jurídica para a qual se verifique a ocorrência de danos materiais, morais e/ou lucros cessantes (Fundação Getúlio Vargas - FGV, 2021).

A fim de suprir as falhas no sistema de reparação disponível, e após muitas tentativas frustradas de acordo entre as Comissões de Atingidos, buscou-se uma solução judicial. No dia 23 de abril de 2020, foi ajuizada uma ação perante a 12ª Vara Federal de Minas Gerais, resultando no processo nº 1016742-66.2020.4.01.3800. Tal ação pleiteava o reconhecimento de categorias de atingidos até então excluídos das ações de reparação, o pagamento integral de indenizações, lucros cessantes e auxílios financeiros emergenciais a todas as categorias de atividades prejudicadas pela lama proveniente do rompimento da barragem de Fundão, incluindo pescadores de subsistência, de fato/amador e protocolados, vendedores de pescado e demais integrantes da cadeia da pesca, artesãos, lavadeiras, areeiros/carroceiros, agricultores, produtores rurais e associações em geral (Lemke, 2022).

A partir da decisão proferida no dia 01 de julho de 2020, no âmbito dessa mesma ação, foi criado o Sistema Indenizatório Simplificado (SIS), identificado também como Novel, dando origem à maior indenização coletiva do Brasil e do mundo. O Novel foi criado com base no conceito de matriz de danos, prevendo indenizações conforme a natureza da atividade econômica desenvolvida pelos atingidos e prejudicada pelo desastre, e no conceito de Rough Justice (Justiça Possível), praticada em países que seguem a Common Law, segundo o qual, a decisão é aquela praticável e útil, embora não necessariamente a ideal, visto que, naquele momento, após quase 5 anos do desastre, milhares de atingidos ainda não haviam sido indenizados (Lemke, 2022).

O Sistema de Indenizações Simplificado ou Novel foi implementado pela Fundação Renova em agosto de 2020, permitindo a indenização de categorias de profissionais formais e informais, além de pescadores profissionais, proprietários de embarcações, hotéis, pousadas e restaurantes. A adesão ocorre através da plataforma on-line disponível no site da Fundação, também mediante representação de advogado ou defensor público. Conforme decisão ju-

dicial, possui valores diferenciados de indenizações considerando a categoria de atingidos, variando, no ano de criação, entre R\$ 17.000,00 a R\$ 567.000,00 (Fundação Renova, 2022), utiliza critérios para comprovação da renda prejudicada mais flexíveis, conforme a decisão judicial que o originou (Lemke, 2022), e inclui o pagamento de lucros cessantes (Fundação Renova, 2022).

## Resultados

O Programa de Indenização Mediada - PIM e o Auxílio Financeiro Emergencial - AFE, que foram os sistemas de indenização inicialmente praticados pela Fundação Renova, apresentaram falhas diversas, a começar pela ineficácia do cadastramento, que devido a erros cometidos pelos cadastradores, e por falhas no sistema, resultou em problemas como atraso no atendimento às solicitações de cadastro, inconsistências relacionadas aos critérios de exigibilidade, falta de acesso à informação e duplicidades. A exigência de documentação para comprovar formalmente a atividade econômica exercida antes do rompimento da barragem, bem como a renda obtida com as suas atividades levou à exclusão de diversos atingidos que exerciam seu ofício informalmente. Diante de tais dificuldades, que culminaram na demora na concessão do auxílio, o AFE deixou de exercer o seu caráter emergencial (Lemke, 2022).

Estudo realizado pela FGV (2021) ressaltou que do total de 33.683 famílias elegíveis ao PIM, 30,8% foram de fato atendidas pelo programa até 2021. Do mesmo total, 6,7% (2.270 famílias) não possuem reconhecimento de dano pela Fundação Renova no Parecer de Avaliação de Impacto. Considerando apenas o total de famílias (28.434) elegíveis ao PIM com parecer de dano reconhecido, pouco mais de um terço (35,4%) foi indenizada através do PIM.

Os valores de reparação propostos pela Fundação Renova através do PIM eram irrisórios, e aceitos pelos atingidos por falta de opção, visto que não existia até então outro sistema de reparação disponível. Diante de tais falhas, após quase 5 anos, inúmeras famílias ainda não haviam recebido a devida reparação (Lemke, 2022), evidenciando a ineficiência do sistema indenizatório praticado até então.

A Fundação Renova (2022), ao apresentar o novo sistema de indenizações - o Novel, afirmou que o mesmo “permitiu a inclusão de milhares de atingidos que não conseguiram comprovar seus danos e provocou a aceleração do pagamento das indenizações em todo o território atingido.” A adesão ao novo sistema de indenizações constituiu uma opção aos demais sistemas de reparação até então disponibilizados pela Fundação Renova, sendo opcional a adesão.

Apesar de ter ampliado o programa de reparações e indenizações, o Novel apresentou falhas e foi alvo de críticas, como em relação à impossibilidade de registro de danos além dos relacionados à renda, trabalho, subsistência ou desabastecimento de água. Além disso, também foram apontadas dificuldades operacionais para registro dos múltiplos danos reconhecidos, restrição do período de perda de renda, considerado de apenas seis anos, e os valores indenizados a título de danos morais de R\$ 10.000,00, montante considerado insuficiente devido à gravidade e diversidade dos danos.

Apesar das falhas apresentadas e críticas, a criação e aplicação do Novel facilitaram as indenizações aos atingidos pelo rompimento da barragem de Fundão, visto que incluiu categorias de trabalhadores que se encontravam excluídas do sistema de indenizações disponível à época, evitando que os mais simples permanecessem como os mais prejudicados.



## Discussão

O princípio ambiental do poluidor-pagador prevê que aquele que polui, tem o dever de recuperar e reparar pelos danos causados, e a aplicação da responsabilidade civil através da obrigação de indenizar constitui uma das formas de instrumentalizar tal princípio. O sistema de indenizações praticado pela Fundação Renova se mostrou em parte eficiente na aplicação de tal princípio, visto que inicialmente, milhares de atingidos não conseguiram ser indenizados, sendo necessária a judicialização e a espera por uma solução. Diante de perdas irreparáveis, de valor moral, como vidas humanas, não se pode afirmar a eficiência de nenhum sistema de reparação econômica. Porém, para evitar a total impunidade das empresas responsáveis, e para tentar evitar que o custo da atividade econômica e da poluição fosse transferido para a população, o sistema de indenizações praticado foi a alternativa possível para que o princípio estudado fosse aplicado ao caso.

O Brasil possui um sistema de legislação ambiental abrangente, incluindo na sua Constituição Federal o direito ao meio ambiente equilibrado, trazendo implícito em seu ordenamento jurídico o princípio do poluidor-pagador, além de um aparato de leis ambientais específicas, que evidencia a responsabilidade civil e ambiental. O princípio do poluidor-pagador, manifestado através das obrigações de recuperar e reparar, exibe o seu caráter preventivo, educativo e repressivo também através de obrigação de adequação da produção econômica de forma que os impactos ambientais sejam minimizados, priorizando a qualidade ambiental e a preservação da vida humana em detrimento da busca pelos lucros.

O Termo de Transação e Ajustamento de Conduta (TTAC) firmado entre o Poder Público e a Samarco, Vale e BHP Billiton em decorrência da tragédia de Mariana para a reparação dos danos causados pelo rompimento da barragem de Fundão trouxe uma série de exigências para que a reparação pelos danos causados não fosse negligenciada. A responsabilização civil e ambiental imposta à Samarco e suas administradoras através do TTAC constituiu uma forma de aplicação do princípio do poluidor-pagador, e iniciou uma série de mudanças na forma de atuação das referidas empresas, ao impor ações prevenção, além da obrigação de reparação socioeconômicas e socioambientais, voltando a atenção para a importância da preservação ambiental no exercício da atividade econômica.

O sistema de indenizações criado pela Fundação Renova em cumprimento ao TTAC foi uma das formas de instrumentalização do princípio do poluidor-pagador, mediante a reparação econômica aos atingidos que tiveram seu patrimônio e atividades econômicas duramente impactadas pelas consequências do rompimento da barragem de Fundão. Diante da possibilidade de ocorrência de novos desastres devido a danos ambientais decorrentes da atividade humana, o aperfeiçoamento do sistema de indenizações aplicado pela Fundação Renova ao Caso Samarco pode ser útil na ampliação dos sistemas de reparação civil e indenizações atualmente existentes.

Após o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, prosseguiu-se um lento processo de mudanças na legislação ambiental e minerária, no que se refere à segurança de barragens, na tentativa de evitar novas tragédias através da criação de leis mais rígidas. Infelizmente, no intervalo entre o processo legislativo e a sanção de novas leis, ocorreu uma nova tragédia da mesma natureza, porém, com um número maior de vítimas. No dia 25 de janeiro de 2019, ocorreu o rompimento da barragem I da Vale, na mina do Córrego do Feijão, em Brumadinho-MG, lançando no ambiente 13 milhões de metros cúbicos de rejeitos de mineração, totalizando 266 mortos. Diante do lamentável acontecimento, observa-se que apesar da existência e aplicação da legislação ambiental na responsabilização pelos danos decorrentes do Caso Samarco, pelo menos, de imediato, não se observou uma mudança efetiva nos sistemas de produção de forma a evitar danos ambientais, mantendo ainda um certo distanciamento do desenvolvimento sustentável.

Embora o Brasil possua uma legislação ambiental robusta e um ordenamento jurídico que inclui o

desenvolvimento sustentável, a efetiva responsabilização dos causadores de danos ambientais ainda enfrenta entraves na aplicação das leis e princípios ambientais, como dificuldades operacionais e burocráticas na aplicação dos programas de indenização, além das dificuldades em mensurar os danos causados aos atingidos para que sejam devidamente compensados, o que dificulta a efetiva responsabilização pelo dano ambiental e o alcance do objetivo de inibir as práticas poluentes e degradantes do meio ambiente, e de promover o desenvolvimento mediante preservação dos recursos naturais para as presentes e futuras gerações.

## Referências

ALVIM, Arruda; ALVIM, Thereza. **Comentários ao Código Civil Brasileiro - Vol. VIII** - Responsabilidade. Grupo GEN. 2013. E-book. ISBN 978-85-309-5719-3. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-309-5719-3/> Acesso em: 28 mai. 2024.

ANTUNES, Paulo de B. **Dano Ambiental: Uma Abordagem Conceitual**. 2ª edição. Grupo GEN. 2015. E-book. ISBN 9788522492947. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522492947/> Acesso em: 05 out. 2022.p. 148.

BRASIL. **Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981. Lei da Política Nacional do Meio Ambiente**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm) Acesso em: 01 abr. 2024.

BRASIL. **Lei 7.347, de 24 de julho de 1985. Lei de Ação Civil Pública**. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l7347orig.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7347orig.htm) Acesso em: 01 abr. 2024.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm) Acesso em: 17 abr. 2025.

BRASIL. **Lei 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Lei de Crimes Ambientais**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9605.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm) Acesso em: 17 abr. 2025.

BRASIL. **Lei 10.406, de 10 de janeiro de 2002. Código Civil Brasileiro**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/2002/l10406compilada.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/l10406compilada.htm) Acesso em: 17 abr. 2025.

BRASIL. **Decreto nº 6.514, de 22 de julho de 2008**. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2007-2010/2008/decreto/d6514.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2008/decreto/d6514.htm) Acesso em: 18 abr. 2025.

BRASIL. Ministério Público Federal. **Ação Civil Pública nº 0069758- 61.2015.4.01.3400 - 12ª Vara Federal da Seção Judiciária de Minas Gerais**. 03/05/2016. Disponível em: <https://www.mpf.mp.br/mg/sala-de-imprensa/docs/acp-samarco> Acesso em: 01 abr. 2024.

BRASIL. **Conselho Nacional do Ministério Público. Resolução nº 23, de 17 de setembro de 2017**. Disponível em: <https://www.cnmp.mp.br/portal/atos-e-normas/norma/501/> Acesso em: 04 abr. 2024.

FIORILLO, Celso Antônio P. **Curso de Direito Ambiental Brasileiro**. Curso de Direito Ambiental Brasileiro. [S. l.]: Saraiva, 2022. p. 116. ISBN 9786555596748. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786555596748/> Acesso em: 2 mar. 2024.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **Indenizações. Processos de Indenização existentes apresentam limitações e problemas**. Projeto Rio Doce. Fundação Getúlio Vargas, 2021. Disponível em: <https://projetoriodoce.fgv.br/avaliacao-pim-e-sis> Acesso em: 29 mai. 2024.

FUNDAÇÃO RENOVA. **A reparação até aqui**. Mês-base junho/2022. E-book. Disponível em: <https://www.fundacaorenova.org/arquivos-e-relatorios/> Acesso em: 29 set. 2022.

HEILBUTH, Diogo Calazans Ferreira. **A responsabilidade civil e a prevenção de danos humano-ambientais decorrentes de rompimentos de barragens de rejeitos da mineração**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Uberlândia. Faculdade de Direito. Brasil, 13/11/2020. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/30745> Acesso em: 05 ago. 2022.

LEAL, Rodrigo José. **Água, direito humano fundamental e sua proteção penal no ordenamento jurídico brasileiro: das ordenações medievais do reino às normas de controle dos crimes ambientais**. Jus, 10/01/2016. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/45732/agua-direito-humano-fundamental-e-sua-protecao-penal-no-ordenamento-juridico-brasileiro> Acesso em: 04 out. 2022.

LEMKE, Richardeny. **Caso Samarco: o maior desastre ambiental da história do Brasil e a luta pelas indenizações aos atingidos**. 1. ed. Baixo Guandu (ES), 2022.

MOSSIN, Heráclito A. **Crimes Ecológicos: Aspectos Penais e Processuais Penais – Lei n. 9.605/98**. [S. l.]: Manole, 2015. 199 p. ISBN 9788520449165. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788520449165/> Acesso em: 4 abr. 2024.

PEREIRA, Marcus Vinicius Mariot. **Responsabilidade Civil: resumo doutrinário e principais apontamentos**. Jusbrasil, 2016. Disponível em: <https://marcusmariot.jusbrasil.com.br/artigos/405788006/responsabilidade-civil-resumo-doutrinarioepincipais-apontamentos> Acesso em: 18 abr. 2025.

SARLET, Ingo W.; FENSTERSEIFER, Tiago. **Curso de Direito Ambiental**. [S. l.]: GEN, 2021. ISBN 9786559641161. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786559641161/> Acesso em: 20 mar. 2024.

SILVA, Marta Zorzal e; Cayres, Domitila Costa; Souza, Luciana Andressa Martins de. **Desastre socioambiental e Termo de Transação e Ajustamento de Conduta (TTAC) como instrumento de política pública. O caso da barragem de Fundão, MG**. Revista de Ciências Sociais. Civitas, Porto Alegre, 2019. v. 19, n. 2, p. 464-488, maio-ago 2019. <https://doi.org/10.15448/1984-7289.2019.2.30227>. Disponível em: [https://www.academia.edu/85355650/Desastre\\_socioambiental\\_e\\_Termo\\_de\\_Transa%C3%A7%C3%A3o\\_e\\_Ajustamento\\_de\\_Conduta\\_TTAC\\_como\\_instrumento\\_de\\_pol%C3%ADtica\\_p%C3%ABblica\\_o\\_caso\\_da\\_barragem\\_de\\_Fund%C3%A3o\\_MG?sm=b](https://www.academia.edu/85355650/Desastre_socioambiental_e_Termo_de_Transa%C3%A7%C3%A3o_e_Ajustamento_de_Conduta_TTAC_como_instrumento_de_pol%C3%ADtica_p%C3%ABblica_o_caso_da_barragem_de_Fund%C3%A3o_MG?sm=b) Acesso em: 22 abr. 2024.

VIANA, André de Paula; LIMA, Leonice Domingos dos Santos Cintra. **Responsabilidade penal ambiental da pessoa jurídica**. Universitas Jus, 2013. doi: 10.5102/unijus.v24i1.2300. Disponível em: <https://www.publicacoesacademicas.uniceub.br/jus/article/view/2300> Acesso em: 23 mar. 2024.

# O efeito indireto da sustainable finance disclosure regulation no custo de capital e nas emissões das companhias investidas pelos fundos regulados

Davi Nacif Soares<sup>1</sup>

## Resumo

A Sustainable Finance Disclosure Regulation (SFDR) faz parte dos esforços da União Europeia para descarbonizar sua economia ao criar regras específicas que classificam fundos de investimento como sustentáveis ou não. Tal regulação cria, indiretamente, uma sinalização sobre as companhias investidas pelos fundos não sustentáveis. Assim, este estudo investiga se houve aumento no custo de capital das empresas investidas pelos fundos brown e se houve redução de suas emissões de gases de efeito estufa. Ao controlar as tendências temporais que afetam tanto o grupo de tratamento (firmas brown) como de controle (firmas green), foi possível isolar o efeito da regulação. Os resultados apontaram para um aumento significativo do custo de capital das firmas brown após a regulação, bem como para uma redução significativa das emissões. Indicando que a penalidade imposta pela regulação (i.e., aumento do custo de capital) impactou as decisões das empresas, levando-as a tomarem ações de descarbonização. Esses achados sugerem que a SFDR, por meio de seus padrões de disclosure e classificação de fundos, está levando o sistema financeiro a contribuir com a transição da economia ao baixo carbono. Porém, como houve aumento de custo, os resultados sugerem que existe um tradeoff nesta iniciativa.

**Palavras-chave:** Finanças sustentáveis; Regulação; Disclosure; Custo de capital.

## Abstract

The Sustainable Finance Disclosure Regulation (SFDR) is part of the European Union's efforts to decarbonize its economy by establishing specific rules that classify investment funds as sustainable or not. This regulation indirectly signals the companies invested in by non-sustainable funds. Thus, this study investigates whether there was an increase in the cost of capital for firms invested in by brown funds and whether their greenhouse gas emissions decreased. By controlling for temporal trends affecting both the treatment group (brown firms) and the control group (green firms), the regulation's effect could be isolated. The results indicate a significant increase in the cost of capital for brown firms after the regulation, as well as a significant reduction in their emissions. This suggests that the penalty imposed by the regulation (i.e., higher cost of capital) influenced firms' decisions, prompting them to take decarbonization actions. These findings suggest that the SFDR, through its disclosure standards and fund classification, is driving the financial system to contribute to the low-carbon economic transition. However, as costs increased, the results also indicate a trade-off in this initiative.

**Keywords:** Sustainable finance; Regulation; Disclosure; Cost of capital.

<sup>1</sup>Mestre em Ciências Contábeis. Fucape Business School. [nacifdavi@gmail.com](mailto:nacifdavi@gmail.com). 0009-0000-9673-6984





## Introdução

Dentro de um contexto de crescente preocupação com desastres ambientais, legisladores e sociedade debatem qual a melhor forma de corrigir possíveis falhas do sistema econômico, uma vez que o mercado, por si só, aparenta não ser capaz de endereçar tais questões (Edmans et al., 2023; Kim e Pouget, 2023). Muito embora a diversidade de singularidades presentes nas diferentes regiões e segmentos econômicos seja um fator que dificulta a formulação de políticas sistêmicas, há iniciativas de reguladores com o objetivo de alinhar setores da economia às agendas climática e social dentro dos pilares das políticas de sustentabilidade.

O primeiro grupo de países em que agentes públicos e reguladores começaram a propor e a implementar regulações climáticas de modo sistemático foi a União Europeia, por meio do European Green Deal, aprovado em 2019. Subsequentemente, países como Brasil, Inglaterra, México e Colômbia começaram a discutir regulações semelhantes, utilizando o modelo europeu como referência. A atual tendência é a de que cada vez mais países - em especial os signatários do Acordo de Paris - façam esse movimento. Dentre as regulações propostas pela Comissão Europeia com o European Green Deal, destaca-se a SFDR. Essa lei regula participantes do mercado financeiro e propõe condicionantes para a classificação dos fundos e realização de investimentos.

Este estudo, portanto, visa contribuir com as discussões sobre regulações de sustentabilidade, ao explorar os efeitos da Sustainable Finance Disclosure Regulation (SFDR) - a primeira regulação de disclosure de informações de sustentabilidade imposta a fundos de investimento. Especificamente, pretende-se identificar os efeitos indiretos da regulação sobre o custo de capital e as emissões de gases de efeito estufa sobre as companhias investidas pelos fundos regulados e que passaram a ser identificados como não sustentáveis. O trabalho se justifica na medida em que fornece evidências empíricas sobre a eficácia da regulação proposta, ao avaliar se seus efeitos cumprem com as expectativas dos reguladores e se existem pontos regulatórios passíveis de melhoria.

O setor financeiro é considerado essencial no enfrentamento às mudanças climáticas, pois tem o potencial de acelerar e fomentar inovações como as que envolvem a transição energética e pesquisas tecnológicas. Tal importância ganhou destaque ainda maior após a COP26 (Conference of Parties) em Glasgow, onde foi criado o Glasgow Financial Alliance for Net Zero (GFANZ), uma coalizão de instituições financeiras que tem como objetivo acelerar a descarbonização da economia e atingir os objetivos climáticos do Acordo de Paris.

Motivados por percepções de risco e oportunidade, desejo de gerar impacto ou apenas para “se sentir bem”, investidores finais têm alocado cada vez mais seus recursos em empresas ou projetos que consideram aspectos de sustentabilidade. Consequentemente, gestoras de ativos começaram a ofertar produtos compatíveis com essa demanda. De acordo com um levantamento feito pela Morningstar Manager Research (Morningstar, 2023), em 2022 foram lançados 980 fundos relacionados à sustentabilidade. Esse nicho cresceu exponencialmente nos últimos anos, ultrapassando a marca dos 5 trilhões de euros no 3º trimestre de 2023 (Morningstar Manager Research [Morningstar], 2023), e as iniciativas de impacto se tornaram cada vez mais comuns (Schoenmaker, 2017); (Popescu et al., 2021).

No entanto, havia problemas como a falta de métricas e de padronização quanto ao que era sustentável (International Monetary Fund, 2021), e em meio ao boom de investimentos sustentáveis, casos de greenwashing (ou impactwashing) no setor financeiro se tornaram comuns (Freitas Netto et al., 2020) onde produtos eram vendidos como sustentáveis sem que possuísem ações reais de impacto. Diante disso, a Comissão Europeia entendeu que era necessária uma regulação que estabelecesse critérios para resolver a falta de definição em torno de investimentos classificados

como sustentáveis. A SFDR, portanto, consiste em um marco para a padronização de reporting e classificação de fundos com objetivos de investimento sustentável. Assim, investidores finais podem tomar decisões munidos de mais informações e alocar seus recursos em ativos que de fato promovam a sustentabilidade.

Um dos objetivos da SFDR, além de aumentar a transparência e qualidade dos disclosures das gestoras, é o da promoção dos investimentos sustentáveis, orientando recursos em direção a uma economia de baixo carbono. Observa-se no gráfico abaixo (Figura 1) que no período analisado, fundos Artigo 9 - com objetivo de investimento sustentável - apresentam uma taxa de crescimento de aportes maior que os fundos Artigo 6 - que não levam a sustentabilidade em consideração em seu processo de investimento - e que fundos Artigo 8 - que apenas consideram a sustentabilidade em seu processo de investimento.

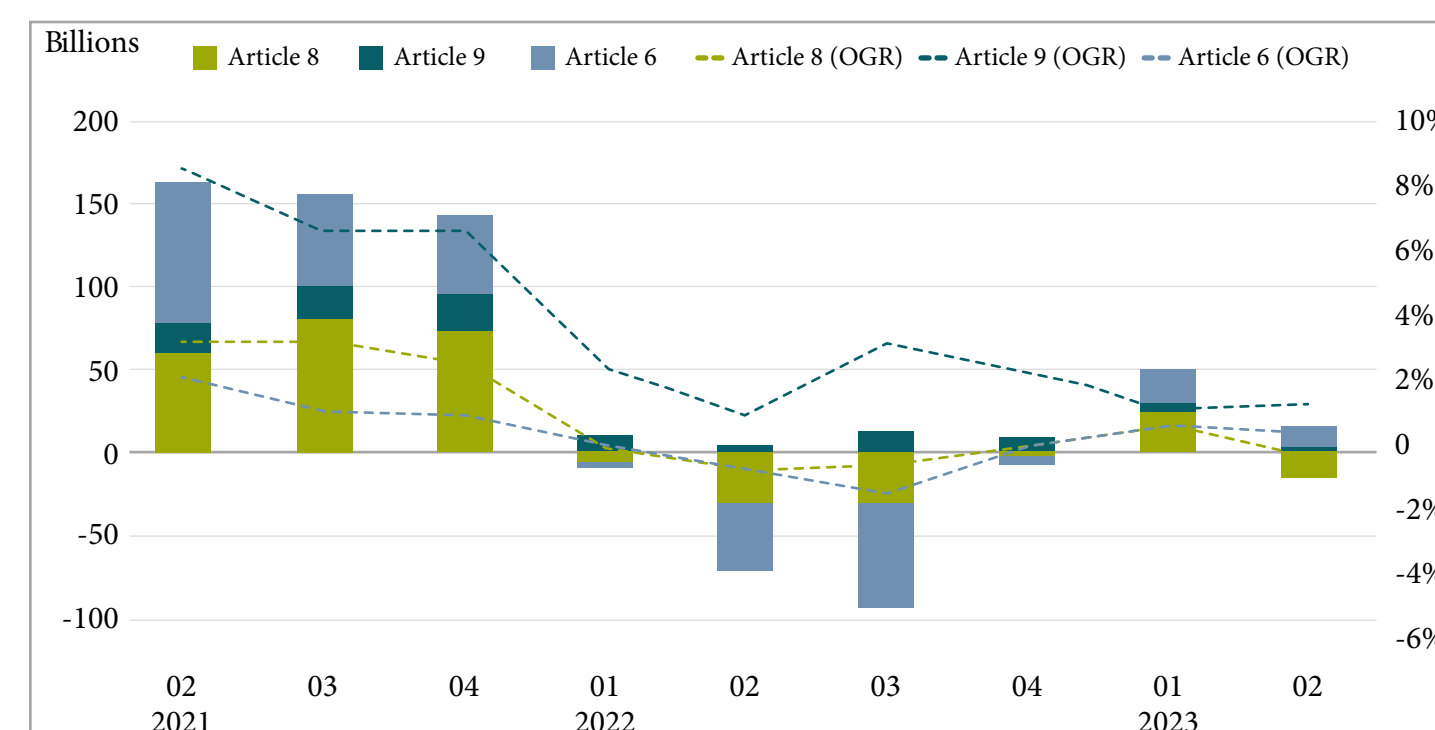


Figura 1: Captação mensal de fundos artigo 9, artigo 8 e artigo 6 (bilhões de euros) e taxa de crescimento orgânica (%).

Fonte: Morningstar Direct (2023)

A regulação determina que fundos Artigo 9 devam ter 100% de seus recursos alocados em investimentos sustentáveis, com exceção de valores em caixa e ativos adquiridos com finalidade de proteção (hedge). Raney et al. (2023) mostraram que fundos Artigo 9, de fato, descarbonizaram seus portfólios após a SFDR, desinvestindo de firmas com alto nível de emissões. Esses achados são consistentes com o estudo de Kanodia e Sapra (2016), em que regras de disclosure impactam decisões corporativas.

Portanto, empresas definidas como não sustentáveis (doravante, firmas brown) não podem ser investidas por fundos artigo 9. Logo, esse mecanismo limita o pool de investidores das firmas brown e cria um efeito de sinalização que pode alterar a percepção de risco que o mercado possui delas. Como observado na Figura 1, há desinvestimento dessas firmas, e isso, em tese, aumentaria os custos de capital delas (Caldecott, 2024), incentivando-as a se tornarem sustentáveis e menos intensivas em carbono (doravante, firmas green).

Para explorar os efeitos da SFDR, foi utilizado o modelo Diff-in-Diff, tendo como variável explicativa a interação entre a dummy de tempo (após a regulação) e a dummy de grupo (firmas brown). Os dados foram coletados para o período entre 2019 e 2023, abrangendo empresas de capital aberto in-

vestidas por fundos de ações Artigos 9 e 6. Essa amostra inclui, inclusive, companhias sediadas fora da jurisdição da UE. Os resultados indicaram que a regulação aumentou o custo de capital próprio e ponderado das firmas brown, e levou a reduções nas emissões de CO2e de escopo 1 delas.

Este trabalho visa contribuir com a crescente literatura das finanças sustentáveis, mais especificamente com o nicho que explora como decisões de investimento orientadas por critérios de sustentabilidade impactam empresas. Além disso, espera-se colaborar com a literatura de regulação e de disclosure, abordando aspectos de efeitos indiretos, em que o objeto de análise não são os agentes diretamente regulados, mas sim as empresas investidas por eles.

## Referencial Teórico

### A Regulação

#### Contexto regulatório europeu

Em 2015, a Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas adotou um novo marco global para o desenvolvimento sustentável: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, estabelecendo 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS). Também em 2015, durante a COP 21, foi firmado o Acordo de Paris, cujo objetivo é fortalecer a resposta às ameaças das mudanças climáticas. Os 195 países signatários se comprometeram com a meta global de manter a temperatura média global abaixo de 2°C em comparação aos níveis pré-industriais, e prosseguir com esforços para limitar o aumento da temperatura em até 1,5°C acima dos níveis industriais.

O Acordo de Paris entrou em vigor na União Europeia em 2016, com o objetivo de alinhar os fluxos financeiros à trajetória de um desenvolvimento de baixas emissões de gases de efeito estufa e resiliente às mudanças climáticas. Já em 2017, o Council of the European Union decidiu aplicar de modo integral a Agenda 2030, passando a adotar os ODS como framework de suas ações e iniciativas políticas. Por fim, em 2019 o Council adotou o European Green Deal: um pacote de 1 trilhão de euros a ser investido nos 10 anos subsequentes com o objetivo de alcançar a neutralidade climática até 2050, o que inclui cortar as emissões de gases de efeito estufa em 55% comparado com 1990.

Somado aos investimentos públicos, a UE também estabeleceu uma série de regulações com o objetivo de envolver o setor privado nessa mudança, pois só assim será possível atingir os compromissos firmados no Acordo de Paris. Assim, como parte do Green Deal, a UE aprovou o Sustainable Finance Framework, um pacote regulatório que cria um ecossistema de regulações envolvendo toda a cadeia, desde a atividade econômica até o cliente final, com o objetivo de ajudar empresas a incorporarem a sustentabilidade em seus negócios. Dentre tais regulações, encontra-se a Sustainable Finance Disclosure Regulation (SFDR).

#### Objetivos da Sustainable Finance Disclosure Regulation (SFDR)

A SFDR regula o fornecimento de informações de participantes do mercado financeiro acerca de sua gestão de riscos sociais e ambientais atrelados aos seus investimentos. O objetivo é ampliar o disclosure para investidores sobre o impacto ambiental e social das empresas investidas por meio de fundos. A SFDR requer divulgações tanto ao nível da entidade quanto ao nível do produto. Foi aprovada em março de 2021, com caráter voluntário ao longo do ano, tornando-se obrigatória em 2022.



A SFDR, portanto, visa reduzir assimetrias de informação entre os agentes no que diz respeito (i) à integração dos riscos em matéria de sustentabilidade no processo de investimento; (ii) à consideração dos impactos negativos para a sustentabilidade; e (iii) à promoção de características ambientais ou sociais e do investimento sustentável (Regulamento (UE) 2019/2088, 2019).

De modo geral, pretende-se reforçar a proteção aos investidores finais, munindo-os de informações mais harmonizadas, comparáveis, completas e transparentes no âmbito da sustentabilidade social e ambiental de seus investimentos e/ou possíveis investimentos. Ao proteger os investidores finais, esta regulação, aplicada junto à Taxonomia Europeia, pretende eliminar ou ao menos mitigar a prática de greenwashing no setor financeiro, uma vez que será necessário evidenciar detalhadamente quais são os impactos sociais e ambientais que o investimento está causando. Em suma, a regulação aumenta a responsabilização sob os agentes de mercado.

### Escopo

A SFDR se aplica a instituições financeiras e consultores financeiros com atuação nos Estados-Membros da União Europeia (Regulamento (UE) 2019/2088, 2019, Artigo 2º). Dentre as instituições financeiras que a regulação abarca, este estudo limita-se às companhias investidas pelas gestoras de ativos cujos fundos de investimento são regulados pela SFDR.

A legislação é aplicada ao nível de instituição e ao nível de produto:

a) Em relação à instituição financeira, as informações a serem divulgadas incluem:

(i) políticas sobre a integração dos riscos em matéria de sustentabilidade no seu processo de tomada de decisões de investimento;

(ii) principais impactos adversos (Principal Adverse Impact – PAI) de seus investimentos em termos de sustentabilidade e as respectivas políticas de diligências para lidar com esses impactos;

(iii) normas técnicas de regulamentação (Regulatory Technical Standards – RTS) (Regulamento (UE) 2019/2088, 2019).

b) Em relação aos fundos de investimento (produtos), e com base em suas características, há requisitos diferenciados, relacionados a cada “artigo” da regulação. Assim:

(i) Artigo 6: fundos que não consideram a sustentabilidade em seu processo de investimento. São exigidas informações mínimas sobre riscos de sustentabilidade e seus impactos na performance do produto.

(ii) Artigo 8: fundos que promovam características sociais ou ambientais em seu processo de investimento. São popularmente chamados de fundos “light green”.

(iii) Artigo 9: fundos que tenham investimento sustentável como objetivo final. São popularmente chamados de fundos “dark green”, pois devem possuir 100% de suas alocações em atividades consideradas sustentáveis (de acordo com a Taxonomia Europeia), com exceção de reservas de caixa e alocações com o propósito de hedge.

A SFDR requer dois tipos principais de divulgação: pré-contratual e periódico. Os documentos pré-contratuais devem detalhar os critérios ambientais ou sociais promovidos pelo fundo, a metodologia utilizada para avaliar sua contribuição para sustentabilidade e os indicadores que medem o atingimento desses objetivos. Já os relatórios periódicos devem evidenciar, com dados quantitativos e qualitativos, se os investimentos realizados de fato seguiram as diretrizes sustentáveis declaradas. Exemplos de métricas exigidas incluem a porcentagem de ativos alinhados à Taxonomia Europeia, a pegada de carbono dos investimentos, e a porcentagem de receitas das empresas investidas oriundas de atividades sustentáveis.

Além disso, os fundos também devem reportar como mitigam seus PAI’s (Principal Adverse Impacts), apresentando dados sobre emissão de gases de efeito estufa, pegada hídrica, impacto na biodiversidade e políticas de governança das empresas investidas. A combinação desses requisitos cria uma estrutura padronizada que facilita comparações entre fundos e permite uma avaliação mais objetiva da sustentabilidade de um produto financeiro.

### Panorama dos fundos regulados

Até o segundo trimestre de 2023, havia mais fundos Artigo 6 do que Artigo 8 e 9 agregados (Figura 3). Porém, tal diferença tem diminuído. Já sob a perspectiva de ativos sob gestão, fundos Artigo 8 e 9 superaram os fundos Artigo 6, dominando 56,5% de share do mercado europeu (Figura 4) e atingiram a marca de EUR 5 trilhões pela primeira vez ao final de junho de 2023 (Figura 5) (Morningstar Manager Research [Morningstar], 2023).

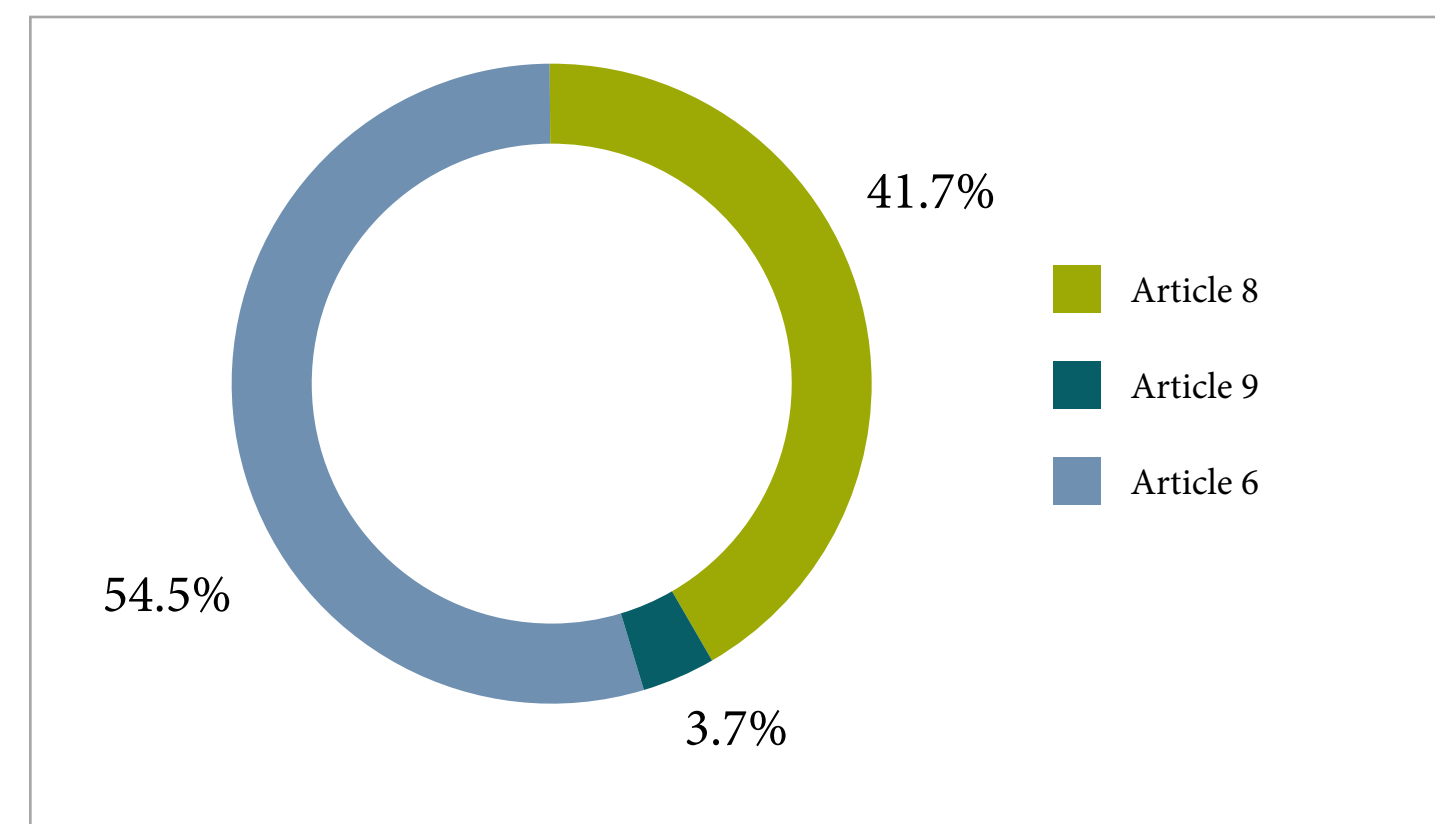


Figura 3: Proporção dos fundos SFDR por número de fundos  
Fonte: Morningstar Direct (2023)

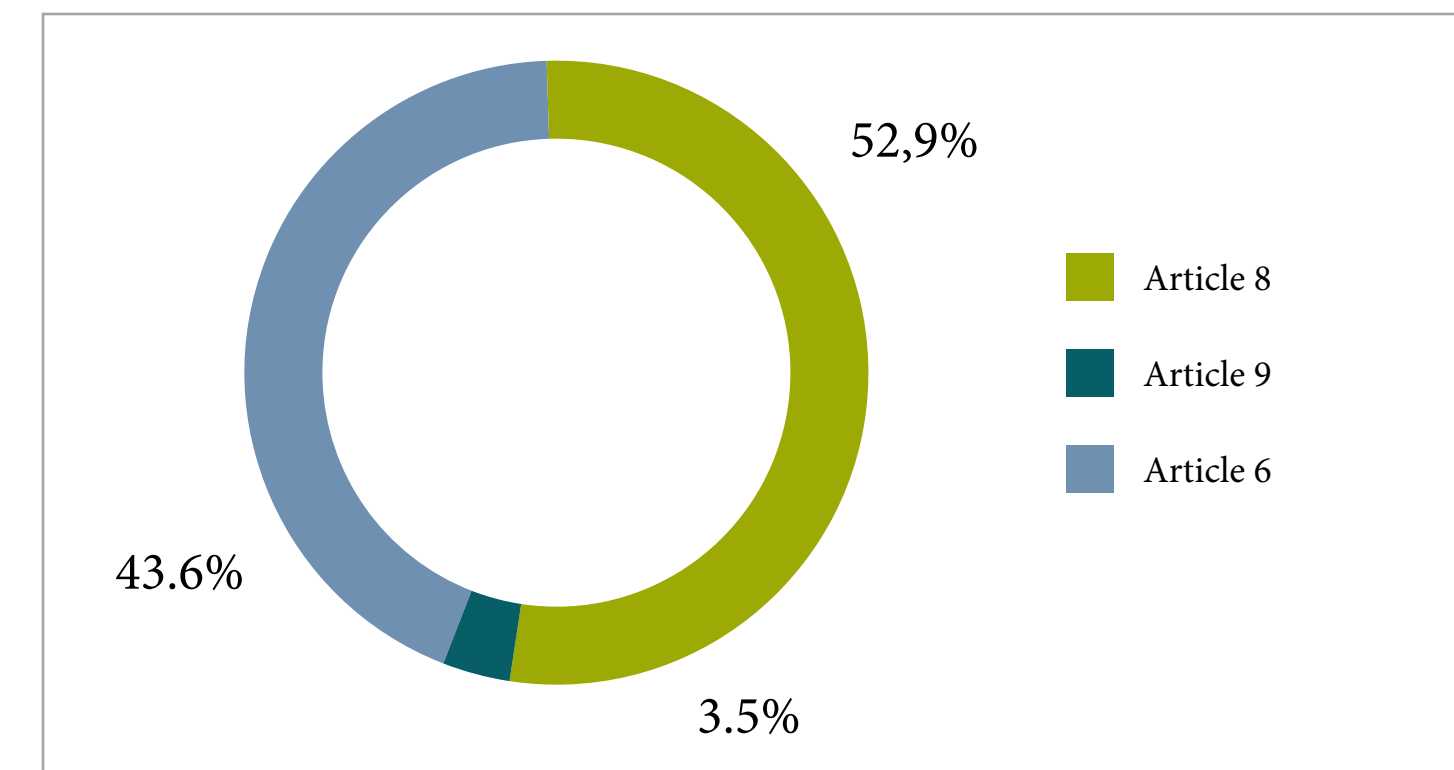


Figura 4: Proporção dos fundos SFDR por número de ativos sob gestão  
Fonte: Morningstar Direct (2023)

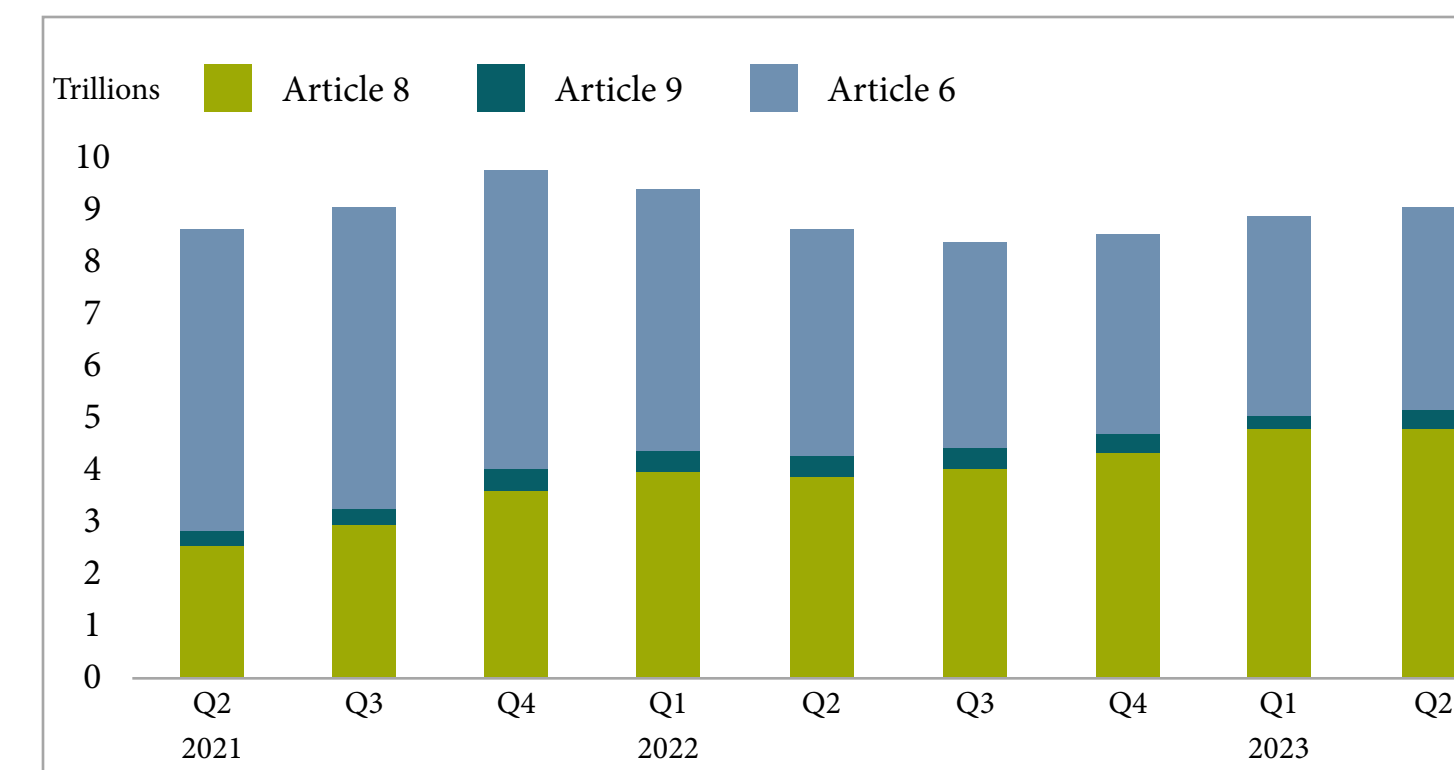


Figura 5: Ativos sob gestão por tipo de fundo SFDR  
Fonte: Morningstar Direct (2023)

Em termos de captação, fundos Artigo 6 e 8 e 9 tiveram fluxos de aportes positivos em 2021, apesar dos fundos 6 e 9 captarem valores absolutos maiores, a taxa de crescimento de captação dos fundos Artigo 9 foi maior durante todo o período. Ao longo de 2022, fundos artigo 6 e 8 sofreram com fortes retiradas, recuperando levemente em 2023, enquanto fundos Artigo 9, apesar da queda no valor absoluto das captações, mantiveram os fluxos sempre positivos (Figura 1).

Fundos classificados como não sustentáveis têm se esforçado para melhorar suas avaliações, um indício disso é o número de fundos que sofreram reclassificação: no segundo trimestre de 2023, 197 tiveram upgrades enquanto 13 tiveram downgrades. Isso é reforçado pela característica dos outflows dos fundos Artigo 8, em que 60% das retiradas vieram de fundos sem alocações em in-

<sup>1</sup>Outras duas regulações relevantes, emitidas no mesmo período, foram a EU Taxonomy e a Corporate Sustainability Reporting Directive.



vestimento sustentável, enquanto estes fundos representam apenas 1/3 do universo de ativos dos fundos Artigo 8 (Morningstar Manager Research [Morningstar], 2023).

O próximo Capítulo apresenta o referencial teórico e as hipóteses da pesquisa.

### Revisão de literatura

Como garantir que investimentos sustentáveis geram um impacto positivo na economia real, isto é, como os fluxos financeiros podem incentivar empresas a serem mais sustentáveis? Essa questão tem sido amplamente explorada, por exemplo, por Heath et al. (2023), Berk e Binsbergen (2022) e Caldecott et al. (2024).

De acordo com Berk e Binsbergen (2022) o impacto de estratégias de desinvestimento no custo de capital de empresas não sustentáveis seria pequeno para afetar significativamente as decisões internas da companhia. A justificativa estaria ligada ao fato de que a decisão de um indivíduo investir em uma empresa green, ou desinvestir de uma brown, por si só, não teria o poder de gerar impacto real. Isto é, o desinvestimento, quando feito de forma isolada e não de forma sistemática, não teria poder para impactar o custo de capital da empresa e, portanto, não influenciaria as decisões corporativas de tornar empresas mais sustentáveis.

Diante do exposto acima, estudos como os de Heath et al. (2023), Berk e Binsbergen (2022), Blitz e Swinkles (2019) indicam que uma estratégia possivelmente mais eficaz para investidores sustentáveis seria a de comprar ações brown e exercer influência como um acionista ativo (engagement strategy) para mudar as políticas da empresa. Já Edmans et al. (2023) argumentam que uma estratégia melhor seria investir em empresas brown que possuem planos e ações de melhoria, de modo a recompensá-las pela postura. Por fim, Heller et al. (2023) sugerem que estratégias de incentivos geram resultados mais consistentes e desejáveis que os “normative pathways” de transição atualmente estabelecidos.

Por outro lado, trabalhos como o de Caldecott et al. (2024) argumentam que existem mecanismos pelos quais o impacto é transmitido do mercado financeiro para a economia real. Os autores apresentam três mecanismos: acesso a liquidez, custo de capital e mudanças em práticas corporativas. Especificamente sobre os efeitos no custo de capital, os autores sugerem que este seria afetado pelo potencial desinvestimento na empresa brown se: (i) for realizado por um investidor detentor de grande parte das ações da empresa em circulação; (ii) acontecer com ações de empresas com baixa demanda (mais ilíquidas); ou (iii) ser feito em larga escala por um grupo de investidores, de modo a restringir o acesso ao capital ou alterar a percepção de risco do mercado de investir na(s) respectiva(s) empresa(s).

A SFDR, ao sinalizar indiretamente que companhias investidas pelos fundos brown não seriam sustentáveis, poderia implicar em maior percepção de risco, com consequente aumento no custo de capital. E a eficácia de políticas que elevariam o custo de capital das empresas é geralmente questionada como estratégia de descarbonização.

Por exemplo, Hartzmark e Shue (2022) apresentam evidências de que investidores sustentáveis foram bem-sucedidos em aumentar o custo de capital de empresas brown. Contudo, os autores apontam que reduzir custos de financiamento para empresas green causa pouca ou nenhuma melhoria, enquanto aumentar o custo para empresas brown pode levá-las a emitir mais e causar mais

impacto negativo. Ou seja, desinvestir de empresas brown e investir em empresas green tornaria empresas brown “ainda mais brown”, sem que as green se tornem “mais green” (uma vez que elas já são green, não há muita margem para reduzir as emissões). São necessários grandes volumes de capital para empresas descarbonizarem suas operações (Oxford Sustainable Finance Group [Oxford], 2023), logo, se esse capital é mais caro, empresas poluentes se voltam ainda mais para sua matriz de produção convencional - e poluente.

Bolton e Kacperczyk (2021) mostram que ações de empresas americanas com altos níveis de emissões possuem altos níveis de retorno realizado também. Posteriormente, essa análise foi estendida, mostrando que também existe carbon premium em outros países (Bolton e Kacperczyk, 2023b). Aswani, Raghunandan e Rajgopal (2023a), por outro lado, demonstram que esse premium é irrelevante quando são analisadas as intensidades carbônicas (o quanto se emite de CO<sub>2</sub>e por cada unidade de faturamento) das companhias. Em sua resposta Bolton e Kacperczyk (2023a) argumentam que no contexto de transição energética e dos seus riscos, o valor absoluto da emissão que deve ser considerado. Como observado, atualmente existe o debate na literatura sobre a existência ou não de carbon premium, isto é, se ações de empresas mais poluentes possuem retornos realizados maiores, e, portanto, custo de capital mais alto.

### Desenvolvimento de hipótese

A literatura indica que regulações de disclosure podem gerar efeitos reais nas empresas reguladas. Os efeitos iriam além do proposto pela regulação (que no caso é o fornecimento de informação) e afetariam as decisões corporativas da firma (Kanodia e Sapra, 2016). Portanto, deseja-se investigar como a SFDR impactou o custo de capital das firmas. Nesse sentido, apresenta-se a primeira hipótese deste estudo:

#### HIPÓTESE 1: A SFDR aumentou o custo de capital das firmas brown.

A Hipótese 1, ao testar se houve aumento do custo de capital para firmas brown após a regulação, indica que a SFDR, por meio de seus padrões de disclosure e classificação de fundos, estaria penalizando as firmas, agora percebidas como mais poluentes. Esta Hipótese está em linha com os artigos Bolton e Kacperczyk (2021), Bolton e Kacperczyk (2023b), Pastor, Stamburgh e Taylor (2022) e Chava (2014), que identificam retornos realizados maiores para empresas mais poluentes.

Caso as empresas brown sejam afetadas pela SFDR, é possível que tal efeito seja suficiente para que elas adotem políticas e ações de descarbonização. Desse modo, é apresentada a segunda hipótese testada neste estudo:

#### HIPÓTESE 2: A SFDR impactou o nível de emissões de CO<sub>2</sub>e das firmas brown.

Ao esperar que a regulação reduza as emissões de CO<sub>2</sub>e das firmas brown, a Hipótese 2 está coerente com Caldecott et al. (2024), que identifica que os mecanismos de transmissão de impacto estão sendo eficazes na geração de impacto positivo. Dessa forma, haveria indício de que a SFDR está aproximando a UE de suas metas climáticas de descarbonização. Além disso, ao propor que a regulação aumenta o custo de capital enquanto promove a redução nas emissões, as Hipóteses são contrárias aos achados de Hartzmark e Shue (2022), que identificaram que o aumento do custo de capital das empresas brown aumentaria suas emissões.

### Metodologia de pesquisa

Todos os dados do trabalho foram coletados da Refinitiv. Primeiro, realizou-se um corte transversal selecionando-se todos os fundos de investimento em ações ativos e regulados conforme Artigo 6 ou Artigo 9, de acordo com a SFDR. No total, foram coletadas informações de 5.595 fundos, sendo 4.931 classificados como Artigo 6 e 664 classificados como Artigo 9. Em seguida, foram identificadas as companhias investidas por esses fundos no mesmo momento: 24.872 firmas.

De posse dessa amostra de firmas, foi realizada a coleta das observações anuais, entre 2019 e 2023, criando-se um painel de dados. A filtragem e limpeza dos dados da amostra são apresentadas na Tabela 1, Painel A, e descrita no Capítulo 4. Ao final, chega-se a uma amostra de 17.226 firmas e 77.055 observações.

A escolha do período amostral foi determinada pela aprovação da SFDR, em março de 2021. Portanto, a amostra considera como período anterior à regulação os anos de 2019, 2020 e 2021 (uma vez que os dados são de 01/01) e o período pós-regulação os anos 2022 e 2023. É possível argumentar que os agentes do mercado financeiro já haviam “absorvido” a SFDR antes mesmo de sua aprovação, uma vez que ela faz parte do pacote regulatório Green Deal, e outras regulações dele já tinham sido aprovadas, como a Taxonomia, indicando que a SFDR também seria. Nesse caso, a sinalização enviada pela SFDR estaria fazendo as observações de 2021, embora pré-regulação, comportarem-se como pós-regulação. Diante dessa possibilidade, criou-se uma subamostra sem as observações do ano 2021, com o objetivo de avaliar a consistência dos resultados.

O modelo escolhido para a análise foi o differences-in-differences (ou DiD). Conceitualmente, o DiD é adequado para a proposta deste trabalho porque deseja-se avaliar o impacto de uma intervenção (SFDR) em um grupo específico de interesse, ou tratamento (firmas brown), comparando-o com um grupo de controle (firmas green). Portanto, o modelo permite isolar o efeito da intervenção ao controlar por tendências temporais que afetam ambos os grupos.

Para a construção deste modelo, foram criadas duas variáveis dummy:

- (i) de tempo (SFDRit=1, para observações pós-regulação e SFDRit=0, para observações pré-regulação); e
- (ii) de grupo (BROWNit =1, para observações de firmas brown e BROWNit=0, para observações de firmas green).

Como o design da pesquisa é baseado no DiD, a interação entre as duas dummies ( SFDRit X BROWNit) é utilizada para capturar os efeitos da SFDR no grupo específico das firmas brown (BROWNSFDRit=1, para firmas brown após a regulação e BROWNSFDRit=0, caso contrário). A construção dos grupos é apresentada na Tabela 1, Painel A e B, e descrita no Capítulo 4.

A estrutura do modelo é apresentada a seguir:

$$Y_{it} = 0 + 1SFDRit + 2 BROWNit + 3BROWNSFDRit + CONTROLES + it \quad (1)$$

Foram definidas quatro variáveis dependentes para o modelo, com base na proposta do trabalho, sendo três escolhidas para explorar os efeitos da SFDR no custo de capital das firmas. São elas:

<sup>1</sup>A coleta foi realizada em novembro de 2023.



(i) o  $WACC_{it}$ , que é o custo de capital ponderado, calculado como:

$$WACC_{it} = KE_{it} \cdot Equity_{it} + Debt_{it} + KD_{it} \cdot Debt_{it} \cdot Equity_{it} + Debt_{it} \cdot 1 - T$$

período t (1 se houve incentivo, 0 se não houve);

(x)  $DSREP_{it}$ , dummy para relatório de sustentabilidade no período t (1 se foi divulgado, 0 se não foi).

As últimas 2 variáveis são dummies de CSR (Corporate Social Responsibility) e as observações delas com valores nulos foram substituídas por 0, considerando que elas não realizam a ação.

Além disso, a variável  $SETOR_i$  é referente ao nome do setor econômico de cada firma e definida de acordo com a Global Industry Classification Standard (GICS), foi controlada por efeitos fixos, uma vez que essa variável não muda ao longo do tempo, controlando assim a heterogeneidade não observada e melhorando a precisão das estimativas. As firmas do modelo estão distribuídas entre 25 setores diferentes.

O Quadro 1, a seguir, apresenta um quadro-resumo das variáveis utilizadas no modelo, as respectivas descrições e as fontes de coleta. Em seguida, no Capítulo 4, são apresentadas as estatísticas descritivas, resultados empíricos e análises.

QUADRO 1: Quadro-resumo das variáveis		
Variáveis dependentes	Descrição	Fonte
$WACC_{it}$	Custo de capital ponderado, definido pela fórmula (1).	Refinitiv
$KE_{it}$	Custo de capital próprio, definido pelo CAPM (2).	Refinitiv
$KD_{it}$	Custo de capital de terceiros, definido pelo custo ponderado da dívida de curto prazo e o custo ponderado da dívida de longo prazo com base nos pontos de 1 ano e 10 anos de uma curva de crédito apropriada.	Refinitiv
$LNESCOPO1_{it}$	Emissões de CO2 equivalente de escopo 1.	Refinitiv
Variáveis independentes	Descrição	Fonte
$SFDR_{it}$	Dummy de tempo, sendo 0 = pré-regulação e 1 = pós-regulação.	Refinitiv
$BROWN_{it}$	Dummy de grupo, sendo 0 = firmas green e 1 = firmas brown.	Refinitiv
$BROWNSFDR_{it}$	Interação entre as dummies de tempo e grupo ( $SFDR_{it} \times BROWN_{it}$ )	Refinitiv
$LNATIVOS_{it}$	Log do ativo total no período t.	Refinitiv
$CAPEX_{it}$	Despesa com capital da firma padronizado pelos ativos.	Refinitiv
$PASSIVOS_{it}$	Passivo total padronizado pelo ativo no período t.	Refinitiv
$BTM_{it}$	Book-to-market, definido pelo patrimônio líquido da empresa dividido pelo seu market cap no período t.	Refinitiv
$LIQCORR_{it}$	Liquidez corrente, definido pelo total de ativos circulantes dividido pelo total de passivos circulantes no período t.	Refinitiv
$ROA_{it}$	Return over assets, definido pelo lucro no período t dividido pelo ativo total no período t-1.	Refinitiv
$BETA_{it}$	Covariância da variação de preço da ação em relação a variação do mercado no período t.	Refinitiv
$RETORNO_{it}$	Retorno anualizado da ação entre t-1 e t ajustado pelo dividendo.	Refinitiv

(2)

(ii) o  $KE_{it}$ , que é o custo de capital próprio, definido pela fórmula do CAPM, em que  $R_{ft}$  é a taxa livre de risco ajustada pela inflação e  $R_{mt}$  é o retorno esperado do mercado:

$$KE_{it} = R_{ft} + \beta_{it}(R_{mt} - R_{ft})$$

(3)

(iii) o  $KD_{it}$ , que é o custo de capital de terceiros, calculado somando o custo ponderado da dívida de curto prazo e o custo ponderado da dívida de longo prazo com base nos pontos de 1 ano e 10 anos de uma curva de crédito apropriada.

As variáveis descritas acima foram coletadas diretamente da Refinitiv, de modo que não houve a necessidade de calculá-las.

Por fim, a quarta variável dependente representa as emissões de CO2e de escopo 1 (LNESCOPO1it) e foi utilizada a escala logarítmica para padronizá-la. A escolha por emissões de escopo 1, em detrimento das emissões de escopo 2, 3 ou totais, deve-se ao fato da limitação de dados dos demais escopos e pelo fato das emissões de escopo 1 representarem aquelas diretamente sob maior nível de controle pela empresa. Considerar as emissões totais quando há poucos dados de escopo 2 ou 3 introduziria potencial viés à amostra, pois muitas empresas teriam suas emissões totais “falsamente” baixas, uma vez que estariam sendo contabilizadas apenas as emissões de escopo 1.

As variáveis de controle selecionadas para o modelo foram:

(i)  $LNATIVOS_{it}$ , log dos ativos totais no período t;

(ii)  $PASSIVOS_{it}$ , passivos totais padronizados pelos ativos totais no período t;

(iii)  $CAPEX_{it}$ , despesas de capital padronizadas pelos ativos totais no período t;

(iv)  $BTM_{it}$ , book-to-market é o patrimônio líquido da empresa dividido pelo seu market cap no período t;

(v)  $LIQCORR_{it}$ , liquidez corrente é o total de ativos circulantes dividido pelo total de passivos circulantes no período t;

(vi)  $ROA_{it}$ , return on assets, é o lucro no período t dividido pelos ativos totais no período t-1;

(vii)  $BETA_{it}$ , covariância da variação de preço da ação em relação a variação do mercado no período t;

(viii)  $RETORNO_{it}$ , retorno anualizado da ação entre t-1 e t ajustado pelo dividendo;

(ix)  $DSINC_{it}$ , dummy para incentivo ligado a metas de sustentabilidade para os executivos no

$DSINC_{it}$	Dummy para incentivo ligado a metas de sustentabilidade para os executivos no período t (1 se houve incentivo, 0 se não houve).	Refinitiv
$DSREP_{it}$	Dummy para relatório de sustentabilidade no período t (1 se foi divulgado, 0 se não foi).	Refinitiv
$DSETOR_i$	Dummy de setor, controlada por efeitos fixos.	Refinitiv

## Análise de dados

Uma vez de posse das firmas dos fundos Artigo 6 e 9, e de suas variáveis, iniciou-se o processo de screening e tratamento dos dados, incluindo a id

Tabela 1: Screening dos dados				
	Observações			Número de firmas
	Pré-regulação	Pós-regulação	Total	
Amostra inicial	212.954	102.054	315.008	24.872
Painéis repetidos (firmas que aparecem mais de uma vez)	(148.807)	(62.065)	(210.872)	0
Firmas com variáveis nulas	(19.779)	(7.302)	(27.081)	(7.646)
<b>Amostra final</b>	<b>44.368</b>	<b>32.687</b>	<b>77.055</b>	<b>17.226</b>
Amostra final excluindo os dados de 2021 (ano de implementação da SFDR)	29.021	32.687	61.708	17.206

Partindo-se de uma amostra inicial de 24.872 firmas únicas e 315.008 observações, inicialmente foram retiradas as observações de firmas que apareciam mais de uma vez na amostra, caso em que mais de um fundo investe na mesma empresa. Em seguida, as firmas que tinham valores inexistentes para as variáveis empregadas no modelo e com valores fora da convenção normal (i.e., ativos com valor negativo) foram eliminadas da amostra, com exceção das duas dummies de CSR (Corporate Social Responsibility). Os valores inexistentes dessas dummies ( $DSINC_{it}$ , e  $DSREP_{it}$ ) foram assumidos como 0, afinal, se uma empresa não informa esse tipo de dado, é porque provavelmente não realiza a respectiva ação, como divulgação de relatório de sustentabilidade, por exemplo.

Ao final, realizou-se a winsorização nos percentis de 1% e 99% das variáveis contínuas da amostra. A amostra final é constituída de 7.984 firmas e 28.990 observações em um painel não balanceado.

A fim de trazer maior robustez aos resultados, considerou-se uma mudança na amostra: a exclusão das observações de 2021, ano em que a SFDR foi aprovada. Os dados são todos do primeiro dia de cada ano, então as observações de 2021 são pré-regulação (a SFDR foi aprovada em março), no entanto, entendendo a possibilidade do mercado ter antecipado os efeitos da regulação antes mesmo de sua aprovação, considerou-se duas amostras no modelo, uma com observações de 2021 e outra sem. A subamostra que exclui 2021 possui 17.206 firmas e 61.708 observações.

Os Painéis A e B da Tabela 2 apresentam a composição da amostra por período e grupo. Para o grupo de controle (firmas green), foram mantidas todas as empresas investidas por fundos Artigo 9. Já para o grupo de tratamento (firmas brown), foram mantidas as empresas investidas por fundos Artigo 6, excluindo aquelas que também eram investidas por fundos Artigo 9. No Painel



A, o período pré-regulação inclui dados de 2019, 2020 e 2021; e o período pós regulação possui dados de 2022 e 2023. Já no Painel B, os grupos são construídos a partir da subamostra que exclui as observações do ano de 2021, logo o período pré-regulação possui dados apenas de 2019 e 2020

**Tabela 2**

Painel A: Composição da amostra (incluindo 2021, ano de implementação da SFDR)

Grupo	Pré-regulação	Pós-regulação	Total	Número de firmas
Green	11.216	8.247	19.463	4.272
Brown	33.152	24.440	57.592	12.948
	44.368	32.687	77.055	17.226

Painel B: Composição da amostra (excluindo 2021, ano de implementação da SFDR)

Grupo	Pré-regulação	Pós-regulação	Total	Número de firmas
Green	7.329	8.247	15.576	4.272
Brown	21.692	24.440	46.132	12.934
	29.021	32.687	61.708	17.206

A composição da amostra explicita o número superior de firmas e observações do grupo brown, tanto no período pré quanto no período pós-regulação, para as duas amostras. O período pré-regulação da amostra completa apresenta um número de observações maior que o período pós-regulação, o que faz sentido, uma vez que possui observações de 3 anos, enquanto o período pós possui observações apenas de 2 anos. Ao considerar a subamostra, que exclui observações do ano de 2021, o período com mais observações passa a ser o pós.

As estatísticas descritivas são apresentadas abaixo, na Tabela 3. A tabela detalha o número de observações das variáveis, a média, a mediana, o desvio padrão e a diferença de média entre os grupos, por período.

Tabela 3: Estatística descritiva									
Variável	Firmas Green				Firmas Brown				Diferença de média
	N	Média	Mediana	DP	N	Média	Mediana	DP	
<b>Pré-regulação</b>									
WACC	11216	0,069	0,066	0,032	33152	0,069	0,063	0,037	0,000
KE	11216	0,083	0,079	0,037	33152	0,085	0,078	0,045	-0,003
KD	11216	0,021	0,020	0,016	33152	0,022	0,020	0,018	-0,001
LNATIVOS	11216	23,350	23,109	2,685	33152	22,590	22,677	2,934	0,760
PASSIVOS	11216	0,516	0,522	0,210	33152	0,466	0,465	0,224	0,050
CAPEX	11216	0,048	0,037	0,043	33152	0,049	0,033	0,052	0,000
BTM	11216	0,550	0,354	0,733	33152	1,013	0,671	1,227	-0,463
LIQCORR	11216	2,192	1,549	2,322	33152	2,555	1,690	2,914	-0,363
ROA	11216	0,047	0,053	0,121	33152	0,015	0,038	0,153	0,032
BETA	11216	1,001	0,960	0,491	33152	1,016	0,961	0,576	-0,015
RETORNO	11216	0,198	0,098	0,511	33152	0,096	-0,013	0,537	0,101
DSINC	11216	0,136	0,000	0,343	33152	0,036	0,000	0,186	0,100

DSREP	11216	0,587	1,000	0,492	33152	0,132	0,000	0,339	0,455
LNESCOPO1	5457	11,144	11,101	3,128	3319	11,386	11,374	3,534	-0,242
<b>Pós-regulação</b>									
WACC	8247	0,073	0,073	0,039	24440	0,078	0,074	0,040	-0,005
KE	8247	0,086	0,086	0,047	24440	0,094	0,091	0,049	-0,008
KD	8247	0,029	0,027	0,020	24440	0,029	0,025	0,021	0,000
LNATIVOS	8247	23,491	23,254	2,623	24440	22,630	22,693	2,901	0,861
PASSIVOS	8247	0,517	0,521	0,216	24440	0,470	0,466	0,231	0,046
CAPEX	8247	0,043	0,031	0,041	24440	0,043	0,027	0,048	0,000
BTM	8247	0,554	0,336	0,783	24440	0,990	0,613	1,270	-0,436
LIQCORR	8247	2,434	1,609	2,804	24440	2,809	1,759	3,377	-0,374
ROA	8247	0,041	0,049	0,127	24440	0,010	0,035	0,162	0,031
BETA	8247	1,058	1,022	0,494	24440	1,078	1,018	0,560	-0,020
RETORNO	8247	0,061	-0,005	0,460	24440	0,075	-0,023	0,552	-0,014
DSINC	8247	0,265	0,000	0,442	24440	0,074	0,000	0,261	0,192
DSREP	8247	0,745	1,000	0,436	24440	0,236	0,000	0,425	0,508
LNESCOPO1	5322	10,485	10,481	3,233	4424	10,287	10,188	3,818	0,198

É possível observar, por exemplo, o custo de capital próprio, em média, maior para empresas brown, padrão que se mantém após a regulação. Todas as variáveis apresentaram o mesmo número de observações, com exceção de LNESCOPO1it, que possui um número consideravelmente menor que as demais. Apesar da amostra possuir menos firmas green que brown, o número de observações de LNESCOPO1it das firmas green se mostrou maior em ambos os períodos.

As diferenças de média significativas na maioria das variáveis indicam que há características estruturais distintas entre as firmas green e brown, tanto no período pré quanto no pós-regulação. Para garantir que os resultados da análise sejam atribuídos corretamente à regulação e não a essas características estruturais preexistentes, é essencial incluir essas variáveis como controles no modelo para isolar o efeito da regulação sobre as variáveis de interesse.

A Tabela 4 apresenta os resultados para a Hipótese 1, considerando o custo de capital ponderado e seus componentes como variáveis dependentes do modelo. Os resultados para WACCit, KEit e KDit são apresentados nas Colunas 1, 2 e 3 respectivamente. Por fim, a Coluna 4 apresenta os resultados considerando KEit a variável dependente da regressão, a partir da subamostra que desconsidera o ano de 2021. O coeficiente da interação entre as dummies, referente à variável BROWNSFDRit, permite identificar o impacto da regulação no custo de capital das firmas brown

	Tabela 4: Regressão com componentes do custo de capital ponderado			
	WACC	KE	KD	KE
	Incluindo 2021			Excluindo 2021
	(1)	(2)	(3)	(4)
BROWN	-0,000**	0,002***	0,001***	0,003***
SFDR	0,002***	0,000	0,007***	-0,005***
<b>BROWNSFDR</b>	<b>0,004***</b>	<b>0,005***</b>	<b>-0,000**</b>	<b>0,006***</b>
LNATIVOS	-0,000***	0,000***	-0,000***	0,000***
PASSIVOS	-0,035***	-0,001***	0,017***	-0,001
CAPEX	0,021***	0,025***	0,023***	0,027***
BTM	-0,003***	0,000***	0,000***	0,000***
LIQCORR	-0,000***	-0,000***	-0,000***	-0,000***

ROA	0,0196***	0,025***	0,005***	0,028***
BETA	0,0433***	0,059***	0,004***	0,058***
RETORNO	-0,003***	-0,003***	-0,005***	-0,005***
DSINC	-0,004***	-0,005***	-0,000	-0,004***
DSREP	0,000*	0,001***	0,002***	0,003***

Efeitos fixos de setor	Sim	Sim	Sim	Sim
Número de observações	77.055	77.055	77.055	61.708
R-quadrado ajustado	0,4421	0,5225	0,1570	0,5007

\*, \*\* e \*\*\* indicam significância do t-test a 10%, 5% e 1%, respectivamente

Os resultados acima indicam o impacto da regulação no grupo de tratamento. A Coluna 1 mostra que a SFDR aumentou o custo de capital ponderado (WACCit) das firmas brown (3 = 0,004 a um nível de significância de 1%). Corroborando este resultado, a Coluna 2 aponta para um impacto positivo e significativo da regulação no custo de capital próprio (KEit) dessas empresas (3 = 0,005 a um nível de significância de 1%). Esses resultados significativos apoiam a Hipótese 1, e reforçam a ideia de que a regulação, com seus mecanismos de disclosure e classificação dos fundos, impôs por meio do mercado financeiro uma penalidade às firmas brown.

A Coluna 3 aponta para uma redução no custo de capital de terceiros, (KDit) para as firmas brown, significativo a 5%. Apesar da significância, porém, pode-se indagar se o efeito seria significativo, economicamente. A Coluna 4 reforça os resultados encontrados na Coluna 2, indicando que o KEit das firmas brown de fato aumentou após a regulação (3 = 0,006 a um nível de significância de 1%).

Os achados apresentados no parágrafo anterior estão em linha com o aumento de aportes em fundos Artigo 9, em comparação a fundos Artigo 6, conforme observado anteriormente nos gráficos da Morningstar. Isso pode indicar que o KEit das firmas brown tenha sido impactado negativamente pela redução do pool de investidores ao reduzir a demanda pela ação, consequentemente reduzindo seu preço e aumentando seu custo de capital próprio. Esses resultados são diferentes dos encontrados por Berk e van Binsbergen (2022), pois os autores indicam que a estratégia de desinvestimento não é efetiva para impactar o custo de capital da firma. Eles argumentam que seria necessária uma migração de capital gigantesca de ações dirty para clean (os autores usam esses termos em vez de de brown e green).

Além disso, o aumento do KEit pode estar associado a mudanças na percepção do risco de investir em firmas brown, uma vez que o BETAit impacta de maneira positiva e significativa o custo de capital próprio (10 = 0,059 a um nível de significância de 1%). Além de consistente com o CAPM, isso é coerente, pois é mais provável que empresas de maior grau de emissão sejam mais afetadas por regulações climáticas, por exemplo. Logo, espera-se que firmas brown estejam mais expostas aos riscos de transição que firmas green.

Esses resultados corroboram os estudos de Bolton e Kacperczyk (2021) e Bolton e Kacperczyk (2023b). Neles, os autores identificaram que empresas muito poluentes possuem retornos realizados maiores, o que indica maior custo de capital próprio e, portanto, que o mercado precifica os riscos de transição. Os achados também são coerentes com os de Pastor, Stamburgh e Taylor (2022) e Chava (2014), pois estes identificaram que empresas com baixo desempenho ambiental possuem retornos esperados maiores (i.e., custo de capital maior).

Por outro lado, Edmans et al. (2023), ao indicarem que firmas poluentes lucram acima do espera-



do, apontam que há uma má precificação dessas ações por parte do mercado, uma vez que o custo de capital das empresas está baixo. Os autores destacam a importância de regulações que supram essa ineficiência do mercado em precificar corretamente essa externalidade. A SFDR demonstra estar atuando em conformidade com essa necessidade, uma vez que está aumentando o custo de capital das firmas brown.

Conforme apresentado ao longo do trabalho, deseja-se entender se a SFDR, por meio de seus mecanismos de reporte, transparência e sua ampla aplicabilidade no mercado financeiro penalizou as firmas brown a ponto de motivar sua descarbonização, conforme esperado pela UE.

A seguir, a Tabela 5 apresenta os resultados para a Hipótese 2, considerando as emissões de CO2 equivalente de escopo 1 (LNECOPO1it) como variável dependente, com o objetivo de verificar se a regulação impactou as emissões das firmas brown (BROWNSFDRit). A Coluna 1 utiliza a amostra que inclui as observações do ano de 2021 e a Coluna 2 utiliza a subamostra que exclui as observações de 2021.

Tabela 5: Emissões de Escopo 1		
LNECOPO1		
	Incluindo 2021	Excluindo 2021
	(1)	(3)
BROWN	-0,145***	-0,095
SFDR	-0,478***	-0,584***
BROWNSFDR	-0,194***	-0,250***
LNATIVOS	0,427***	0,426***
PASSIVOS	2,335***	2,342***
CAPEX	6,351***	6,471***
BTM	0,140***	0,141***
LIQCORR	-0,131***	-0,131***
ROA	1,262***	1,333***
BETA	0,148***	0,147***
RETORNO	0,154***	0,306***
DSINC	0,673***	0,694***
DSREP	0,603***	0,567***
Efeitos fixos de setor	Sim	Sim
Número de observações	18,522	14,863
R-quadrado ajustado	0,5416	0,5434

\*, \*\* e \*\*\* indicam significância do t-test a 10%, 5% e 1%, respectivamente

Focando-se no coeficiente de BROWNSFDRit nas 2 regressões, há indícios de que as firmas brown reduziram suas emissões após a regulação (com coeficientes iguais a -0,194 e -0,250, respectivamente, e significantes a 1%) apoiando a Hipótese 2. Isso reforça a ideia de que empresas penalizadas por um custo de capital maior (pela SFDR) têm incentivos a reduzir suas emissões, e de fato o fazem. Logo, a regulação de disclosure impactou as decisões corporativas.

Ou seja, a SFDR, ao provocar aumento do custo de capital dessas firmas, por meio de seus mecanismos de reporte e classificação de fundos, se mostrou capaz de afetar as decisões corporativas, no caso, de descarbonização. Portanto, esses resultados estão de acordo com a hipótese do trabalho, e são coerentes com o artigo de Kanodia e Sapra (2016), que diz que regras de disclosure impactam as decisões das firmas. Porém, vão de encontro aos achados de Berk e van Binsbergen

(2022), que indicaram que o desinvestimento (nos níveis em que é feito atualmente) não impactaria decisões corporativas.

Além disso, Hartzmark e Shue (2020) identificaram que o aumento do custo de capital para firmas brown as tornaria ainda mais brown, gerando um resultado contraproducente e inesperado, impedindo sua descarbonização. Contudo, este trabalho trouxe resultados diferentes. Firms brown apresentaram elevação em seu custo de capital próprio e ponderado – motivado pela SFDR. Ao mesmo tempo, os resultados sugerem que o aumento do custo de capital não apenas sinalizou uma mudança de preferência dos investidores, mas foi suficientemente relevante para afetar decisões corporativas reais, conforme evidenciado pela redução subsequente das emissões. Esse efeito é consistente com a interpretação de que o encarecimento do financiamento pode ter tornado projetos mais intensivos em carbono relativamente menos atrativos, incentivando as firmas a revisar sua alocação de capital e estratégias operacionais.

O Capítulo 5, a seguir, agrupa as ideias desenvolvidas e os resultados encontrados, ressaltando a importância de pesquisas na área de finanças sustentáveis, com o objetivo de auxiliar reguladores, investidores e sociedade a canalizarem recursos em direção aos objetivos de neutralidade climática.

### Considerações finais

Este artigo explora os efeitos indiretos da Sustainable Finance Disclosure Regulation ao analisar as firmas investidas pelos fundos regulados. Para isso, analisa o efeito da regulação sobre o custo de capital e emissões das firmas brown, consideradas como mais poluidoras. De maneira geral, espera-se que a regulação estimule as empresas a se desenvolverem rumo às metas climáticas.

Os resultados indicaram que houve aumento do custo de capital das firmas brown após a regulação, indicando que o mercado está penalizando essas firmas. Essa penalização (i.e., mecanismo de transmissão de impacto) indicou ser efetiva, pois as empresas reduziram suas emissões de CO2e. A redução das emissões motivadas pela SFDR contribuiu com o plano de descarbonização da UE, embora os resultados encontrados não permitam afirmar se o volume das reduções está alinhado às metas e se o benefício esperado (i.e., redução das emissões) compensa o aumento do custo de capital de tais companhias.

Este trabalho visa contribuir com a literatura das finanças sustentáveis e seus impactos reais, explorando como o setor financeiro, direcionado pelas regulações corretas, pode ser um propagador da transição da economia ao baixo-carbono. Uma vez que o mundo caminha para um alinhamento de regulações climáticas, tendo o Sustainable Finance Framework da UE como referência, validar a eficácia das regulações implementadas é fundamental para formuladores de políticas de outros países, em especial o Brasil, que possui grande potencial de desenvolvimento com a transição energética.

Os resultados deste estudo têm implicações relevantes tanto para reguladores quanto para investidores, fornecendo evidências empíricas que podem embasar a formulação de políticas e estratégias de investimento mais eficazes. Para reguladores, os achados sugerem a importância de calibrar as exigências de disclosure e classificação de fundos de forma a atingir os objetivos de sustentabilidade sem gerar externalidades negativas que possam comprometer a eficiência dos mercados de capitais.

Já para investidores comprometidos com a promoção da sustentabilidade, os resultados contri-

buem para uma compreensão mais aprofundada dos mecanismos pelos quais a alocação de capital influencia decisões corporativas, permitindo o desenvolvimento de estratégias mais eficientes para maximizar o impacto positivo de seus investimentos. Além disso, este estudo dialoga com a literatura sobre regulação e finanças sustentáveis, ao demonstrar que medidas de transparência podem não apenas reorientar fluxos financeiros, mas também induzir mudanças reais nas práticas das empresas investidas.

Futuras pesquisas são encorajadas a fim de obter maior compreensão dos efeitos desta regulação, investigando como eles se propagam pelas diferentes jurisdições das empresas da amostra. Além disso, se houve alterações significativas nas decisões de comunicação corporativa das firmas brown, com o objetivo de aprimorar sua sinalização para o mercado. Compreender e avaliar a teia regulatória construída na UE, incluindo a Sustainable Finance Disclosure Regulation, se mostra fundamental para o atingimento dos compromissos climáticos assumidos pelos países.

Futuras pesquisas são encorajadas a fim de obter maior compreensão dos efeitos desta regulação, investigando como eles se propagam pelas diferentes jurisdições das empresas da amostra, bem como possíveis alterações nas decisões de comunicação corporativa das firmas brown, com o objetivo de aprimorar sua sinalização para o mercado.

Adicionalmente, à medida que os dados associados à Sustainable Finance Disclosure Regulation amadureçam, pesquisas futuras podem explorar os impactos da regulação sobre as emissões de escopo 3. Para diversos setores, em especial o financeiro, essas emissões representam a parcela mais relevante da pegada de carbono total, e sua análise pode fornecer uma avaliação mais abrangente dos efeitos reais da regulação sobre a descarbonização da economia.

## Referências

ASWANI, Jitendra; RAGHUNANDAN, Aneesh; RAJGOPAL, Shivaram. **Are carbon emissions associated with stock returns?** Review of Finance, no prelo, 2023. Disponível em: <https://ssrn.com/abstract=3800193>. Acesso em: 30 jan. 2026. DOI: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3800193>.

ATILGAN, Yigit; DEMIRTAS, K. Ozgur; EDMANS, Alex; GUNAYDIN, A. Doruk. **Does the carbon premium reflect risk or mispricing?** ECGI Finance Working Paper, n. 940, 2023. Disponível em: <https://ssrn.com/abstract=4573622>. Acesso em: 30 jan. 2026. DOI: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4573622>.

BERK, Jonathan B.; VAN BINSBERGEN, Jules H. **The impact of impact investing.** Stanford University Graduate School of Business Research Paper; Law & Economics Center at George Mason University Scalia Law School Research Paper Series, n. 22-008, 2021. Disponível em: <https://ssrn.com/abstract=3909166>. Acesso em: 30 jan. 2026. DOI: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3909166>.

BLITZ, David; SWINKELS, Laurens. **Is exclusion effective?** Journal of Portfolio Management, no prelo, 2019. Disponível em: <https://ssrn.com/abstract=3337779>. Acesso em: 30 jan. 2026. DOI: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3337779>.

BOLTON, Patrick; KACPERCZYK, Marcin. **Are carbon emissions associated with stock returns?** Comment. Review of Finance, v. 28, n. 1, p. 107–109, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1093/rof/rfad019>.

BOLTON, Patrick; KACPERCZYK, Marcin. **Do investors care about carbon risk?** Journal of Financial Economics, v. 142, n. 2, p. 517–549, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2021.05.008>.

BOLTON, Patrick; KACPERCZYK, Marcin. **Global pricing of carbon-transition risk.** Journal of Finance, no prelo, 2022. Disponível em: <https://ssrn.com/abstract=3550233>. Acesso em: 30 jan. 2026. DOI: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3550233>.

CALDECOTT, Ben; CLARK, Alex; HARNETT, Emily et al. **How sustainable finance creates impact: transmission mechanisms to the real economy.** Review of World Economics, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10290-024-00541-9>.

CHAVA, Sudheer. **Environmental externalities and cost of capital.** 2011. Disponível em: <https://ssrn.com/abstract=1677653>. Acesso em: 30 jan. 2026. DOI: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1677653>.

DAI, Jiyuan; ORMAZABAL, Gaizka; PENALVA, Fernando; RANEY, Robert A. **Imposing sustainability disclosure on investors: does it lead to portfolio decarbonization?** ECGI Finance Working Paper, n. 945, 2023. Disponível em: <https://ssrn.com/abstract=4564890>. Acesso em: 30 jan. 2026. DOI: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4564890>.

DELMAS, Magali A.; BURBANO, Vanessa C. **The drivers of greenwashing.** California Management Review, v. 54, n. 1, p. 64–87, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1525/cmr.2011.54.1.64>.

EDMANS, Alex; LEVIT, Doron; SCHNEEMEIER, Jan. **Socially responsible divestment.** ECGI Finance Working Paper, n. 823, 2022. Proceedings of the EUROFIDAI-ESSEC Paris December Finance Meeting 2022. Disponível em: <https://ssrn.com/abstract=4093518>. Acesso em: 30 jan. 2026.

DOI: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4093518>.

FREITAS NETTO, Sebastião V.; SOBRAL, Maria F. F.; RIBEIRO, Ana R. B. et al. **Concepts and forms of greenwashing: a systematic review.** Environmental Sciences Europe, v. 32, art. 19, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12302-020-0300-3>.

GRANTHAM INSTITUTE – IMPERIAL COLLEGE LONDON. **The cost of capital and how it affects climate change mitigation investment.** Londres, 2016. Disponível em: <https://www.imperial.ac.uk/media/imperial-college/grantham-institute/public/publications/briefing-papers/the-cost-of-capital-and-how-it-affects-climate-change-mitigation-investment-v3-Grantham-BP-15.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2026.

GREENHOUSE GAS PROTOCOL. **A corporate accounting and reporting standard.** Revised edition. 2001. Disponível em: <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2026.

HARTZMARK, Samuel M.; SHUE, Kelly. **Counterproductive sustainable investing: the impact elasticity of brown and green firms.** 2022. Disponível em: <https://ssrn.com/abstract=4359282>. Acesso em: 30 jan. 2026. DOI: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4359282>.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate change 2023: synthesis report.** 2023. Disponível em: [https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_SYR\\_FullVolume.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_FullVolume.pdf). Acesso em: 30 jan. 2026.

INTERNATIONAL MONETARY FUND (IMF). **Global financial stability report: crypto, and climate – navigating challenging transitions.** Washington, DC, 2021. Cap. 3. Disponível em: <https://www.imf.org/-/media/Files/Publications/GFSR/2021/October/English/ch3.ashx>. Acesso em: 30 jan. 2026.

KANODIA, Chandra; SAPRA, Haresh. **A real effects perspective to accounting measurement and disclosure: implications and insights for future research.** Journal of Accounting Research, no prelo, 2016. Disponível em: <https://ssrn.com/abstract=2721084>. Acesso em: 30 jan. 2026.

KIM, Daniel; POUGET, Sebastien. **Do carbon emissions affect the cost of capital? Primary versus secondary corporate bond markets.** 2024. Disponível em: <https://ssrn.com/abstract=4411269>. Acesso em: 30 jan. 2026. DOI: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4411269>.

MORNINGSTAR MANAGER RESEARCH. **SFDR Article 8 and Article 9 funds: Q1 2023 in review.** 2023.

MORNINGSTAR MANAGER RESEARCH. **SFDR Article 8 and Article 9 funds: Q2 2023 in review.** 2023.

MORNINGSTAR MANAGER RESEARCH. **SFDR Article 8 and Article 9 funds: Q3 2023 in review.** 2023.

OXFORD SUSTAINABLE FINANCE GROUP. **Energy transition and the changing cost of capital: 2023 review.** Oxford: University of Oxford, 2023. Disponível em: [https://sustainablefinance.ox.ac.uk/wp-content/uploads/2023/03/ETRC-Report-2023\\_March.pdf](https://sustainablefinance.ox.ac.uk/wp-content/uploads/2023/03/ETRC-Report-2023_March.pdf). Acesso em: 30 jan. 2026.

PASTOR, Lubos; STAMBAUGH, Robert F.; TAYLOR, Lucian A. **Dissecting green returns.** Fama-Miller Center Working Paper, 2022. Disponível em: <https://ssrn.com/abstract=3864502>. Acesso em: 30 jan. 2026. DOI: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3864502>.

POPESCU, Ioana-Stefania; HITAJ, Claudia; BENETTO, Enrico. **Measuring the sustainability of investment funds: a critical review of methods and frameworks in sustainable finance.** Journal of Cleaner Production, v. 314, p. 128016, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128016>.

ROSTON, Marc; MAIRE, Julien; SEIGER, Alicia; HELLER, Thomas C. **Pathways versus incentives: climate activism to climate outcomes.** 2024. Disponível em: <https://ssrn.com/abstract=4611874>. Acesso em: 30 jan. 2026. DOI: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4611874>.

SCHOENMAKER, Dirk. **From risk to opportunity: a framework for sustainable finance.** RSM Series on Positive Change, v. 2, 2017. Disponível em: <https://ssrn.com/abstract=3066210>. Acesso em: 30 jan. 2026.

UNIÃO EUROPEIA. Parlamento Europeu. Diretiva (UE) n. 2022/2464, de 14 de dezembro de 2022. Altera o Regulamento (UE) n. 537/2014 e as Diretivas 2004/109/CE, 2006/43/CE e 2013/34/UE, **no que diz respeito ao relato de sustentabilidade corporativa.** Jornal Oficial da União Europeia, 2022.

UNIÃO EUROPEIA. Parlamento Europeu. Regulamento (UE) n. 2019/2088, de 27 de novembro de 2019. **Dispõe sobre divulgações relacionadas à sustentabilidade no setor de serviços financeiros.** Jornal Oficial da União Europeia, 2019.

UNIÃO EUROPEIA. Parlamento Europeu. Regulamento (UE) n. 2020/852, de 18 de junho de 2020. **Estabelece um regime para facilitar o investimento sustentável e altera o Regulamento (UE) n. 2019/2088.** Jornal Oficial da União Europeia, 2020.

# Programa de geração de energias renováveis do Espírito Santo (GERAR ES)

Giseli Modolo Vieira Machado - IJSN<sup>1</sup>  
Rafael de Rezende Coelho - IJSN<sup>2</sup>  
Pablo Medeiros Jabor - IJSN<sup>3</sup>  
Celso Guerra - SEDES<sup>4</sup>  
Clarisa dos Anjos Bossato Plazzi - SEDES<sup>5</sup>  
Pedro Gomes de Sá Junior - SEDES<sup>6</sup>

## Resumo

A transição energética tornou-se um desafio central das políticas públicas contemporâneas, ao exigir a conciliação entre desenvolvimento econômico, segurança energética e mitigação das mudanças climáticas. Nesse contexto, este artigo analisa o Programa de Geração de Energias Renováveis do Espírito Santo (GERAR), política estadual voltada ao estímulo à produção de energia renovável, com destaque para a geração solar fotovoltaica. O estudo busca evidenciar a importância da avaliação de políticas públicas em implementação, especialmente aquelas estratégicas para o Programa Capixaba de Mudanças Climáticas, além de identificar avanços institucionais, limitações e oportunidades de aprimoramento. A pesquisa baseia-se na realização de uma Análise Executiva da política pública, conduzida por pesquisadores do Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN), a partir de análise documental, dados institucionais, relatórios técnicos de órgãos estaduais e entrevistas com equipe técnica e gestores. Nesta avaliação inclui-se a análise SWOT, permitindo identificar forças, fraquezas, oportunidades e ameaças relacionadas à implementação do Programa. Os resultados indicam avanços na expansão da geração solar no Espírito Santo após a criação do GERAR, em 2021. Dados do Balanço Energético Estadual apontam crescimento significativo no número de micros e miniusinas fotovoltaicas e na potência instalada entre 2021 e 2024. Embora não seja possível atribuir esses resultados exclusivamente ao Programa, observa-se que o GERAR contribuiu para fortalecer o ambiente institucional favorável aos investimentos em energia renovável. A análise também evidenciou fragilidades relacionadas à ausência de indicadores claros de desempenho, à limitada integração entre os eixos de atuação do Programa e à necessidade de maior transparência e articulação institucional. Conclui-se que o GERAR apresenta bases institucionais relevantes para apoiar a transição energética no estado mas requer o fortalecimento de mecanismos de monitoramento, governança e transparência para ampliar sua efetividade no longo prazo.

**Palavras-chave:** Política Pública, Energia Renovável e Análise Executiva.

<sup>1</sup>Doutora em Oceanografia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo. [giselimodolo@gmail.com](mailto:giselimodolo@gmail.com)

<sup>2</sup>Mestre em Políticas Públicas e Desenvolvimento Local pela EMESCAM. [rafael.coelho@ijsn.es.gov.br](mailto:rafael.coelho@ijsn.es.gov.br)

<sup>3</sup>Doutor em Geografia pela Universidade Federal do Espírito Santo. [pablo.jabor@ijsn.es.gov.br](mailto:pablo.jabor@ijsn.es.gov.br)

<sup>4</sup>Mestre pela State University of New York at Buffalo. [celsoagp@gmail.com](mailto:celsoagp@gmail.com)

<sup>5</sup>Graduada em Licenciatura Plena em Ciências Sociais pela Universidade Federal do Espírito Santo.

[clarisa.plazzi@sedes.es.gov.br](mailto:clarisa.plazzi@sedes.es.gov.br)

<sup>6</sup>Mestrando em Direito Tributário pelo Instituto Brasileiro de Estudos Tributários. [pedro.junior@sedes.es.gov.br](mailto:pedro.junior@sedes.es.gov.br)

## Abstract

The energy transition has become a central challenge for contemporary public policies, as it requires balancing economic development, energy security, and climate change mitigation. In this context, this article analyzes the Renewable Energy Generation Program of the State of Espírito Santo (GERAR), a state policy designed to stimulate renewable energy production, with particular emphasis on solar photovoltaic generation. The study aims to highlight the importance of evaluating ongoing public policies, especially those considered strategic for the Espírito Santo Climate Change Program, while also identifying institutional advances, limitations, and opportunities for improvement. The research is based on an Executive Analysis of public policy conducted by researchers from the Jones dos Santos Neves Institute (IJSN), drawing on document analysis, institutional data, technical reports from state agencies, and interviews with technical staff and program managers. The evaluation also included a SWOT analysis, which enabled the identification of strengths, weaknesses, opportunities, and threats related to the Program's implementation. The results indicate progress in the expansion of solar energy generation in Espírito Santo following the creation of GERAR in 2021. Data from the State Energy Balance show a significant increase in the number of micro and mini photovoltaic plants and in installed capacity between 2021 and 2024. Although these results cannot be attributed exclusively to the Program, GERAR appears to have contributed to strengthening the institutional environment that supports investments in renewable energy. The analysis also revealed weaknesses related to the absence of clear performance indicators, limited integration among the Program's operational axes, and the need for greater transparency and institutional coordination. It is concluded that GERAR has relevant institutional foundations to support the state's energy transition; however, strengthening monitoring, governance, and transparency mechanisms is necessary to enhance its long-term effectiveness.

**Keywords:** Public Policy, Renewable Energy and Executive Analysis.





## Introdução

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) em seu mais recente relatório (IPCC, 2023), demonstra a influência humana nas mudanças climáticas, evidenciando alterações significativas no clima, incluindo variações observadas em extremos climáticos, como ondas de calor, chuvas intensas, secas e tempestades com intensidade e frequência particulares em cada parte do globo.

O Estado do Espírito Santo vem enfrentando há anos desafios ligados à questão climática, dos quais se destacam mais recentemente o déficit hídrico em 2025 nas bacias hidrográficas no norte do estado, ao longo do Rio Doce; a inundação severa no município de Mimoso do Sul em março de 2024, com precipitação atípica de 600 mm em menos de 24 horas; a destruição causada pelas chuvas em Iconha, em janeiro de 2020 e; os alagamentos frequentes em Vila Velha, causados pela combinação de altos índices pluviométricos, maré astronômica e maré meteorológica positiva. Esses eventos se somam a desastres naturais anteriores, como as enchentes de dezembro de 2013, que afetaram 52 dos 78 municípios capixabas e a seca histórica de dezembro de 2014. Destacam-se ainda, incremento na frequência e intensidade das tempestades ocasionando a aceleração dos processos de erosão costeira, como verificados nos municípios de Conceição da Barra e Marataízes, entre outros.

As projeções climáticas para o Espírito Santo, obtidas com base em simulações numéricas a partir do modelo regional alinhado com modelos globais e comparados com dados observacionais (metodologia disponível na Versão I do Plano de Adaptação/Sumário Executivo Plano de Adaptação, Reis Junior et al., 2022), indicam um aumento progressivo da temperatura até 2100, com uma elevação média de até 2,0°C no cenário considerado moderado, onde há estabilização de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) e redução por volta de 2045 (RCP 4.5); e um aumento da temperatura de até 4,0°C no cenário mais pessimista, onde considera um aumento contínuo das emissões (RCP 8.5) em relação à série histórica (1976-2005). De modo geral, a variabilidade espacial das anomalias no estado indica menos dias de chuva e mais dias de seca na região nordeste do estado, exacerbando as condições de seca e intensificando os desafios para a agricultura e o abastecimento de água. Enquanto na região sudoeste são esperados picos de chuva intensa, criando condições favoráveis para deslizamentos e erosão do solo em áreas vulneráveis, apontando assim para cenários de grande desigualdade climática dentro do território capixaba.

Com a intensificação das mudanças climáticas no Espírito Santo, esses problemas tendem a se agravar substancialmente, demandando políticas e ações urgentes de adaptação à nova realidade climática do estado. Nesse contexto, o Espírito Santo criou em 2023 o Programa Capixaba de Mudanças Climáticas (PCMC) como uma ferramenta para auxiliar o Estado frente aos desafios das mudanças climáticas. Visando coordenar e integrar esforços, políticas públicas e ações concretas, para materializar os compromissos assumidos pela Política Estadual de Mudanças Climáticas (Lei nº 9.531/2010) e pelas agendas nacional e global como, por exemplo, a adesão oficial às campanhas da ONU “Race to Zero” (Corrida para o Zero) e “Race to Resilience” (Corrida para a Resiliência), o PCMC se compromete a implementar ações para alcançar a neutralização das emissões de GEE até 2050 e fortalecer a resiliência climática. O Programa é composto por cerca de 70 projetos e ações, incluindo projetos estratégicos que atuam em duas frentes principais: mitigação, visando reduzir e estabilizar as concentrações de GEE e adaptação, com o objetivo de criar condições para adaptação e resiliência do estado às alterações do clima e suas consequências.

Ainda em 2023, o Governo do Espírito Santo apresentou na Conferência das Partes - COP 28, realizada em Dubai, Emirados Árabes Unidos, o Plano de Descarbonização e Neutralização de Emissões de GEE do Espírito Santo (ESPÍRITO SANTO, 2023) como elo estratégico do eixo mitigação, resultado

de um processo colaborativo que envolveu a academia, a sociedade civil, o setor produtivo e órgãos governamentais. O Plano apresenta uma abordagem de Planejamento Estratégico, contemplando as etapas de Diagnóstico (inventário de emissões existente, vocações, potencialidades, limitações e características socioeconômicas do Estado) e Planejamento, definindo Diretrizes e Estratégias para atingir a meta estratégica de neutralização de emissão de GEE do ES até 2050. Nesse processo realizou-se ampla pesquisa para identificar alternativas tecnológicas de mitigação de emissões de GEE, além da formulação de instrumentos e políticas públicas que apoiem a transição em áreas como matriz energética, transportes e processos industriais. Este Plano está em fase de implementação desde de 2024 e abrange temas como Energia, Indústria, Transportes, Agropecuária, Mudança do uso do solo, Florestas e Resíduos, adotando uma abordagem integrada e multissetorial.

As incipientes ações do setor público para lidar com os efeitos das mudanças climáticas traz desafios a serem enfrentados pelas políticas públicas federais, estaduais e municipais. Dada a complexidade e a importância dessas iniciativas, torna-se imprescindível avaliar a efetividade e eficiência de cada Plano e Programa implementado. No Estado do Espírito Santo, essa análise é realizada por meio do Sistema de Monitoramento e Avaliação de Políticas Públicas do Espírito Santo (SiMAP-PP), instituído pela Lei estadual nº 10.744/2017, com os objetivos de monitorar e avaliar políticas públicas de forma articulada no ciclo orçamentário, aprimorar as políticas públicas do Poder Executivo Estadual e melhorar a qualidade do gasto público.

O SiMAP é composto pela Comissão de Análise Estratégica, pelos Órgãos Finalísticos, e pelo Núcleo de Monitoramento e Avaliação de Políticas Públicas (NuMA), que reúne o Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN), as Secretarias de Estado de Economia e Planejamento (SEP) e de Gestão e Recursos Humanos (SEGER), a Escola de Serviço Público do Espírito Santo (ESESP), e a Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES). Coordenado pelo IJSN, o NuMA é responsável por disseminar a cultura de monitoramento e avaliação no setor público estadual e executar o Plano Estadual de Monitoramento e Avaliação, definindo as políticas a serem monitoradas e avaliadas em cada exercício.

É importante atender que o tipo de avaliação eleita deve considerar o momento de desenvolvimento e grau de maturidade em que a política se encontra, podendo ela ser feita antes da implementação (ex ante), após a implementação (ex post), por meio de Análise Executiva e/ou mediante método que direcione ao monitoramento da política. Os diferentes meios de avaliação segue as orientações do Guia para Avaliar Políticas Públicas (IJSN, 2018a), elaborado de forma colaborativa entre o IJSN e o Centro de Aprendizagem em Avaliação e Resultados para o Brasil e África Lusófona da Fundação Getúlio Vargas.

A Análise Executiva (AE) é um tipo de avaliação ex post que visa apresentar uma visão geral da política com baixo dispêndio de recursos, examinando se os resultados desejados foram alcançados, assim como a adequação do desenho, da focalização do público beneficiário e da cobertura planejada. Também permite identificar oportunidades de melhoria, garantindo que a política continue a gerar impactos positivos. Assim, este tipo de documento apresenta as características da política, o diagnóstico do problema, os instrumentos legais e normativos que embasaram a sua elaboração, assim como o modelo lógico, a análise dos processos relacionados e dos resultados, além da análise crítica e a proposição de recomendações que são repassadas aos gestores públicos responsáveis pela política.

As opções de políticas públicas no eixo mitigação geralmente possuem sinergias com o desenvolvimento sustentável. Várias opções de mitigação, em especial no setor de energia, apoiam a produção de energia solar, eólica e de biometano, a eletrificação de sistemas urbanos e a eficiência

energética. Estas opções são tecnicamente viáveis e estão se tornando cada vez mais econômicas e, em geral, contam com o apoio do público, permitindo a expansão de sua implantação em muitas regiões. Contudo, a mudança de matriz energética requer mudanças de estilo de vida da população combinadas com políticas públicas que intensifiquem o uso de energias renováveis.

Apesar dos avanços no setor de transição energética e do posicionamento geográfico e estratégico do Estado do Espírito Santo frente ao potencial solarimétrico, com irradiação diária média anual entre 4,64 e 5,40 kWh/m<sup>2</sup>/dia (Espírito Santo, 2022) e, à proximidade do mercado consumidor, o estado ainda figura, segundo o Balanço Energético do Espírito Santo - Ano base 2024 (ARSP, 2025), entre os principais produtores de energias não renováveis, com matriz energética fortemente associada ao petróleo e gás natural. No entanto, os desafios climáticos extremos vivenciados em outros estados e também no Espírito Santo evidenciam a urgência de uma resposta eficaz às mudanças climáticas.

No setor de energia, o problema que se pretende combater apresenta uma grande complexidade inerente às demandas ambientais, econômicas e políticas vinculadas ao enfrentamento das causas e consequências das mudanças climáticas. A crescente demanda mundial por energia elétrica no atual contexto de crise climática e manutenção do desenvolvimento, emerge a necessidade da adoção de políticas que permitam o fomento da produção de energia de fontes renováveis, sem deixar de considerar a competitividade (ou desenvolvimento) no processo de transição energética justa. Neste aspecto, o Governo do Estado do Espírito Santo criou o Programa de Geração de Energias Renováveis do Espírito Santo (GERAR) com o objetivo de fomentar produção de energia renovável e ampliar a sustentabilidade do estado, promovendo a redução das emissões de GEE na geração de energia elétrica, contribuindo para a diversificação da matriz energética, descentralizando o desenvolvimento socioeconômico e tornando o ambiente de negócios do ES mais atrativo, competitivo e seguro. Com isso, o estado visa por meio do GERAR atender a demanda por bens e serviços de baixa emissão, criando oportunidades para empresas com expertise no desenvolvimento e implantação das tecnologias necessárias para alcançar as aspirações de produção de energia com redução de carbono.

Com o objetivo de avaliar o desempenho das políticas públicas implementadas no Espírito Santo e melhorar a qualidade de seus resultados, a equipe de pesquisadores do IJSN, responsável pela Análise Executiva (AE), tem a função de apresentar para os gestores e Secretarias envolvidas importantes elementos internos e externos à política que deveriam ser considerados para uma boa gestão, visando à resolução de problemas e/ou incremento das potencialidades de cada política analisada. Isso envolve a realização de uma análise crítica por parte de uma equipe de pesquisadores que é externa e desvinculada à política. De todo modo, a visão da equipe gestora sobre os resultados da AE é um ponto muito importante, pois refletirá nas decisões e na melhoria da política pública.

Desta forma, este artigo tem o objetivo de demonstrar a importância da Análise Executiva na avaliação das políticas públicas em andamento, especialmente em Políticas Estratégicas para o PCMC, assim como, apresentar os resultados da Análise Executiva do GERAR e analisar as percepções dos órgãos avaliador e gestor da política sobre os resultados da AE, indicando sua influência nas decisões estratégicas e, por conseguinte, na potencial melhoria da política.

## Metodologia

Em atendimento aos requisitos legais, o Decreto nº 5664-R de 27 de março de 2024 inclui no planejamento do Plano Estadual de Monitoramento e Avaliação, para o exercício de 2024, a Análise



Executiva (AE) para os programas do PCMC inseridos no eixo mitigação. Foram selecionadas pelo Grupo de Trabalho do SiMAPP, 17 políticas (Ações, Planos, Projetos e Programas) que contribuem para a redução da emissão de GEE, dentro do qual está inserido o GERAR sob coordenação e execução da Gerência de Competitividade (GECOMP) da Subsecretaria de Competitividade (SUBCOMP) da Secretaria de Estado de Desenvolvimento (SEDES). A seleção considerou políticas concluídas ou em andamento para uma avaliação ex-post, realizada por meio de análises rápidas e processo analítico global e integrado de programas e projetos governamentais.

A Análise Executiva é realizada a partir da metodologia descrita no volume 3 do Guia para Avaliar Políticas Públicas (IJSN, 2018). As etapas desenvolvidas em cada análise consistem em: a) Caracterização da Política; b) Diagnóstico do Problema; c) Análise do Desenho; d) Análise dos Processos; e) Percepção dos Beneficiários; f) Resultados da Política; g) Análise Crítica; e h) Recomendações. As primeiras etapas (a - f) são analisadas a partir da pesquisa exaustiva dos documentos existentes, como leis, decretos e Relatórios Técnicos e são complementadas por entrevistas com os gestores da política e com stakeholders ligados, além de documentos por eles compartilhados (Tabela 1). A partir da coleta do material, é possível identificar os objetivos, metas e resultados alcançados, o público, os instrumentos legais, entre outras informações, elaborar o Modelo Lógico e compreender o desempenho da política pública. Munida desse conhecimento, a equipe realiza a Análise Crítica (g). Essa análise é realizada coletivamente a partir da elaboração de uma Matriz de Análise SWOT, onde são identificadas as forças (Strengths), as fraquezas (Weaknesses), as oportunidades (Opportunities) e as ameaças (Threats) das políticas. As forças e fraquezas são variáveis internas ao projeto, como a competência dos participantes e cumprimento dos prazos e objetivos. Já as ameaças e oportunidades são externas, onde são listados os investimentos, as políticas estaduais e nacionais, entre outros pontos que podem alavancar ou retardar a execução do plano de ação, por exemplo.

No processo de construção da AE, a validação do conteúdo do documento feita pelos gestores da política é um recurso importante, que por vezes é solicitado pela equipe de pesquisadores do IJSN como forma de evitar algum erro sobre o entendimento da política. No entanto, isso não tira a autonomia da equipe de pesquisadores na elaboração da Matriz de Análise SWOT e nem das Recomendações indicadas. Por isso é tão importante um feedback sobre as percepções da equipe gestora da política sobre AE concluída e principalmente como essa análise pode influenciar na melhoria da política. Ademais, é importante pontuar que o fato de a AE ser conduzida de modo alinhado entre avaliadores e gestores, permite que melhorias possam ser implementadas no curso da análise e não somente ao fim da mesma.

Desta forma, este artigo apresenta uma síntese dos resultados da Análise Executiva do GERAR, com uma breve caracterização da política, destacando posteriormente os principais pontos identificados na Matriz SWOT, as principais recomendações e, por fim, a percepção geral dos gestores do GERAR quanto ao desempenho da AE e as ações necessárias para favorecer o Programa. É importante destacar que os resultados do GERAR são dinâmicos e seus indicadores numéricos mudam com frequência. Assim, os dados apresentados correspondem às últimas atualizações da SEDES, disponibilizadas em fevereiro de 2026.

**Tabela 1. Lista de etapas e Documentos fonte dos dados.**

Etapas da avaliação que foi utilizado	Fonte de dado	Descrição do documento
1. Introdução	Documentos Publicações	Lei Nº 10744/2017; Decreto Nº 5387-R/2023; Decreto Nº 5664-R/2024; Nota Técnica 56/IJSN; Relatório do IPCC de 2023.

2. Metodologia	Publicações	Guia Para Avaliar Políticas Públicas Vol. 3, do IJSN.
3. Caracterização da Política	Documentos Entrevistas	Publicações site SEDES (GERAR e Invest ES); Publicações site ARSP (estudos e balanços 2021 e 2022); Entrevista com gestor responsável/subsecretaria SEDES; Contato por e-mail e telefônico com equipe ARSP; Documento elaborado e compartilhado pela ARSP; Resolução Aneel Nº482; Decreto Nº3453-R/2013; Convênio CONFAZ Nº16/2015 da Aneel; Lei Nº10.550/2016; Lei Nº7.000/2001; Lei Nº9.531/2010; Resolução Invest ES Nº1.448/2020; Resolução Invest ES Nº1.501/2020; Resolução Invest ES Nº1.545/2021; Lei Nº11.253/2021; Decreto Nº4.896-R/2021; Decreto Nº 4.938-R/2021; Publicação da Cartilha do GERAR ES pela SECTIDES (2021); Lei Nº11.759/2022; Lei Complementar Nº1.027/2022; Decreto Nº5.416-R/2023; Resolução Nº 1.905/2023; Portaria Nº54/2024.
4. Problema que se pretende combater	Documentos Publicações	Relatório IPCC de 2023 (IPCC, 2023); Estudo da Agência Internacional de Energia (IEA, 2024); Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA, 2024); Decreto Federal Nº 9.073/2017; Lei Nº 9.531/2010; Decreto Nº 4.896-R/2021; Lei Nº 11.253/2021.
5. Desenho do Plano	Documentos Entrevistas	Entrevista com a SEDES; Lei Nº10.550/2016; Lei Nº7.000/2001; Lei Nº11.253/2021; Decreto Nº4.896-R/2021; Decreto Nº4.896/2021; Lei Nº11.759/2022.
6. Processos	Documentos Entrevistas Mídia	Entrevista com a SEDES; Contato com servidor da ARSP; Documento elaborado e compartilhado por ARSP; Lei Nº11.759/2022 Decreto Nº 3.453-R/2019; Decreto Nº 4.19-R/2020; Decreto Nº4.896/2021; Publicação site SEDES (GERAR e Invest ES); Publicações site ARSP (estudos energéticos e balanços energéticos de 2021 e 2022); Acesso a links (Portal de Transparência, Processos Eletrônicos/SisGerar e Invista no ES); Cartilha sobre o GERAR (ES, 2021); Vídeo institucional do GERAR.
7. Resultados da Política	Documentos	Documento elaborado e compartilhado por ARSP; Acesso site ARSP (balanços energéticos 2022 a 2025) Entrevista com gestor do GERAR; Acesso ao site Invista no ES (aba Investimentos).

Elaboração: IJSN, 2026.

### 3. Resultados

#### 3.1 Síntese da Análise Executiva do GERAR

##### 3.1.1 Caracterização do Programa

A crescente demanda mundial por energia elétrica no atual contexto de crise climática e manutenção do desenvolvimento, emerge a necessidade da adoção de estratégias políticas que permitam um desenvolvimento de viés sustentável, sem deixar de considerar a competitividade no processo de transição energética justa. Neste contexto, o Programa de Geração de Energias Renováveis do Espírito Santo (GERAR) foi criado pela Lei Nº 11.253/2021 e regulamentado pelo Decreto Nº 4896-R/2021 sob coordenação da SEDES em parceria com outros entes. O Programa objetiva fomentar a produção de energia renovável, especialmente fotovoltaica e ampliar a sustentabilidade do estado. Além de promover a redução das emissões de GEE na geração de energia elétrica, diversificar a matriz energética, descentralizar o desenvolvimento e tornar o ambiente de negócios do ES mais competitivo e seguro.

O público-alvo do Programa consiste em pessoas jurídicas no formato societário de consórcio ou cooperativa com interesse de produzir energia de fonte renovável. Fazem parte desse grupo: i) sociedades empresariais, conforme isenção prevista no art. 5º-D da Lei 7000/01 (incluído pela Lei nº 11.253, de 08.04.21) e destina-se exclusivamente a projetos de geração de energia a partir de fonte fotovoltaica; ii) pessoa jurídica com projetos de geração de energia a partir de qualquer fonte renovável, acima de 1 MW, conforme isenção prevista no §6º, art. 5º da Lei 7000/01 (e Convênio de ICMS 16/15 e 215/17).

O Programa GERAR ES serviu e ainda serve de base para o estabelecimento de políticas públicas e iniciativas do governo do ES ligadas à temática mudanças climáticas, como, por exemplo, no estabelecimento dos Decretos Nº 4.938-R/2021 e Nº 5.416-R/2023 que versam, respectivamente, sobre a adesão do ES às campanhas globais Race to Zero e Race to Resilience e sobre a criação do Programa de Geração de Energias Renováveis da cadeia do Hidrogênio Sustentável no ES, além de servir de exemplo para o estabelecimento de estratégias ligadas ao incentivo do uso do gás natural e do biometano, como no caso da iniciativa Gás para Mover e do Programa ES+Mais Gás. Decerto, o Programa é uma política pública reconhecida e que permanece evoluindo e melhorando seus processos.

O Programa conta com boas práticas de governança, transparência e processos digitais ágeis e inteligentes ao ser incorporado logo que surgiu à estratégias governamentais de desenvolvimento do ES - Programas de Incentivo ao Investimento no estado do Espírito Santo (Invest-ES) e mais recente ao PCMC, sendo, portanto, uma política pública estruturada em 6 eixos de atuação pioneiros no país (Tabela 2). A existência de uma base legal, financiadores para conceder incentivos e linhas, acordos de cooperação com concessionárias de energia para aferir a distribuição de energia e envolvimento de recursos humanos/stakeholders de níveis estratégico e operacional, além de interessados em produzir energia sustentável são os principais insumos utilizados para a implementação do Programa.

Como resultados previstos para uma política de longo prazo, destacam-se: aumento da segurança jurídica; aumento da participação da energia renovável na matriz energética do estado; aumento do número de concessão de incentivos/fomento à produção de energia sustentável; garantia do controle na produção e no consumo de energia; garantia de uma gestão estratégica e execução operacional; e centralização das orientações, meios e atores em mesmo “ambiente” virtual. Desta forma, o GERAR prevê impactos: no ambiente de negócios do ES, tornando-o mais competitivo, atrativo e seguro; na diversificação da matriz energética do ES, com colaboração à matriz sustentável nacional e global; na redução das emissões na produção de energia; no desenvolvimento socioeconômico ES descentralizado e interiorizado; na gestão com base em evidências e indicadores;



e na gestão e operacionalização do Programa de forma eficiente, eficaz, transparente e contínua.

### 3.1.2 Resultados do Programa

O Programa apresenta uma estrutura ampla e estratégica, organizada em seis eixos de atuação que, embora possam operar de forma individualizada (Tabela 2), são complementares e inter-relacionados. Cada eixo é gerido por instituições independentes — como, por exemplo, os bancos responsáveis pela concessão de financiamentos quando solicitados pela empresa — o que garante autonomia operacional e especialização na execução das ações. Contudo, esses seis eixos não atuam de maneira isolada. Ao contrário, são concebidos de forma integrada, compondo um conjunto articulado de instrumentos que contribuem para o desenvolvimento do projeto empresarial. Funcionam como um verdadeiro “cardápio” de benefícios e mecanismos de apoio, que podem ser utilizados conforme as necessidades, o perfil e a estratégia de cada contribuinte. Assim, a empresa participante pode optar por usufruir de todos os instrumentos disponibilizados pelo Programa ou selecionar apenas aqueles mais adequados ao seu planejamento — como, por exemplo, o benefício fiscal —, garantindo maior flexibilidade e aderência às suas demandas específicas.

**Tabela 2. Eixos de atuação do GERAR e seus respectivos resultados (Elaboração: IJSN, 2026).**

Eixos de atuação do GERAR	Resultados alcançados
<b>1. Instrumentos regulatórios</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lei 11.253/2021 e Decreto Nº 4.896-R/2021- Institui e Regulamenta sobre o Programa GERAR ES;</li> <li>Lei 11.759/2022 - Altera o caput do art. 5º-D da Lei nº 7.000, de 27 de dezembro de 2001, que dispõe sobre o Imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação - ICMS;</li> <li>Leis que citam em suas considerações o GERAR como exemplo e/ou base.</li> </ul>
<b>2. Incentivos tributários</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Isenção de ICMS em equipamentos e componentes fotovoltaicos;</li> <li>Isenção de ICMS à unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída de energia solar fotovoltaica;</li> <li>Isenção e/ou redução de ICMS na geração de energia elétrica, assim como em equipamentos e componentes, para novos projetos de energia renovável.</li> </ul>
<b>3. Pesquisa &amp; Desenvolvimento (P&amp;D)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estudos, Atlas e balanços energéticos da ARSP;</li> <li>Oferta de pesquisas e cursos no IFES, UFES e outros;</li> <li>Eventos como 1º Congresso UnACAtiva, que aborda a transição energética no ES e a criação de cursos de capacitação na área, sob orientação da SECTI.</li> </ul>
<b>4. Acesso à rede</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SEDES - <a href="https://sedes.es.gov.br/GERAR">https://sedes.es.gov.br/GERAR</a>;</li> <li>SisGerar - <a href="http://www.SisGerar.sectides.es.gov.br">www.SisGerar.sectides.es.gov.br</a>;</li> <li>Link Portal de Transparência do Poder Executivo do Espírito Santo- <a href="https://transparencia.es.gov.br/Comum/IncentivosFiscais">https://transparencia.es.gov.br/Comum/IncentivosFiscais</a>;</li> <li>Invest-ES - <a href="https://investanoes.es.gov.br/GERAR">https://investanoes.es.gov.br/GERAR</a>).</li> </ul>
<b>5. Desenvolvimento Regional</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mais de 50 empresas beneficiadas diretamente até o momento;</li> <li>Mais de 300 unidades consumidoras de energia solar distribuídas em 43 municípios do ES;</li> <li>Cerca de 2.000 empregos gerados na instalação e manutenção de energia fotovoltaica no ES</li> </ul>
<b>6. Financiamentos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Linhas de financiamento concedidas por bancos estatais, como Bandes e Banestes S.A., vinculadas ao GERAR.</li> </ul>

No eixo instrumentos regulatórios, o Programa reconheceu que o estabelecimento de requisitos legais e regramentos corresponde a uma etapa inicial, prévia e extremamente importante para a orientação dos processos, pois definem de forma oficial e formal, os responsáveis, os métodos e os instrumentos que irão conduzir a implementação e execução do Programa. O GERAR apresenta uma base legal própria já estabelecida, assim como considera requisitos legais do Invest-ES, por meio de suas Resoluções e condicionantes. Mais recentemente, o GERAR passou a considerar também os requisitos que incidem sobre o PCMC. Alguns dos regramentos legais específicos atribuídos e/ou correlatos diretamente ao GERAR são listados abaixo na Tabela 3.

**Tabela 3: Alguns regramentos legais atribuídos e/ou correlatos ao GERAR ES (Elaboração: IJSN, 2025).**

<b>Resolução No 1.501/2020</b>	Estabelece procedimento para atualização cadastral de beneficiárias do Programa INVEST-ES
<b>Resolução No 1.545/2021</b>	Estabelece critérios para enquadrar projetos no âmbito do INVEST-ES
<b>Lei No 11.253/2021</b>	Institui o Programa GERAR ES
<b>Decreto No 4.896-R/2021</b>	Regulamenta sobre o Programa GERAR ES
<b>Decreto No 4.938-R/2021</b>	Adesão do ES às campanhas Race to Zero e Race to Resilience
<b>Lei No 11.759/2022</b>	Prorroga até 2032 isenção ICMS (7.000/01) sobre operações de saídas internas de energia elétrica
<b>Lei Complementar No 1.027/2022</b>	Institui Política Estadual de Fomento a Investimentos e Negócios de Impacto Socioambiental
<b>Decreto No 5.416-R/2023</b>	Institui Programa de Geração de Energias Renováveis da cadeia do Hidrogênio Sustentável no ES
<b>Resolução No 1.905/2023</b>	Vigência dos benefícios constantes na Lei 10.550/16, seguem até 31 de dezembro de 2032

No eixo tributário, o GERAR garantiu a concessão dos incentivos tributários, com a redução ou isenção de ICMS, previsto na Lei nº 10.550, de 30 de junho de 2016, também sejam estendidos e considerados como prioritário e de fundamental interesse para o desenvolvimento do Estado o empreendimento de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica proveniente de fonte renovável, por meio do Decreto Nº 4.896-R/2021 que regulamenta sobre o Programa GERAR. O GERAR garantiu também que todos os incentivos fiscais sejam estendidos até 2032 (Resolução Nº 1.905/2023).

No eixo Pesquisa & Desenvolvimento a SEDES conta com a participação direta de outros entes do Governo para a realização de estudos e capacitações. A ARSP colabora com a publicação de estudos (<https://arsp.es.gov.br/estudos-energeticos>) e balanços energéticos anuais, com o objetivo de diagnosticar e indicar o real potencial do Espírito Santo para a produção de energias renováveis (eólica, solar e outras), assim como para acompanhar modificações na produção de energia no ES, enquanto a SECTI, contribui na orientação da capacitação da mão-de-obra progressivamente demandada pela cadeia de produção de energias renováveis, ao ofertar curso e eventos sobre a temática transição energética. Por meio desses estudos é possível conhecer e divulgar o potencial do ES para investidores e interessados, assim como identificar as mudanças que ocorrem na matriz energética do estado. O desenvolvimento das pesquisas permite a capacitação de mão-de-obra qualificada no setor de energia renovável contribuindo para o ganho de conhecimento e expertise necessários para condução deste novo mercado regionalmente.

Como previsto no Decreto nº 4896-R/2021, ainda cabe à SEDES criar um “Guia do Investidor Sustentável” para divulgar as informações úteis e necessárias ao investidor sobre as normas, procedimentos e requisitos para instalação de empreendimentos de energia renovável dos municípios capixabas. Esta é uma das estratégias que pode ampliar e favorecer o incremento do desenvolvimento regional proposto pelo Programa. No entanto, o documento ainda não foi publicado.

No eixo Rede de Acesso, o GERAR possui um site específico do programa disponível no endereço <https://sedes.es.gov.br/GERAR>, onde estão aglutinadas e disponibilizadas as principais informações e orientações do GERAR, com diversos links que direcionam interessados ao SisGerar ([www.SisGerar.sectides.es.gov.br](http://www.SisGerar.sectides.es.gov.br)), ao site da SEDES, às legislações correlatas, à plataforma específica do Programa Invest-ES (<https://investanoes.es.gov.br/GERAR>), ao Portal de Transparência do Poder Executivo do Espírito Santo (<https://transparencia.es.gov.br/Comum/IncentivosFiscais>); assim como à Cartilha do Programa GERAR (ESPÍRITO SANTO, 2021) e ao vídeo institucional sobre o mesmo.

A adesão das empresas ao GERAR é por livre demanda. O processo de proposição de projetos ao GERAR destaca-se por ser intuitivo, transparente e totalmente digital. A empresa interessada deve solicitar o benefício tributário à SEDES via Sistema eletrônico do GERAR (SisGerar).

No Portal da Transparência e no site Investa no ES não se encontram divulgadas informações específicas sobre os beneficiários diretos do GERAR. A ausência desses dados e de outros indicadores (energéticos, por exemplo) dificultam avaliar o desempenho exclusivo do Programa, assim como provisionar suas metas e aferir sua participação na matriz energética do estado.

No eixo Desenvolvimento Regional, o GERAR propiciou um aumento da competitividade e da segurança em termos do ambiente de negócios no Espírito Santo. Antes não existia o benefício fiscal para pessoa jurídica e atualmente o estado tem um mercado livre de energia, onde a energia renovável produzida por uma empresa pode ser vendida para outras empresas.

Com relação à interiorização do desenvolvimento econômico no estado, o resultado do GERAR



está restrito principalmente, à uma das funções da SEDES, que é auxiliar as prefeituras, que sequer sabem desse assunto, por meio de orientação da equipe técnica aos municípios interessados nesse tipo de política pública. Contudo, “esta responsabilidade não pode ser atribuída apenas ao GERAR, uma vez que grande peso é conferido à vontade política dos municípios, que deveriam ser mais competitivos entre si para atrair empresas para sua região”, argumenta a gestora direta do GERAR. De todo modo, registra-se até o momento o envolvimento de cerca de 55% dos municípios capixabas envolvendo todas as regiões do estado, com destaque para os municípios situados na região metropolitana (Figura 1). Neste processo contabiliza-se também a geração de empregos diretos na instalação e na manutenção de placas e usinas solares.

No eixo de Financiamento, os bancos financiam a construção das usinas fotovoltaicas ou outra energia renovável por meio dos financiamentos concedidos. Atualmente há linhas de financiamento disponíveis publicadas no site do Invest-ES nos bancos estatais: Banco de Desenvolvimento do Espírito Santo (Bandes) e Banco do Estado do Espírito Santo (Banestes). Contudo, outras linhas podem ser ativadas, especialmente com a entrada do GERAR no PCMC, algo estratégico para os processos e performances desses Programas (PCMC e GERAR). No entanto, os dados de número e a localização das empresas que solicitaram o benefício e o valor financiado, estão até o momento sob domínio dos Bancos envolvidos e não foram repassados à SEDES por falta de articulação entre as partes.

lecimento de instrumentos e ambiente que permitam o fomento da produção de energia renovável e colaborem na transição energética com manutenção da competitividade e do desenvolvimento; gestão atribuída à uma Secretaria de nível estratégico do ES; concessão de incentivos tributários e linhas de financiamentos ativos. Quanto às fraquezas, destacam-se: a falta de apuração de resultados específicos do GERAR, a falta de uma gestão integrada dos resultados dos 6 eixos de atuação, a presença de equipe reduzida na gestão, textos e links desatualizados nas plataformas digitais; e a pouca publicidade dada ao seu desempenho e participação no PCMC (Tabela 4).

As oportunidades, ou seja, fatores externos à política que podem favorecê-la diretamente e indiretamente, destacam-se: a crescente demanda por energia elétrica renovável; o atual cenário de enfrentamento; o potencial energético do ES; a redução de riscos (apagões e competitividade); e a necessidade de políticas de transição energética. Quanto às ameaças destacam-se: o risco de descontinuidade por mudança do cenário político; o alto custo para implementar tecnologias de transição; a perda de investimentos; e a redução da competitividade frente a outras regiões (Tabela 4).

Balanco Energético - Considerando que o aumento de produção de energia renovável pode contribuir para o desenvolvimento regional, registra-se entre 2021 (ano de início do GERAR) e 2024 um aumento de mais de 500% no número de usinas e na potência instaladas de fonte fotovoltaica no ES, conforme os trechos dos Balanços Energéticos do ES (BEES) citados abaixo:

Ano base 2021: “ES em dezembro de 2021 tinha 11.199 micros e miniusinas fotovoltaicas instaladas, com 138,5 MWp de potência instalada [...]. Essas usinas, com 16% de fator de capacidade, geraram nesse ano em torno de 194,18 GWh, o suficiente para atender 59.935 residências, consumindo 270 kWh por mês.” (ARSP, 2022, p. 46).

Ano base 2024: “Em dezembro de 2024 tinha 69.388 micros e miniusinas solares fotovoltaicas operando, com 922,0 MWp de potência instalada, as quais tiveram uma geração média de 1.086,2 GWh.” (ARSP, 2025, p. 56).

Num panorama geral dos resultados do GERAR, a partir de documento produzido e compartilhado pela ARSP, nota-se que a fonte solar fotovoltaica foi a de maior destaque no gráfico de evolução da capacidade instalada de geração no Espírito Santo. Contudo, vale recordar, que o desempenho específico do Programa GERAR não está discriminado dentro desse resultado visto. Nota-se no Balanços Energéticos - Anos Bases 2021 e 2024, que a matriz energética do Espírito Santo foi de 11,1% para 13,9% de fonte renovável (ARSP, 2022; ARSP, 2025), sendo a fonte “solar fotovoltaica/eólica/biogás/outros renováveis” responsável por apenas 1,3% da produção de energia primária do estado. Apesar da singela participação da fonte solar, esta vem crescendo consecutivamente após a implementação do GERAR. A oferta por fontes renováveis no estado subiu para 25% da Oferta Interna Bruta, em 2024, representando uma elevação de 0,8% quando comparada ao ano anterior (ARSP, 2025). No entanto, cabe pontuar que tal avanço na porcentagem de fontes renováveis não é fruto somente do GERAR, nem tão pouco somente do solar fotovoltaica, contudo, o Programa parece ter influência nesse resultado.

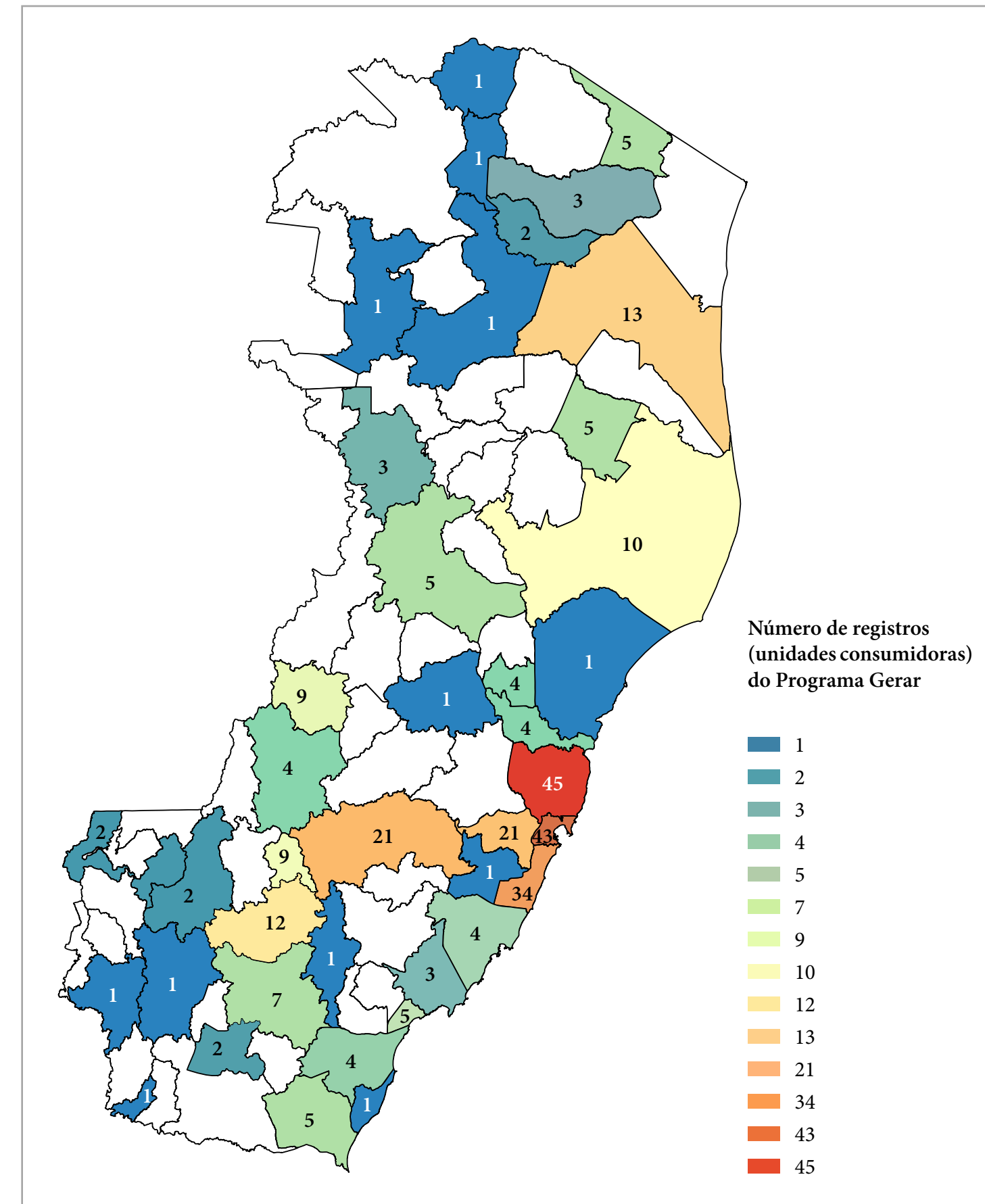
Um outro ponto importante é que o GERAR não explicita suas metas de curto, médio e longo prazo, nem tampouco define com clareza os indicadores que indiquem performance. Com base nos documentos analisados, espera-se que a longo prazo o Programa contribua para a transição na matriz energética do estado para fontes renováveis, com manutenção de sua competitividade, onde a diversificação da matriz energética é o primeiro passo. Até o presente momento, registra-se uma estimativa de redução das emissões de GEE de cerca de 2 milhões de toneladas de dióxido de carbono (tCO2) relacionadas diretamente ao GERAR (SEDES, 2026).

### 3.1.3 Análise SWOT

Dentre as principais forças, ou seja, fatores positivos internos do Programa, destacam-se: o estabe-

**Tabela 4. Análise SWOT realizada pela equipe de pesquisadores do IJSN responsável pela Análise Executiva do GERAR (Elaboração: IJSN, 2025).**

	Fatores Positivos	Fatores Negativos
<b>Fatores Internos</b>	<p><b>FORÇA:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevação da participação de fontes renováveis;</li> <li>• Colabra na transição energética;</li> <li>• Secretaria de nível estratégico do ES;</li> <li>• Manutenção do mesmo Gestor(a);</li> <li>• Elevado potencial para atrair investimentos;</li> <li>• Rede de articulação;</li> <li>• Política Pública reconhecida;</li> <li>• Programa estruturado e implementando melhorias;</li> <li>• Incentivos tributários e linhas de financiamento ativos;</li> <li>• Estratégia eficiente e transparente;</li> <li>• Atendimento de comunidades isoladas.</li> </ul>	<p><b>FRAQUEZA:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipe reduzida;</li> <li>• Textos e links desatualizados;</li> <li>• P&amp;D e capacitação de RH não evidenciados;</li> <li>• Não gerir e publicar de modo integrado os resultados dos 6 eixos;</li> <li>• Não possui metas e indicadores claros;</li> <li>• Falta publicidade;</li> <li>• Não indica do Portal beneficiados do GERAR (indica Invest-ES)</li> <li>• Não divulgar direcionamento de empreendimentos no ES.</li> </ul>
<b>Fatores Externos</b>	<p><b>OPORTUNIDADE:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Atual cenário mundial de atenção às mudanças climáticas;</li> <li>• Mercado de energia renovável em crescimento exponencial, especialmente a solar;</li> <li>• Redução da dependência do uso de recursos não-renováveis;</li> <li>• Manutenção da competitividade na transição energética;</li> <li>• Fortalecimento/Divulgação via PCMC;</li> <li>• Desenvolvimento de novas tecnologias e oportunidades de emprego;</li> <li>• GERAR Hidrogênio, entre outros, apoiam-se no GERAR;</li> <li>• Novos estímulos e acesso a incentivos e linhas de crédito;</li> <li>• Adesão ao Programa Invest ES e ao PCMC;</li> <li>• Imagem positiva/competitiva do ES (atrai investidores);</li> <li>• Governador e Governança ambiental ES em destaque;</li> <li>• Compromisso político do ES de neutralidade do carbono até 2050;</li> <li>• Integração das metas climáticas com agendas de desenvolvimento econômico/social;</li> <li>• Subsecretaria de Fomento de Negócios Sustentáveis e Invest. de Impacto – SEAMA.</li> </ul>	<p><b>AMEAÇA:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Perda do engajamento por não correlacionar com MC e PCMC;</li> <li>• Risco de sustentabilidade/continuidade;</li> <li>• Risco de baixo engajamento frente a outros estados (Ex.: MG e SP);</li> <li>• Piora do desempenho do ES (% renovável) frente a outros estados;</li> <li>• Impactos na imagem/ competitividade ES frente a outros por emitir muito GEE;</li> <li>• Possibilidade de cortes no financiamento em função de mudanças no cenário;</li> <li>• Alto custo de tecnologias na transição;</li> <li>• Catástrofes ambientais (altera prioridades);</li> <li>• Desafios devido abordagem integrada (SEDES, ARSP, SECTI...).</li> </ul>



**Figura 1.** Unidades consumidoras registradas no Programa por município (Dados fornecidos pela SEDES com base no Relatório Endereços emitido em 11/02/2026, SEDES, 2026). Elaboração: IJSN, 2026.



### 3.1.4 Principais recomendações

É importante destacar que após a realização da Análise Executiva conduzida pelos pesquisadores do IJSN houve a oportunidade da validação feita com a participação do gestor que responde pelo Programa desde a sua criação. As recomendações foram agrupadas em “atualizações e melhorias” e “transparência e comunicação” (Tabela 5).

No grupo “atualizações e melhorias”, a AE sugere melhorias na aferição e no acompanhamento dos indicadores de desempenho dos diferentes eixos do Programa e promover uma gestão estratégica e integrada desses. Isso inclui a atualização dos materiais e conteúdos como sites, links, indicadores de performance, base legal e documentos para download disponíveis nas plataformas digitais do Programa (páginas da SEDES, do Programa Invest-ES e SisGerar), que por vezes encontram-se desatualizados.

**Tabela 5. Relação das recomendações sugeridas pela Análise Executiva e absorvidas pelo gestor do Programa (Elaboração: IJSN e SEDES, 2026).**

Atualizações e melhorias		
Definir e gerir indicadores, resultados e impacto de modo integrado	Necessidade de consolidar métricas estratégicas (energia, clima, emprego, crédito)	Criação de painel interativo (SEDES-IJSN); metas anuais; monitoramento trimestral
Atualizar materiais e conteúdos nas plataformas digitais	Necessidade de atualização institucional	Atualização do portal da SEDES; boletins semestrais com apoio do IJSN
Dimensionar recurso humano para o Programa	Sobrecarga operacional identificada (composição de equipe, mão-de-obra)	Mapeamento de competências; capacitação técnica/ eventual reforço da equipe
Ampliar incentivos e linhas de financiamentos - PCMC	Estratégico para expansão da geração distribuída	Integração ao PCMC; articulação com bancos públicos e cooperativas
Transparência e Comunicação		
Especificar os resultados do GERAR no Portal de Transparência	Necessidade de detalhamento de impacto	Página específica com dados abertos (MW, CO2 evitado, municípios atendidos)
Dar publicidade da integração ao PCMC	Integração pouco visível	Campanha institucional; relatório temático
Dar publicidade aos Estudos/P&D e à Capacitação de RH	Produção técnica pouco difundida	Seminário anual; publicação de relatórios técnicos
Melhorar a comunicação dos stakeholders com a SEDES (bancos, EDP...)	Fluxos institucionais precisam de formalização	Criação de fórum permanente de governança energética

De modo mais específico, aconselha-se a discriminação dos dados específicos do GERAR no Portal de Transparência disponível via link no site do Programa Invest-ES, como por exemplo, a lista dos beneficiários das linhas de investimento concedidas por meio do GERAR, mesmo que com proteção de dados pessoais. Neste aspecto, o site do Invest-ES poderia trazer ferramentas de monitoramento dos indicadores de performance do GERAR (valor investido, número de beneficiários e quantia de energia produzida); simulações (redução de emissões, produção energética e economia financeira no tempo após aderir ao Programa); e/ou pensar na inclusão de um espaço para feedback de beneficiários do Programa (compartilhar relatos). Isso poderia elevar o desempenho

do GERAR e, por conseguinte, do PCMC, por conta dessas ferramentas divulgarem os resultados e encorajarem a aderência de um número maior de interessados.

Neste contexto, a AE sugere a definição de indicadores diretos de performance como: número de empreendimentos com instalação de energia renovável, assim como localização/município e energia produzida (dados fornecidos pela Concessionária EDP); número de empresas que receberam o financiamento para geração de energia fotovoltaica ou de qualquer outra de fonte renovável, bem como localização/município e valores concedidos (dados fornecidos pelos Bancos); valores economizados pelas empresas beneficiárias após início da produção de energia renovável; e quantificação da redução de emissões (TCO2-e) no setor de energia. Como indicadores indiretos, sugere-se: número de empregos criados no setor de energia renovável e avaliação do impacto na atividade industrial com o aumento do consumo de energia renovável. É importante considerar também ferramentas que evidenciem a promoção de um desenvolvimento regional de viés sustentável, como um mapa que demonstre a localização dos empreendimentos de produção de energia renovável instalados nos municípios capixabas, especialmente nos de IDHM reduzidos.

As fraquezas mencionadas acima, sinalizam a ausência de uma equipe destinada diretamente à gestão estratégica e operacional do GERAR. Desta forma, recomenda-se dimensionamento de recurso humano necessário para manter os processos do Programa em funcionamento e consiga, ao mesmo tempo, trabalhar nas atualizações e melhorias necessárias.

Como forma de aproveitar a visibilidade e Governança do PCMC, recomenda-se ao gestor ampliar incentivos e linhas de financiamentos do GERAR por meio de parcerias e Fundos que possam ser acessados com a inclusão do GERAR no PCMC.

Dentre as recomendações nota-se que algumas estão intimamente ligadas à necessidade de ampliar a transparência e à comunicação do Programa, especialmente com vínculo no PCMC, que naturalmente traz consigo maior visibilidade, considerando a incontestável evidência do tema mudanças climáticas na sociedade. Portanto, dar publicidade ao GERAR e seu link com o PCMC é uma estratégia que pode fortalecer ambos Programas, incrementando também a governança que se aplica ao GERAR e ao PCMC.

Indispensavelmente, verifica-se a necessidade de aferir, acompanhar e divulgar os resultados específicos do GERAR no Portal de Transparência ou na aba “Incentivos” do site do Programa Invest-ES, como melhorias importantes para gestores, stakeholders e a sociedade acompanharem o desempenho do Programa e a efetivar as boas práticas de transparência e Governança eleitas. Isso inclui também a atualização das plataformas digitais ligadas ao Programa. Assim como dar publicidade e transparência aos beneficiários, aos estudos energéticos atuais, às pesquisas realizadas e demandadas e às pesquisas, eventos e capacitações realizadas e demandadas fatalmente fortaleceriam a integração entre os diferentes eixos do Programa.

Verifica-se também a necessidade de melhorar a comunicação entre as partes envolvidas nos 6 eixos de atuação junto à SEDES, especialmente entre SEDES e Concessionárias, que concedem a produção e transmissão e medição da energia; entre SEDES e SECTI na divulgação das pesquisas, capacitações e eventos; e entre SEDES os bancos que concedem os financiamentos para a compra e instalação de equipamentos para a produção de energia renovável.

### 3.2 Percepção dos gestores do GERAR (SEDES)

Sob a ótica dos gestores do GERAR (SEDES), a análise executiva permitiu demonstrar que a política de gestão da radiação solar no Espírito Santo apresenta avanços institucionais relevantes,

especialmente quanto ao alinhamento entre planejamento estratégico, instrumentos financeiros, transparência ativa e fortalecimento institucional. Na percepção dos gestores esse tipo de arranjo contribui para consolidar o Estado como referência regional na transição energética, ao articular expansão da capacidade instalada, inclusão produtiva por meio da geração distribuída e monitoramento de indicadores.

A Análise Executiva colaborou com a SEDES para a submissão do Programa ao Prêmio Excelência em Competitividade 2025, promovido pelo Centro de Liderança Pública (CLP). Com mais de 333 políticas públicas avaliadas em todo o País, o GERAR foi selecionado como uma das seis melhores práticas públicas do Brasil, sendo o único representante da Região Sudeste na categoria “Destaque Boas Práticas”, algo que colabora com a promoção positiva da imagem do Espírito Santo.

Por outro lado, a análise também permitiu identificar reais oportunidades de aprimoramento da política, com destaque para a necessidade de integrá-la formalmente ao Programa Capixaba de Mudanças Climáticas (PCMC), reforçando a coerência entre metas energéticas e compromissos de mitigação de emissões assumido pelo Estado. Tal integração pode fomentar ambos programas (GERAR e PCMC), além de ampliar a capacidade de demonstrar o que o Estado tem feito frente às mudanças climáticas, assim como favorece o fortalecimento da transversalidade institucional e legitimando o GERAR como uma política de desenvolvimento de viés ambiental.

Os gestores também apontam a importância de aperfeiçoar a governança do Programa, por meio da institucionalização de rotinas de monitoramento, avaliação, definição clara de responsabilidades, ampliação da articulação com stakeholders e setor financeiro, aprimoramento da transparência e fortalecimento da coordenação intersetorial.

O GERAR é um incentivo recente, ainda em fase de consolidação institucional e operacional. As informações sobre beneficiários estão sendo organizadas e serão disponibilizadas no Portal da Transparência após a conclusão dos trâmites administrativos. O sistema SisGerar passa por reformulação para ampliar a transparência, simplificar procedimentos e dar mais agilidade às solicitações, com atualizações alinhadas às normas da Agência Nacional de Energia Elétrica e das concessionárias estaduais. Assim, a ausência temporária de dados decorre do processo de implementação e aprimoramento do Programa, com perspectiva de maior eficiência e transparência.

Em síntese, as recomendações apresentadas visam elevar o grau de maturidade e efetividade do GERAR, assegurando sua sustentabilidade no longo prazo e o cumprimento de seu objetivo de promover a expansão sustentável da energia solar no Estado, com impactos positivos na redução de emissões, na inclusão produtiva e no desenvolvimento regional.

## 4. Considerações Finais

A Análise Executiva do Programa de Geração de Energias Renováveis do Espírito Santo (GERAR), evidencia que o Estado estruturou uma política relevante para a transição energética, alinhada à Lei nº 9.531/2010 e às metas de neutralidade climática até 2050.

Os resultados indicam avanço na geração distribuída, especialmente solar fotovoltaica, com expansão da potência instalada e maior participação de fontes renováveis na matriz energética. Embora tais avanços não possam ser exclusivamente atribuíveis ao GERAR, o Programa contribuiu para fortalecer o ambiente regulatório, ampliar a segurança jurídica, promover imagem positiva do ES e atrair investimentos.



A avaliação identificou como principais forças a base legal consolidada, os incentivos tributários e a inserção estratégica do Programa no contexto do desenvolvimento estadual. Como fragilidades, destacam-se a ausência da gestão estratégica de metas e de indicadores claramente definidos, a baixa integração e divulgação dos resultados dos seis eixos e a limitação de recursos humanos.

As recomendações voltadas à definição de indicadores, ao aprimoramento da transparência e ao fortalecimento da articulação institucional apontam caminhos para elevar a efetividade do Programa. Conclui-se que o GERAR possui bases sólidas e potencial de ampliação de impacto, desde que consolide uma gestão orientada por resultados e integrada à agenda climática estadual.

### Referências:

AGÊNCIA DE REGULAÇÃO DE SERVIÇOS PÚBLICOS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO (ARSP). **Balanco energético do estado do Espírito Santo: Ano base 2021**. Vitória: ARSP, 90p., 2022.

AGÊNCIA DE REGULAÇÃO DE SERVIÇOS PÚBLICOS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO (ARSP). **Balanco energético do estado do Espírito Santo: Ano base 2022**. Vitória: ARSP, xp., 2023.

AGÊNCIA DE REGULAÇÃO DE SERVIÇOS PÚBLICOS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO (ARSP). **Balanco energético do estado do Espírito Santo 2025: Ano base 2024**. Vitória: ARSP, 116p., 2025.

ESPÍRITO SANTO. **Lei nº 7.000, de 27 de dezembro de 2001** - Dispõe sobre o Imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação - ICMS, Vitória, 28 set. 2001.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 9.531, de 15.09.2010**. Institui a Política Estadual de Mudanças Climáticas - PEMC, contendo seus objetivos, princípios e instrumentos de aplicação, Vitória, 17 set. 2010. p. 9.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 10.550, de 01 de julho de 2016**. Institui o Programa de Incentivo ao Investimento no Estado do Espírito Santo - INVEST-ES. Vitória, 01 de julho de 2016.

\_\_\_\_\_. Lei nº 10.744, de 05 de outubro de 2017. Institui o Sistema de Monitoramento e de Avaliação de Políticas Públicas do Espírito Santo. Diário Oficial dos Poderes do Estado, Vitória, 06 out. 2017c. p. 1.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 11.253, de 2021**. Institui o Programa de Geração de Energias Renováveis do Espírito Santo - GERAR. Diário Oficial dos Poderes do Estado, Vitória, 09 abr. 2021. p. 1.

\_\_\_\_\_. **Decreto nº 4.896-R, de 02 de junho de 2021**. Regulamenta a Lei nº 11.253, de 8 de abril de 2021, que dispõe sobre a Política Estadual de Incentivo a Geração de Energias Renováveis - GERAR. Diário Oficial dos Poderes do Estado, Vitória, 07 jun. 2021. p. 1.

\_\_\_\_\_. **Decreto nº 4.938-R, de 02 de agosto de 2021**. Dispõe sobre a adesão do Estado do Espírito Santo às campanhas “Race to Zero” e “Race to Resilience”, no âmbito da Convenção - Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, visando à redução de emissões de gases de efeito estufa e à resiliência climática. Diário Oficial dos Poderes do Estado, Vitória, 03 ago. 2021. p. 3.

\_\_\_\_\_. **Cartilha do GERAR: Programa de geração de energias renováveis**. Secretaria da Ciência, Tecnologia, Inovação, Educação Profissional e Desenvolvimento Econômico. Ago 2021. Disponível em <https://sedes.es.gov.br/gerar>

\_\_\_\_\_. **Lei nº 11.759, de 23 de dezembro de 2022** - Prorroga até 2032 isenção ICMS (7.000/01) sobre operações de saídas internas de energia elétrica. Altera o caput do art. 5º-D da Lei nº 7.000, de 27 de dezembro de 2001, que dispõe sobre o Imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação - ICMS. Diário Oficial dos Poderes do Estado, Vitória, 26 dez. 2022.

\_\_\_\_\_. **Resolução Invest-ES nº 1.905/2023, de 19 de julho de 2023**. Vigência dos benefícios constantes na Lei 10.550/16, seguem até 31 de dezembro de 2032. Diário Oficial dos Poderes do estado. Vitória, 21 julho de 2023.

\_\_\_\_\_. **Decreto nº 5.416-R, de 28 de junho de 2023**. Institui o Programa de Geração de Energias Renováveis da cadeia do Hidrogênio Sustentável no estado do Espírito Santo. Diário Oficial dos Poderes do estado. Vitória, 29 jun 2023.

\_\_\_\_\_. **Plano de Descarbonização e Neutralização das Emissões de GEE do Espírito Santo – Caderno de Planejamento Estratégico: Estratégias, Ações e Políticas Públicas necessárias para a neutralização das emissões de GEE do ES até 2050**. Relatório Técnico. Espírito Santo’s Decarbonization and GHG Emissions Neutralization Plan: Executive Summary. Governo do Estado do Espírito Santo, Vitória/ES, 2023. Available at: [www.impatoclima.ufes.br/NetZeroES](http://www.impatoclima.ufes.br/NetZeroES)

\_\_\_\_\_. **Decreto nº 5.664, de 27 de março de 2024**. Dispõe sobre o Plano Estadual de Monitoramento e Avaliação de Políticas Públicas, previsto na Lei nº 10.744 de 05 de outubro de 2017, e dá outras providências. Vitória, 28 de mar. 2024. p. 14.

INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES (IJSN). **Guia para Avaliar Políticas Públicas | volume 4**. E quando a política está em andamento: Avaliação ex post. Vitória, ES, 2018. Disponível em: [https://ijsn.es.gov.br/Media/IJSN/PublicacoesAnexos/livros/IJSN\\_SiMAPP\\_Volume-04.pdf](https://ijsn.es.gov.br/Media/IJSN/PublicacoesAnexos/livros/IJSN_SiMAPP_Volume-04.pdf).

IPCC - PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS (2023). **Climate Change 2023: Synthesis Report**. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 35-115. doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647

REIS JÚNIOR, Neyval Costa; SANTOS, Jane Meri; VALENTIM, Elisa Goulart; FURIERI, Bruno; MILL, José Geraldo; PARTELLI, Fábio Luiz; RIGO, Daniel; BUARQUE, Diogo Costa; GOULART; Antonio Celso de Oliveira; PANTOJA, Pedro Henrique Bonfim; VARGAS, Paulo Sergio de Paula; SANTOS, Robson Monteiro dos; REIS, Juliana dos; JUBINI, Elizane Maria Carneiro; FERRARI JUNIOR, Benício; CORREIA, Wesley Campos, et al. **Plano de Adaptação às Mudanças Climáticas do Espírito Santo**. Relatório Técnico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória/ES, 2022.

SEDES - SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO DO ESPÍRITO SANTO. **SisGerar: listagem de empresas ativas no benéfico**. Relatórios emitidos em 06/02/2026 e 11/02/2026 pelo sistema interno da equipe gestora do Programa, 2026.

# Gestão Territorial e Recursos Naturais

Focado em diagnósticos técnicos do solo, das pastagens e da infraestrutura urbana, utilizando tecnologias de sensoriamento e com foco em energias limpas.



## CAPÍTULO 2

# Reflexões Sobre os Desafios Urbanísticos e o Futuro Sustentável da Cidade de Ilhéus - BA.

Jáiny Silva Nascimento<sup>1</sup>  
Cleverson Alves de Lima<sup>2</sup>

## Resumo

O presente trabalho explora os desafios de sustentabilidade urbana em Ilhéus, Bahia, baseados em dois modelos de resiliência (engenharia e ecológica) e das Soluções Baseadas na Natureza (SBN). O modelo de resiliência ecológica favorece a adaptação evolutiva aos impactos ambientais, enquanto as SBN integram ecossistemas ao planejamento urbano, promovendo estratégias para mitigar desastres naturais e melhorar a qualidade de vida. Com o objetivo de integrar estratégias ecológicas ao planejamento urbano, a pesquisa adota metodologia qualitativa e exploratória, fundamentada em revisão bibliográfica sistemática, análise de dados secundários de órgãos públicos e avaliação crítica da realidade socioambiental local. Os resultados apontam que as SBN são não apenas ecologicamente eficazes, mas também economicamente vantajosas frente ao alto custo das obras convencionais, como contenções em concreto e sistemas rígidos de drenagem. Soluções como reflorestamento de encostas, jardins de chuva, pavimentos permeáveis e infraestruturas verdes demonstram capacidade de regenerar áreas degradadas, aumentar a permeabilidade do solo e reduzir os riscos de desastres, transformando o município em uma cidade esponja com o objetivo de criar ambientes urbanos que absorvam e armazenem a água da chuva de forma eficiente, mitigando alagamentos e ampliando a resiliência urbana. Além disso, destaca-se a importância da educação ambiental, da participação comunitária e do uso de tecnologias como SIG e NDVI para o monitoramento de áreas de risco. Conclui-se que as SBN, ao promoverem integração entre ambiente, urbanização e justiça social, oferecem soluções acessíveis e replicáveis para cidades de médio porte diante da mudança climática e dos crescentes desafios financeiros enfrentados pela gestão pública.

**Palavras-chave:** Soluções Baseadas na Natureza; Resiliência Urbana, Sustentabilidade; Urbanização.

## Abstract

This paper explores the challenges of urban sustainability in Ilhéus, Bahia, based on two resilience models (engineering and ecological) and Nature-Based Solutions (NBS). The ecological resilience model favors adaptive responses to environmental impacts, while NBS integrates ecosystems into urban planning, promoting strategies to mitigate natural disasters and improve quality of life. Aiming to integrate ecological strategies into urban planning, the research adopts a qualitative and exploratory methodology, grounded in a systematic literature review, analysis of secondary data from public agencies, and critical assessment of the local socio-environmental reality. The results indicate that NBS are not only ecologically effective but also economically advantageous when compared to the high cost of conventional works, such as concrete retaining walls and rigid drainage systems. Solutions like slope reforestation, rain gardens, permeable pavements, and green infrastructures show the capacity to regenerate degraded areas, increase soil permeability, and reduce disaster risks, transforming the municipality into a sponge city designed to absorb and store rainwater efficiently, mitigating floods and enhancing urban resilience. Furthermore, the importance of environmental education, community participation, and the use of technologies such as GIS and NDVI for risk area monitoring is emphasized. It is concluded that NBS, by promoting the integration between environment, urbanization, and social justice, offer accessible and replicable solutions for medium-sized cities facing climate change and the growing financial challenges of public management.

**Keywords:** Nature -based solutions; Urban resilience, sustainability; Urbanization.

<sup>1</sup>Mestranda em Engenharia Civil e Ambiental, PPGECA/UESC/UFSB, [jainy.nascimento@cja.ufsb.edu.br](mailto:jainy.nascimento@cja.ufsb.edu.br)

<sup>2</sup>Docente, Doutor em Engenharia Civil, PPGECA/UESC/UFSB, [clalima@uesc.br](mailto:clalima@uesc.br)



## Introdução

A cidade de Ilhéus, localizada no sul da Bahia, enfrenta diversos desafios ambientais e urbanísticos, assim como outras regiões tropicais ao redor do mundo. A imprevisibilidade é característica dominante em regiões costeiras, afetando profundamente as relações entre o ser humano e o meio ambiente (POLLETE; LINS-DE-BARRO, 2012). As alterações climáticas, cada vez mais significativas, trazem diversos efeitos negativos que incluem estabelecimento de espécies vegetais exóticas, degradação de habitats, diminuição da distribuição de espécies nativas mal adaptadas ao calor e à seca, e a escassez de água (KABISCH et al, 2016), por exemplo. Diante deste cenário, houve o aumento da necessidade do uso de Soluções Baseadas na Natureza (SBNs) como estratégias que integram ecossistemas às condições municipais para lidar com as vulnerabilidades, como os problemas com alagamentos, inundações e desastres naturais devido aos movimentos de massa.

Partindo destas considerações, pode-se explorar estas soluções como métodos que incrementam a sustentabilidade e a resiliência urbana, frente aos desafios do novo milênio para as cidades, onde o enfrentamento aos problemas com enchentes, desmatamentos de APPs (Áreas de Proteção Permanente) e uma ocupação desordenada de áreas non aedificandi, agravam a segurança e a qualidade de vida urbana.

Desta forma, segundo Caputo et al. (2015) e Xiang et al. (2017) as SBNs se encaixam diretamente no contexto de resiliência urbana, ao propor uma regeneração de espaços ocupados considerados vulneráveis com tecnologias sustentáveis, de baixo impacto ambiental e com alta efetividade quanto a estabilidade de encostas urbanas e aumento da permeabilidade dos solos em períodos com alta pluviosidade.

Diante do exposto, discute-se o contexto urbano da cidade de Ilhéus (BA) frente ao entendimento de sustentabilidade urbana e seus impactos socioambientais quanto a resiliência urbana e as mudanças climáticas. Para isto, partiu-se de uma revisão bibliográfica sistemática e uma avaliação dos modelos propostos na engenharia ecológica com relação ao uso das SBNs como soluções para os problemas crônicos urbanos.

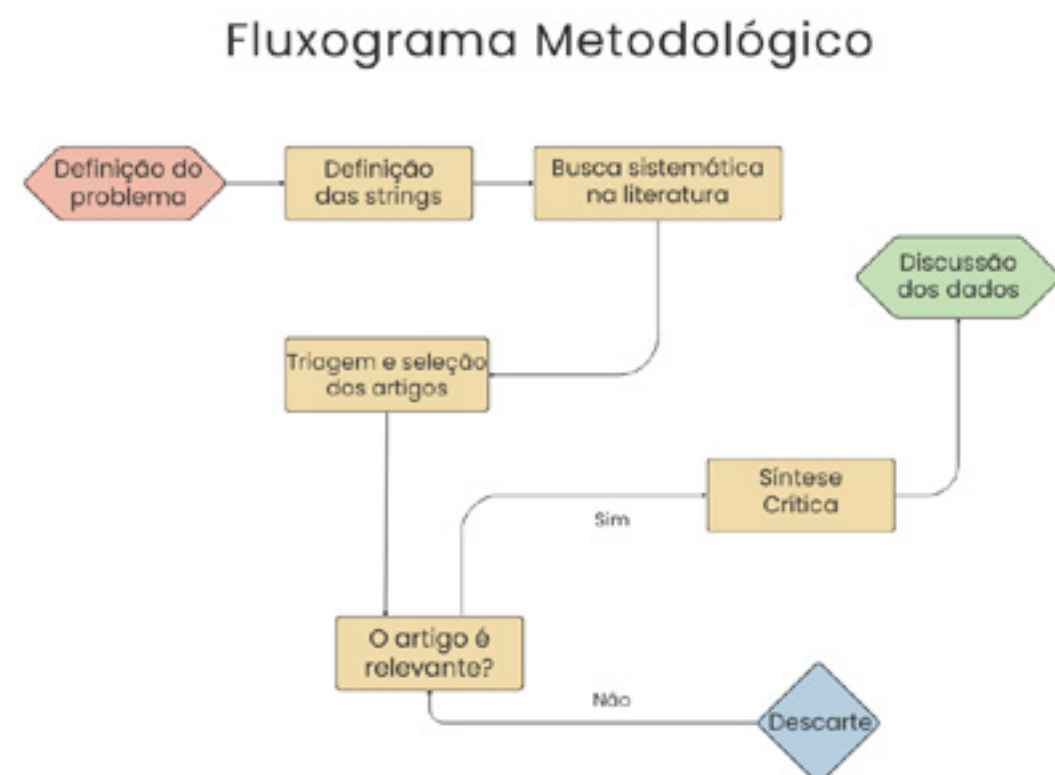
Justifica-se o uso das SBNs no contexto urbano como resposta aos problemas urbanos e seu caráter inovador para o enfrentamento às mudanças climáticas, além de sua viabilidade econômico-financeira como alternativa às soluções cinza tradicionais de estabilidade de encostas (contenções em concreto) e aumento da permeabilidade do solo urbano. Além disso, tais soluções permitem a participação comunitária na resolução do problema socioambiental local. Dessa forma, os modelos de resiliência e as SBNs oferecem uma base teórica para transformar o planejamento local, promovendo a integração de ecossistemas no ambiente urbano.

## Materiais e Método

Foi adotada uma abordagem qualitativa e exploratória proposta por Lunetta e Guerra (2023) para a discussão proposta neste trabalho, a partir da avaliação de trabalhos científicos, mapas e notícias sobre os problemas urbanos existentes em Ilhéus (BA). Desta forma, o método aplicado foi o da revisão bibliográfica e avaliação das condições urbanas que permitam a aplicação das SBNs como forma de aumento da resiliência urbana. Dados secundários foram coletados em relatórios governamentais e pesquisas acadêmicas, complementados por análise crítica das estratégias já existentes.

Estas informações foram sistematizadas, comparadas e analisadas a partir dos conceitos de resiliência ecológica e soluções práticas que reduzem os riscos naturais, fornecendo alternativas sustentáveis para melhoria local e resolução de problemas urbanos. O método de pesquisa foi sistematizado na Figura 1.

Figura 1. Fluxograma do método de pesquisa utilizado



Fonte: Elaborado pelos autores.

## Referencial Teórico

A expansão urbana e as mudanças socioespaciais expõe a cidade a vulnerabilidades, acarretando em diversas transformações sociais e ambientais (PINTO; MOREIRA, 2022a). Rangel e Thevenin (2021) apontam que o processo de urbanização de Ilhéus (BA) (Figura 2) acentuou no sentido sul da cidade devido a construção de uma nova ligação entre o Centro e a zona Sul, por meio de uma nova ponte, trazendo como consequência uma valorização dos imóveis, ao mesmo tempo em que atraiu investidores nas áreas civil, comercial e de serviços. Estes novos empreendimentos trazem consigo os impactos decorrentes de uma expansão econômica acelerada e espraiamento do território, gerando impactos ambientais sobre áreas antes naturais.

Figura 2. Localização Geográfica de Ilhéus - BA

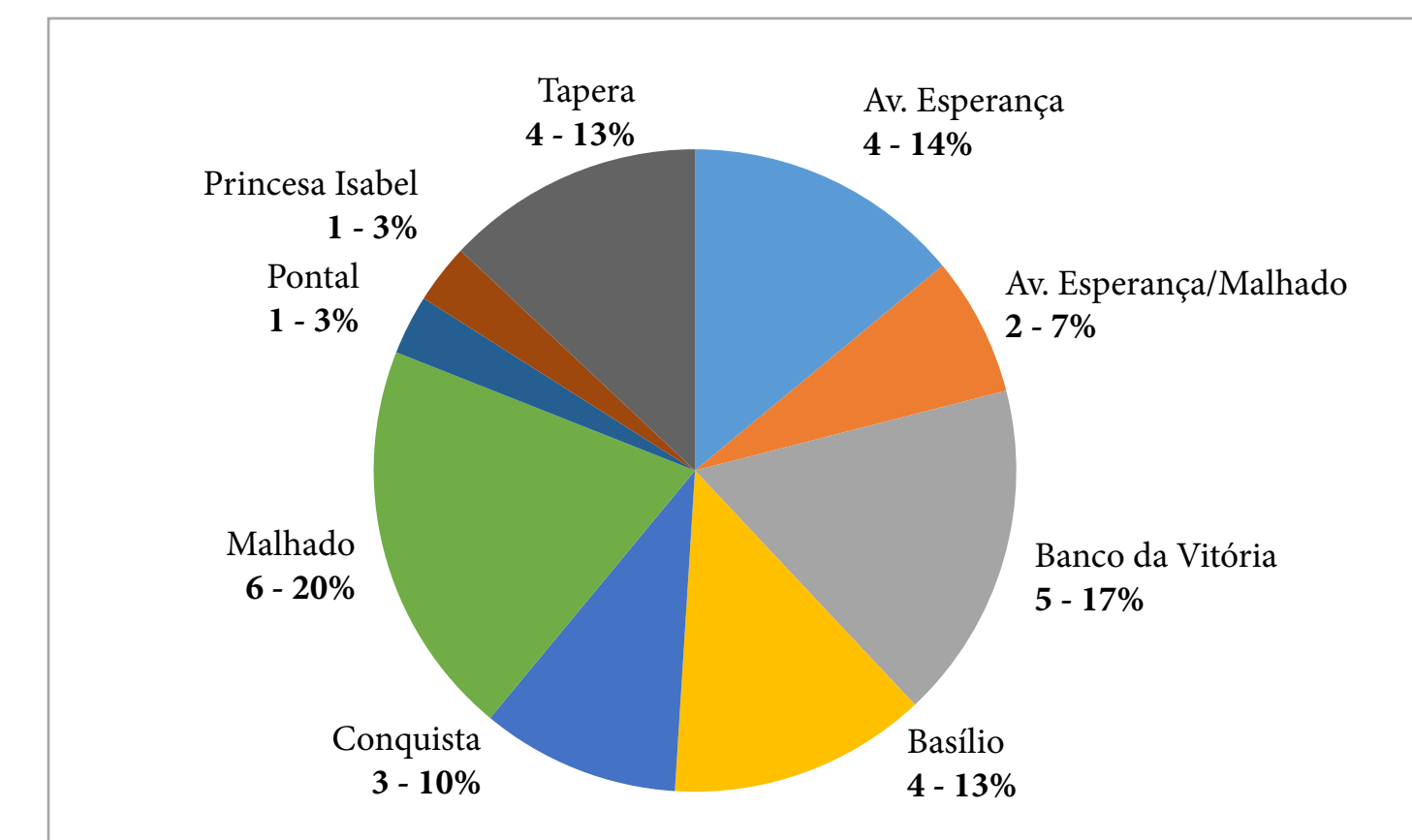


Fonte: Soares, et al (2022)

Neste sentido, é possível discutir o desenvolvimento urbano em associação com a sustentabilidade, onde os investimentos em Ilhéus (BA) possam ser implementados em harmonia com os ecossistemas locais, adotando-se estratégias adaptadas que permitam uma integração entre meio urbano, meio ambiente e sociedade. Com efeito, destacam-se as Soluções Baseadas na Natureza como forma de mitigar os impactos ambientais urbanos decorrentes do avanço da ocupação humana sobre áreas sensíveis, tais como encostas ou áreas alagáveis, permitindo uma convivência “cidade-natureza” harmoniosa com regeneração de ambientes degradados.

No caso de Ilhéus (BA), há diversos pontos de alagamento no centro urbano, devido ao processo de impermeabilização do solo, rede de drenagem insuficiente e da concentração de águas pluviais; bem como áreas suscetíveis aos movimentos de massa, que em períodos de alta pluviosidade, incidem em deflagrações morfodinâmicas. A Figura 3 apresenta o controle de chamadas recebidas pela Defesa Civil municipal para as ocorrências de movimentos de massa em pontos críticos na cidade, em um dia com alta pluviosidade.

Figura 3 - Ocorrências de deslizamentos na zona urbana de Ilhéus (BA) - Ref. Dez/2023



Fonte: Defesa Civil (2023)

Dessa forma, uma infraestrutura sustentável pode não apenas reduzir os impactos de alagamentos, movimentos de massa e a degradação ambiental, mas também criar espaços urbanos mais resilientes e inclusivos (AFONSO; RIBEIRO, 2023), capazes de suportar os desafios de uma região com tamanha biodiversidade. Essa abordagem combinada — soluções baseadas na natureza e planejamento adaptativo — pode transformar a cidade em um modelo de urbanização sustentável para cidades de médio porte no Brasil, enfrentando, de forma holística, os desafios impostos por questões ambientais e urbanas.

De acordo com Meerow et al. (2019) a resiliência das cidades é categoricamente desigual, pois os impactos sentidos pelas minorias e comunidades com baixos rendimentos é desproporcional aos recursos que recebem para recuperar-se, ao mesmo tempo em que os custos de reparação das infraestruturas danificadas, devido aos eventos extremos, aumentam. Analogamente, Xiang



et al. (2017) apresentam duas abordagens para resiliência: a "engenharia" que busca restabelecer a funcionalidade após os eventos e a "ecológica", que favorece a adaptação contínua. Em Ilhéus (BA), a abordagem ecológica seria crucial para lidar com os impactos das mudanças climáticas e a expansão urbana desordenada, o que resultará em adaptações aos sistemas naturais em vez de uma simples recuperação estrutural.

Outras considerações como a equidade na distribuição de bens, serviços e oportunidades, reconhecimento e respeito entre os diferentes grupos e participação equitativa nos processos de tomada de decisão, pois tais condições refletem diretamente na capacidade das comunidades de se recuperarem ou se adaptarem às mudanças climáticas e outras perturbações.

Shamsuddin (2020) aborda que a definição do termo está sendo mais debatida do que a implementação de políticas que possam aumentar a capacidade das cidades de responder de fato às crises. Essa informação torna-se verdadeira quando analisamos o plano diretor da cidade de Ilhéus que apresenta ferramentas como o "Mapa Falado Online" que promove interações, mais desafios como urbanização desordenada e falta de integração de setores permanecem dificultando uma aplicação mais ampla e prática das propostas apresentadas (PINTO; MOREIRA, 2022b)

### Resultados e Discussão

Alinhando-se aos princípios de resiliência urbana e sustentabilidade abordados, pode-se discutir propostas que podem transformar Ilhéus (BA) em uma cidade mais adaptada às mudanças climáticas e às demandas sociais:

**Gestão adequada dos recursos hídricos:** por ser um município frequentemente impactado por enchentes, Ilhéus pode se beneficiar de uma abordagem adequada para gestão de recursos hídricos. De acordo com Alves Jr. (2022), a gestão hidrológica deve ser integrada com o saneamento com o objetivo de minimizar os impactos para a população. Sistemas de drenagem sustentável, com pavimentos permeáveis e jardins de chuva, são exemplos que podem ajudar a reduzir os impactos das chuvas intensas, ao mesmo tempo que reservatórios e canais artificiais podem mitigar inundações em áreas críticas (WOODRUFF et al, 2018).

**Recuperação de áreas degradadas e reflorestamento:** fortalecer as áreas de manguezal, que estão ameaçadas devido às ações antropogênicas (COSTA, 2023), e encostas desmatadas é essencial para fortalecer a resiliência ecológica. Além disso, corredores ecológicos podem ser implementados para conectar remanescentes florestais e promover a biodiversidade local (SANTOS; BAITZ 2017).

**Zoneamento urbano eficiente:** medidas não-estruturais como o zoneamento urbano, que visa priorizar a ocupação de áreas seguras e a preservação de Áreas de Preservação Permanente (APPs), é crucial para mitigar os riscos ambientais (LARENTIS, 2020). Além disso, a regularização fundiária com vistas à relocação de populações vulneráveis para locais apropriados e apoio habitacional adequado é fundamental para a concretização de cidades sustentáveis, conforme apontado pelos autores Martins, Calil e Martins (2022).

**Criação de infraestruturas verdes:** infraestruturas verdes, são caracterizadas como métodos de planejamento territorial e soluções que associam o ecossistema natural e antrópico (VASCONCELLOS; MIYAMOTO, 2023), e podem melhorar a qualidade de vida, assim como reduzir os efeitos das mudanças climáticas. Essas áreas também podem ser projetadas para atuar como zonas de amortecimento durante enchentes, absorvendo o excesso de água da chuva e reduzindo impac-

tos em áreas residenciais e comerciais (BEZERRA et al, 2020).

**Educação ambiental e participação comunitária:** estudos como o de Da Costa ; Sakurai (2021) apontam que o envolvimento da população é fundamental para garantir a sustentabilidade das soluções propostas. Programas educativos sobre o uso sustentável dos recursos naturais e campanhas para conscientizar sobre a importância da preservação podem gerar resultados significativos. É importante ressaltar que, o envolvimento da comunidade no planejamento urbano fortalece a implementação das políticas públicas adequadas.

**Investimento em tecnologia para monitoramento ambiental:** as tecnologias de monitoramento ambiental são amplamente utilizadas como estratégias de vigilância e segurança com o objetivo de coletar informações que irão prevenir e reprimir possíveis atos ilícitos (FURTADO; FRANCHI, 2023). Sistemas de informações geográficas (SIG), drones ou a utilização da técnica NDVI (Normalized Difference Vegetation Index – Índice de Vegetação da Diferença Normalizada), podem ajudar no monitoramento das áreas de risco e na gestão de desastres. Com essas ferramentas, é possível identificar regiões mais vulneráveis e planejar intervenções de maneira mais eficiente (RAVAZZANO; FALCÃO, 2022).

**Promoção do ecoturismo sustentável:** devido aos serviços ecossistêmicos promovidos pelo meio ambiente e por ser um destino turístico internacionalmente conhecido por suas belezas naturais, Ilhéus possui a capacidade de promover um modelo de ecoturismo que respeite a natureza e beneficie a comunidade local. A criação de trilhas ecológicas e áreas de visitação monitorada pode atrair turistas, gerando emprego e renda sem comprometer os ecossistemas (NASCIMENTO; RODRIGUES, 2024).

Tais propostas alinham-se aos princípios de resiliência urbana e sustentabilidade, o que deve proporcionar maneiras de transformar Ilhéus (BA) em uma cidade mais adaptada às mudanças climáticas e às demandas sociais. Entretanto, a implementação exigirá esforços coordenados entre governo, iniciativa privada e sociedade civil, mas os benefícios são de longo prazo, assegurando uma convivência mais harmoniosa entre a urbanização e os recursos naturais.

Santos e Baitz (2017) evidenciam que Ilhéus (BA) sofre devido à ocupação irregular de encostas e margens de rios, além de possuir características como movimentos de massa

- caracterizados como impactos ambientais - que tornam a cidade mais propícia a deslizamentos e inundações, assim como desafios associados à preservação costeira e áreas de manguezal. Soluções como sistemas de retenção ou detenção hídrica e reflorestamento de margens de rios poderiam beneficiar o município, mas com adaptações locais.

Por outro lado, o fortalecimento da governança ambiental e a criação de conselhos municipais para a gestão de recursos naturais, especialmente do rio Cachoeira e a adoção de políticas colaborativas podem transformar a região em um modelo de gestão integrada e adaptativa.

A cidade pode ser beneficiada com a adoção de práticas sustentáveis de enfrentamento à crise climática, que podem complementar o funcionamento da infraestrutura existente, aplicando o conceito de "cidades esponja" ou melhorando a estabilidade das encostas dentro de um cenário de custos razoáveis. Ou seja, as SBNs como resposta ao problema de resiliência urbana traz uma visão moderna e com custo adequado para as cidades brasileiras, uma vez que o custo por m<sup>2</sup> de uma área gramada ou uma solução em superadobe é mais barata que uma contenção em solo grampeado com face de concreto, com eficiência equivalente para áreas de médio risco.

### Considerações Finais

As Soluções Baseadas na Natureza (SBN) propõe estratégias que integram ecossistemas às soluções locais para um processo de planejamento urbano falho, lidando com as diversas vulnerabilidades urbanas como os desastres decorrentes de movimentos de massa ou problemas críticos causados pelos alagamentos dos espaços urbanos.

Vale ressaltar que o Caputo et al (2015), aborda modelos de resiliência: engenharia - recuperação mecânica do estado original - e ecológico - adaptação evolutiva - que fornecem lições para cidades como Ilhéus, onde problemas como enchentes, desmatamento e urbanização desordenada desafiam tanto a mitigação de impactos quanto a adaptação sustentável.

Desta forma, pode-se inferir que a gestão integrada de riscos em Ilhéus (BA) requer uma abordagem sistêmica que combine conhecimento técnico-científico com ações políticas e sociais que incorporem as soluções ecológicas, por diversos motivos, dentre eles o enfrentamento da crise climática, redução das desigualdades socioambientais e como alternativa aos altos custos de implementação das soluções convencionais. É de suma importância promover a resiliência urbana para transformar os desafios ambientais da cidade em oportunidades para um futuro mais sustentável.

## Referências

AFONSO, J. R.; RIBEIRO, L. Investimentos para infraestrutura sustentável. Revista Conjuntura Econômica, v. 77, n. 05, p. 18-21, 2023. Disponível em: <https://periodicos.fgv.br/rce/article/view/89687>

ALVES JR, A. B. Saneamento e gestão de resposta a desastres frente a situações emergenciais motivadas por enchentes: o caso do extremo sul da Bahia. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Campus de Crateús, Universidade Federal do Ceará, Crateús, 2022. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/70928>.

BEZERRA, M. do C. de L.; OLIVEIRA, A. da N.; COSTA, M. E. L.; KOIDE, S. Simulação de técnicas de infraestrutura verde de drenagem urbana para captação do escoamento superficial. Revista Tecnologia e Sociedade, Curitiba, v. 16, n. 40, p. 1-16. 2020. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/9430>.

BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. S2ID - Sistema Integrado de Informações sobre Desastres. Defesa Civil. Brasília, [2012]-2026. Disponível em: <http://s2id.mi.gov.br/>.

CAPUTO, S., CASERIO, M., COLES, R., JANKOVIC, L., GATERELL, M. R..Urban resilience: two diverging interpretations. Journal of Urbanism: International Research on Placemaking and Urban Sustainability, 8(3), 222–240, 2015. <https://doi.org/10.1080/17549175.2014.990913>.

COSTA, W. B. A. da. Avaliação dos impactos ambientais e caracterização dos serviços ecossistêmicos do manguezal, estuário do rio Mamanguape: contribuições aos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS). Orientador: Dr. Diógenes Félix da Silva Costa. 2023. 120f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/58053>.

COSTA, B. M. da.; SAKURAI, T. A participação comunitária em projetos de soluções baseadas na natureza na cidade de são paulo: estudo das hortas urbanas, horta da dona sebastiana, agrofa-vela-refazenda e horta popular criando esperança. Revista Labverde, v. 11, n. 1, p. 171-195, 2021.

FURTADO, E. B.; FRANCHI, T. O Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM): uma estratégia de monitoramento ambiental e dissuasão para a Amazônia brasileira. Revista de Geopolítica, v. 14, n. 4, p. 1-15, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.29327/2283050.14.4-3>

KABISCH, N.; FRANTZESKAKI, S.; PAULEIT, S.; NAUMANN, M.; DAVIS, M.; ARTMANN, D.; HAASE, S.; KNAPP, H.; KORN, J.; STADLER, K.; ZAUNBERGER;

BONN, A. 2016. Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation in urban areas: perspectives on indicators, knowledge gaps, barriers, and opportunities for action. Ecology and Society v. 21, n. 2. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-08373-210239>.

LARENTIS, D. G. Procedimentos e critérios para zoneamento de planícies de inundação em áreas urbanas. Revista de Gestão de Água da América Latina, v. 17, n. 2020, 2020. Disponível em: <https://www.abrh.org.br/OJS/index.php/REGA/article/view/374>

LUNETTA, A. de; GUERRA, R. Metodologia da pesquisa científica e acadêmica. Revista OWL

(OWL Journal)-Revista Interdisciplinar de Ensino e Educação, v. 1, n. 2, p. 149-159, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.5281/zenodo.8240361>

MARTINS, R.; CALIL, M. L. G.; MARTINS, E. S. S. A regularização fundiária urbana como concretização do direito à moradia. Revista de Direito da Cidade, v. 14, n. 4, p. 2366-2393, 2022. Disponível em : <https://doi.org/10.12957/rdc.2022.57829>

MEEROW, S.; PAJOUHESH, P.; MILLER, T. R. Social equity in urban resilience planning. Local Environment, v. 24, n. 9, p. 793-808, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/13549839.2019.1645103>

NASCIMENTO, H. H. O., RODRIGUES, R. F. Ecoturismo como alternativa para a sustentabilidade do Parque Estadual do Cocó (CE). Revista Brasileira de Ecoturismo (RBEcotur), v. 17, n. 1, 2024. <https://doi.org/10.34024/rbecotur.2024.v17.15974>.

PINTO, N. T.; MOREIRA, G. L.. Expansão urbana e problemas ambientais: o caso do bairro Teotônio Vilela, Ilhéus, Bahia. Geopauta, v. 6, p. e10067, 2022a. <https://doi.org/10.22481/rg.v6.e2022.e10067>

PINTO, N. T.; MOREIRA, G. L. Análise e Diagnóstico Dos Problemas Decorrentes De Uma Urbanização Desurbanizante: o caso do bairro Teotônio Vilela, Ilhéus, Bahia. Revista do Laboratório de Aprendizagem em História e Geografia, v. 2, n. 02 p. 55-83, 2022b. Disponível em: <https://periodicos.uesc.br/index.php/rlahige/article/view/3512/2319>

RANGEL, M. C.; THEVENIN, J. M. R. Para além da crise cacauieira-a expansão dos condomínios fechados em Ilhéus-BA: uma análise preliminar da cidade estendida. Revista do Laboratório de Ensino de História e Geografia da UESC, v. 1, n. 1, p. 153-177, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.36113/rlahige.v1i1.3293>

RAVAZZANO F. R. L. FALCÃO, O. E. S. A Utilização Do Sistema De Monitoramento Por NDVI Na Análise De Riscos Para Concessão De Licenciamento Ambiental Na Apa Litoral Norte-Ba: Uma Necessária Abordagem Das Políticas De Compliance Ambiental. Revista Do Programa De Pós-Graduação Em Direito, 32, p322203, 2022. <https://doi.org/10.9771/rppgd.v32i0.42756>.

SANTOS, L. R.; BAITZ, E. de O. F. Impactos ambientais em áreas urbanas da cidade de Ilhéus: uma relação entre dados pluviométricos, movimentos de massa e submoradias. Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento, v. 1, p. 3775-3784, 2017. <https://doi.org/10.20396/sbgfa.v1i2017.1880>.

SHAMSUDDIN, S. Resilience resistance: The challenges and implications of urban resilience implementation. Cities, v. 103, p. 102763, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.102763>.

SOARES, F. M. P., HADDAD, H. C. SUASSUNA, R. C. A., LISBOA, G. P., SILVA, V. de A., LISBOA, G dos S. (2022). Análise Microbiológica da areia nas praias urbanas do município de Ilhéus, Bahia, Brasil. Conjecturas. 22. 333-343. DOI: 10.53660/CONJ-1047-P03.

VASCONCELLOS, A.; MIYAMOTO, J. Infraestrutura verde: uma revisão de literatura. Revista Thésis, Rio de Janeiro, v. 8, n. 16, 2023. DOI: 10.51924/revthesis. 2023. Disponível em: <https://thesis.anparq.org.br/revista-thesis/article/view/393>. Acesso em: 9/12/2024.

WOODRUFF, S. C., MEEROW, S., STULTS, M., WILKINS, C. (2018). Adaptation to Resilience Planning: Alternative Pathways to Prepare for Climate Change. Journal of Planning Education and Research, p. 1-12. doi:10.1177/0739456x18801057.

XIANG, P., WANG, Y., DENG, Q. Inclusive Nature-Based Solutions for Urban Regeneration in a Natural Disaster Vulnerability Context: A Case Study of Chongqing, China. Sustainability. 2017; 9(7):1205. <https://doi.org/10.3390/su9071205>

# Sensoriamento Remoto em Estudos de Infraestruturas Verdes e Azuis

Angélica Rodrigues Rocha<sup>1</sup>  
Flávio Wachholz<sup>2</sup>

## Resumo

Este artigo apresenta uma revisão bibliométrica com abordagem quantitativa para analisar a evolução cronológica do sensoriamento remoto no estudo de infraestruturas verdes e azuis. A pesquisa foi realizada por meio de uma busca sistemática na base de dados Scopus, utilizando os descritores “sensoriamento remoto”, “infraestruturas verdes”, “infraestruturas azuis” e “infraestruturas verdes e azuis”. Foram considerados apenas artigos publicados entre 2015 e 2025. Após a análise de consistência no programa Mendeley, 362 estudos foram selecionados e exportados para as plataformas Excel, Qgis e VOSviewer. Os resultados revelam uma tendência de crescimento contínuo das publicações ao longo dos anos, com um pico registrado em 2024 (69 estudos). As pesquisas sobre sensoriamento remoto aplicado a infraestruturas verdes e azuis predominam no idioma inglês (93,65%), na área de Ciências Ambientais e são majoritariamente conduzidas por autores da China e dos Estados Unidos, enquanto o Brasil apresenta uma participação relativamente limitada na produção acadêmica sobre o tema dentro do banco de dados e período analisado.

**Palavras-chave:** Revisão bibliométrica; Scopus; Soluções baseadas na natureza.

## Abstract

This article presents a bibliometric review with a quantitative approach to analyze the chronological evolution of remote sensing in the study of green and blue infrastructures. The research was conducted through a systematic search in the Scopus database using the descriptors “remote sensing,” “green infrastructure,” “blue infrastructure,” and “green and blue infrastructure.” Only articles published between 2015 and 2025 were considered. After consistency analysis in the Mendeley program, 362 studies were selected and exported to the Excel, QGIS, and VOSviewer platforms. The results reveal a continuous growth trend in publications over the years, with a peak recorded in 2024 (69 studies). Research on remote sensing applied to green and blue infrastructures is predominantly in English (93.65%), mainly in the field of Environmental Sciences, and mostly conducted by authors from China and the United States. Meanwhile, Brazil has a relatively limited participation in academic production on the subject within the analyzed database and period.

**Keywords:** Bibliometric review; Scopus; Nature-based solutions.

<sup>1</sup>Laboratório de Cartografia e Geotecnologias – LabCGEO, Universidade do Estado do Amazonas.  
[angelica.rocha@outlook.com](mailto:angelica.rocha@outlook.com)

<sup>2</sup>Laboratório de Cartografia e Geotecnologias – LabCGEO, Universidade do Estado do Amazonas.  
[fwachholz@uea.edu.br](mailto:fwachholz@uea.edu.br)



## Introdução

O sensoriamento remoto tem revolucionado a forma como monitoramos e analisamos os ecossistemas naturais e urbanos, permitindo uma abordagem mais eficiente e detalhada para a gestão ambiental (Silva e Orlanda, 2024). Por meio de tecnologias como imagens de satélite, drones e sensores avançados, torna-se possível obter dados em tempo quase real sobre áreas verdes e corpos d'água, facilitando o planejamento de soluções sustentáveis (Gonzaga et al., 2022; Santos, 2024). Essas geotecnologias contribuem para a preservação dos recursos naturais, a mitigação dos impactos ambientais e a criação de estratégias para o desenvolvimento equilibrado das cidades e regiões rurais.

Dentro desse contexto, as infraestruturas verdes e azuis surgem como ferramentas fundamentais para promover a harmonia entre crescimento econômico e conservação ambiental. De forma simplificada, enquanto as infraestruturas verdes incluem espaços como parques urbanos, corredores ecológicos e telhados verdes, as infraestruturas azuis abrangem rios, lagos, áreas costeiras e sistemas de drenagem sustentável (Kabisch et al, 2017). Essas soluções desempenham um papel muito importante na regulação climática, no controle da poluição e na melhoria da qualidade de vida das populações.

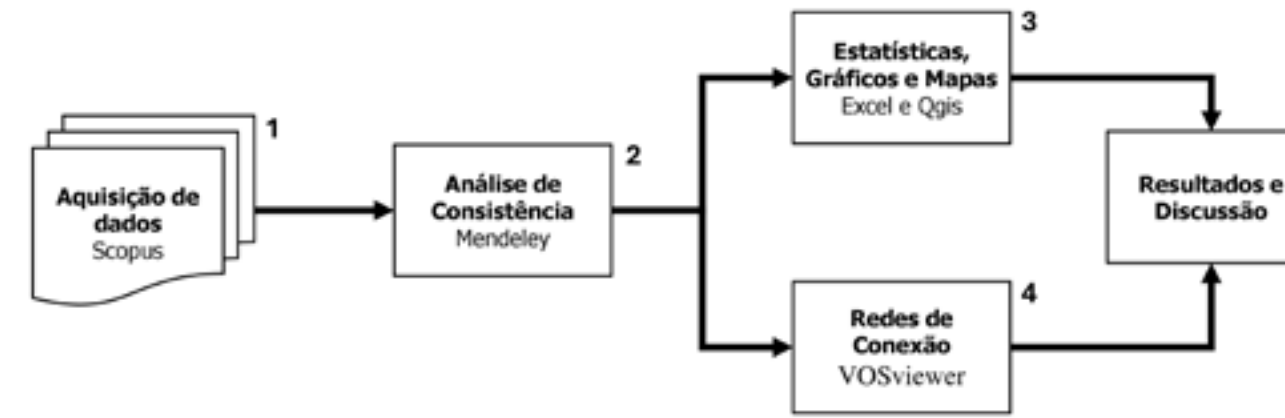
A aplicação do sensoriamento remoto no planejamento e monitoramento dessas infraestruturas abre novas perspectivas para a gestão ambiental inteligente. A integração entre inteligência artificial e análise de dados possibilita diagnósticos precisos sobre áreas degradadas, permitindo intervenções estratégicas para sua recuperação (Kabisch et al, 2017). Além disso, essa tecnologia auxilia na prevenção de desastres naturais, na identificação de padrões de mudança climática e na otimização do uso dos recursos hídricos e florestais.

Dessa forma, a combinação entre sensoriamento remoto e infraestruturas verdes e azuis fortalece a busca por um desenvolvimento mais sustentável e resiliente. Ao oferecer informações detalhadas e acessíveis, essa abordagem facilita a tomada de decisões embasadas em evidências científicas, promovendo um equilíbrio entre progresso econômico e conservação ambiental. Assim, a tecnologia se torna uma aliada indispensável na construção de um futuro mais sustentável e integrado aos ecossistemas naturais. Nesse sentido, o presente estudo tem como objetivo analisar, a partir de uma revisão bibliométrica, o uso de sensoriamento remoto em estudos voltados para infraestruturas verdes e azuis no banco de dados Scopus entre os anos de 2015 e 2025.

## Metodologia

A metodologia deste estudo, apresentada na Figura 1, fundamenta-se na revisão bibliométrica do banco de dados Scopus, abrangendo publicações entre 2015 e 2025 que utilizam o sensoriamento remoto como ferramenta auxiliar em pesquisas voltadas para a promoção de soluções baseadas na natureza em infraestruturas verdes e azuis. A análise dessas fontes permite identificar avanços no interesse da comunidade científica e mapear tendências no uso dessas tecnologias para aprimorar a conservação dos recursos naturais. Além disso, a inteligência artificial foi empregada para a correção e aprimoramento de trechos do texto, contribuindo para a melhor apresentação dos dados e informações.

Figura 1 - Esquema metodológico deste estudo.



Fonte: Elaboração dos Autores, 2025

No Scopus (1) foram utilizados filtros de pesquisa com os termos em inglês: "Sensoriamento Remoto", "Infraestruturas Verdes", "Infraestruturas Azuis" e "Infraestruturas verdes e Azuis", na seguinte estrutura: "Remote sensing" AND "Green infrastructure" OR "blue infrastructure" OR "Green and blue infrastructure". Após a aplicação dos filtros iniciais e recorte temporal (2015-2025), os metadados brutos foram exportados em formato RIS e importados para o software de gestão bibliográfica Mendeley.

Nesta fase (2), procedeu-se à análise de consistência para a identificação e remoção de registros duplicados, assegurando a unicidade do corpus documental. Subsequentemente, aplicaram-se critérios de elegibilidade baseados na tipologia documental, resultando na seleção final de 362 publicações. Este montante compreende artigos científicos, artigos de conferências, capítulos de livros e artigos de revisão, além de documentos classificados como "Outros" (editoriais, erratas e notas).

É importante ressaltar que, embora a categoria "Outros" tenha sido mantida para compor o quantitativo geral da produção bibliométrica, o foco da análise qualitativa e da construção das redes de termos no VOSviewer recaiu sobre os artigos originais e de revisão. Tal escolha justifica-se pela maior densidade de dados científicos e metadados estruturados presentes nessas categorias, o que garante maior robustez às conexões temáticas identificadas.

A triagem final envolveu a exclusão de trabalhos por desvio de escopo, descartando-se pesquisas que, apesar de recuperadas pelos termos de busca, não utilizavam o sensoriamento remoto como ferramenta de suporte direto ao estudo de infraestruturas verdes ou azuis (como, por exemplo, estudos puramente teóricos de urbanismo sem base tecnológica ou pesquisas em áreas desconexas, como astrofísica). Este refinamento assegurou que a base de dados refletisse com rigor a interface entre geotecnologias e soluções baseadas na natureza (SBN) proposta nesta investigação.

Os registros selecionados foram posteriormente processados no Excel e QGIS (3) para a geração de estatísticas e mapeamento, e no software VOSviewer (4) para a análise de redes. Nesta última etapa, foram considerados termos com pelo menos 15 ocorrências, aplicando-se um dicionário de termos (thesaurus) para a padronização de sinônimos e correção de variações de escrita (ex: remote-sensing por remote sensing). Além disso, os fatores de atração foram ajustados para 4 e os de repulsão para 3, aprimorando a organização visual das conexões entre os termos analisados.

## REFERENCIAL TEÓRICO

### Sensoriamento Remoto: Definição e Aplicações

O sensoriamento remoto é uma tecnologia que permite a obtenção de informações sobre a super-

fície terrestre sem contato físico direto, por meio de sensores instalados em satélites, espectrorradiômetros, aeronaves ou drones. Essa técnica baseia-se na análise da resposta espectral dos alvos à energia passiva (proveniente da radiação solar) e ativa (emitida por radares), sendo amplamente aplicada em estudos ambientais, urbanos e ecológicos. Sua utilização possibilita o monitoramento e a análise de fenômenos naturais e atividades humanas, contribuindo para a compreensão de mudanças espaciais e temporais nos ecossistemas (Jensen, 2007; Novo, 2010; Barbosa; Novo; Martins, 2019; Shahtahmassebi et al., 2021).

Entre as principais aplicações do sensoriamento remoto, destacam-se o mapeamento do uso e cobertura do solo, a análise de mudanças ambientais, o monitoramento climático, a detecção de padrões de urbanização e a avaliação da qualidade dos recursos naturais. Com o avanço da tecnologia e o desenvolvimento de novas abordagens metodológicas, como a inteligência artificial, o aprendizado de máquina (Machine Learning), o sensoriamento remoto tornou-se ainda mais eficaz na identificação de tendências e na formulação de estratégias para a gestão sustentável dos territórios (Ma et al., 2019; Li et al., 2023).

### Infraestruturas Verdes e Azuis: Conceitos e Importância

As infraestruturas verdes e azuis, segundo Benedict e MacMahon (2006), referem-se a sistemas sustentáveis de planejamento urbano e ambiental que integram elementos naturais e artificiais para promover benefícios ecológicos e sociais. As infraestruturas verdes incluem parques, áreas de conservação, telhados verdes, corredores ecológicos e outras intervenções voltadas para a preservação da biodiversidade e a melhoria da qualidade ambiental. Já as infraestruturas azuis englobam corpos d'água urbanos, como rios, lagos, zonas úmidas e sistemas de drenagem que favorecem a regulação hídrica e a mitigação de impactos climáticos (Kabisch et al, 2017).

O planejamento baseado em infraestruturas verdes e azuis tem sido cada vez mais incorporado em políticas públicas e estratégias urbanas voltadas para a sustentabilidade. Estudos demonstram que esses sistemas contribuem para a redução de ilhas de calor, a melhoria da qualidade do ar, a proteção contra inundações e a valorização do espaço urbano (Kabisch et al., 2017). Além disso, a interação entre áreas verdes e azuis (Figura 2) fortalece os serviços ecossistêmicos, proporcionando benefícios ambientais e sociais de longo prazo (Annet, 2025).

Figura 2 – Integração entre infraestruturas verdes e azuis.



Fonte: autores, 2025.



### A Interseção entre Sensoriamento Remoto e Infraestruturas Verdes e Azuis

O sensoriamento remoto desempenha papel fundamental na identificação, análise e monitoramento das infraestruturas verdes e azuis, possibilitando a tomada de decisões mais assertivas na gestão ambiental. Por meio de dados de sensoriamento remoto é possível mapear padrões de ocupação do solo, quantificar áreas de cobertura vegetal e analisar a dinâmica de recursos hídricos em diferentes regiões (Florenzano, 2007).

A integração do sensoriamento remoto com modelos de inteligência territorial permite o desenvolvimento de estratégias mais eficientes para a expansão e conservação das infraestruturas verdes e azuis. Estudos recentes apontam que essa abordagem contribui para a formulação de políticas públicas voltadas à sustentabilidade, possibilitando a implementação de soluções baseadas na natureza para a adaptação climática e a melhoria da qualidade de vida urbana (Gonzaga et al., 2022; Kabisch et al, 2017).

Dado o aumento das preocupações ambientais e climáticas, especialmente aos eventos mais recentes relacionados a desastres ambientais, como os recordes históricos de inundação no Rio Grande do Sul e a seca extrema na Amazônia (Figura 3), o uso do sensoriamento remoto como ferramenta de análise e gestão das infraestruturas verdes e azuis tem se tornado cada vez mais relevante.

Figura 3 - Desastres naturais no Brasil; a) Inundação Rio Grande do Sul e b) Seca extrema na Amazônia.



Fontes: Fearnside e Silva, 2024; Autores, 2024.

A combinação dessas tecnologias permite uma abordagem sistêmica e baseada em dados para aprimorar o planejamento urbano e a conservação ambiental. Assim, pesquisas futuras devem continuar explorando metodologias inovadoras para fortalecer o papel do sensoriamento remoto na promoção de cidades mais sustentáveis e adaptadas.

### Resultados e discussão

A análise dos dados extraídos do banco de dados Scopus revelou um total de 362 publicações relacionadas à utilização de sensoriamento remoto em pesquisas voltadas para soluções sustentáveis de infraestruturas verdes e azuis no período de 2015 a 2025. Os documentos foram classificados conforme seu tipo de publicação, sendo 261 artigos científicos, 57 artigos de conferências, 19 capítulos de livros, 18 artigos de revisão e 7 publicações em outros formatos, conforme apresentado na Quadro 1.

Quadro 1 - Quantitativo de publicações sobre o tema Sensoriamento Remoto e

### Infraestruturas Verdes e Azuis entre os anos de 2015 e 2025.

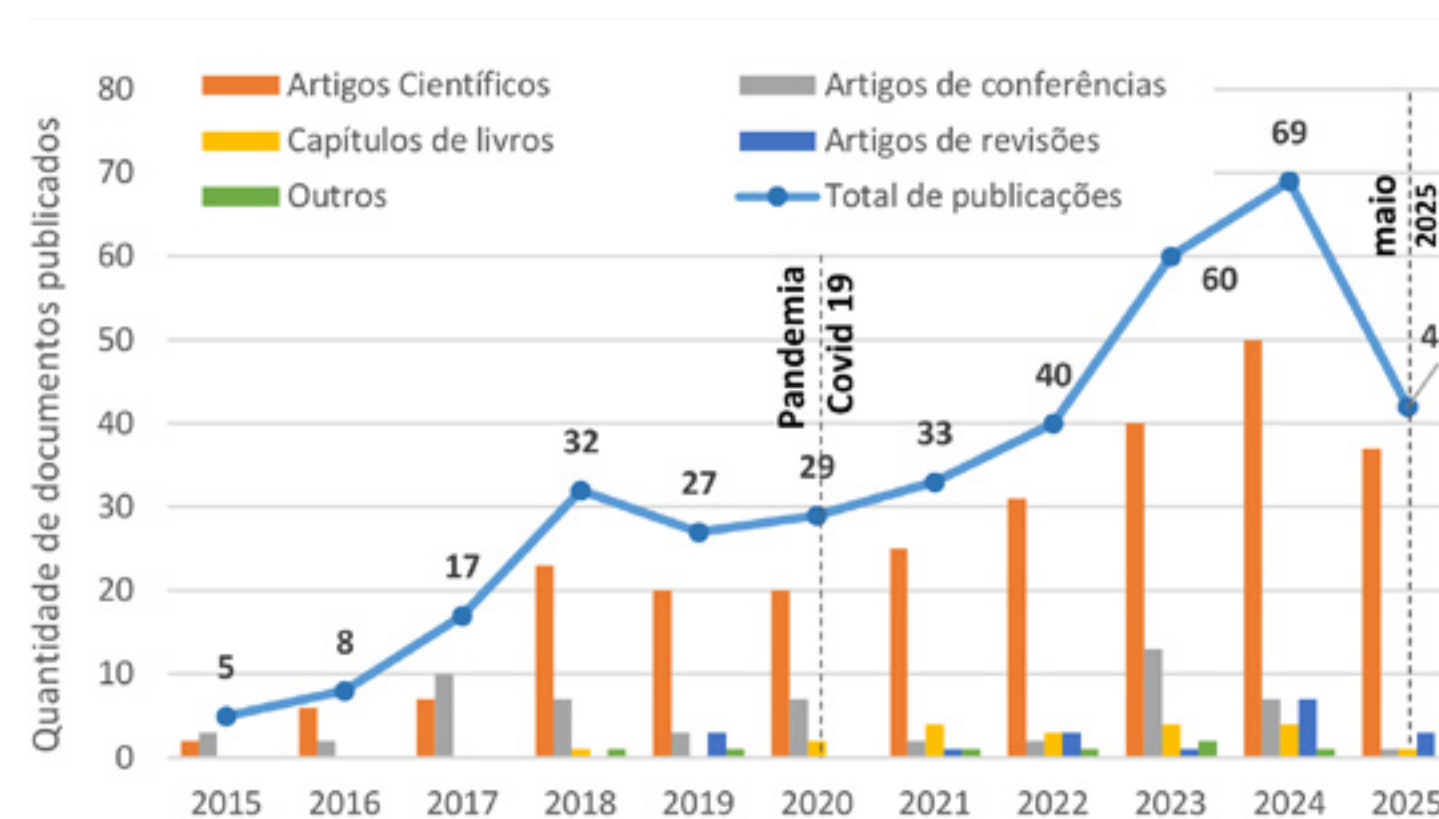
Tipo	Publicações
Artigos científicos	261
Artigos de conferências	57
Capítulos de livros	19
Artigos de revisões	18
Outros*	7
Total de publicações	362

Obs.: Outros = Artigos de dados, editorial, erratas e notas.

Elaboração: Autores, 2025.

A distribuição temporal das publicações, ilustrada na Figura 4, indica uma tendência de crescimento ao longo dos últimos anos, com um pico registrado em 2024, quando foram publicados 69 documentos. Até maio de 2025, foram contabilizadas 42 publicações, o que representa um volume inferior ao registrado no ano anterior. No entanto, como 2025 ainda está em andamento, novos estudos podem ser publicados ao longo do ano, o que pode alterar essa tendência e tem alto potencial para superar o volume de trabalhos publicados do ano anterior.

Figura 4 - Distribuição das publicações sobre o tema Sensoriamento Remoto e Infraestruturas Verdes e Azuis entre os anos de 2015 e 2025.

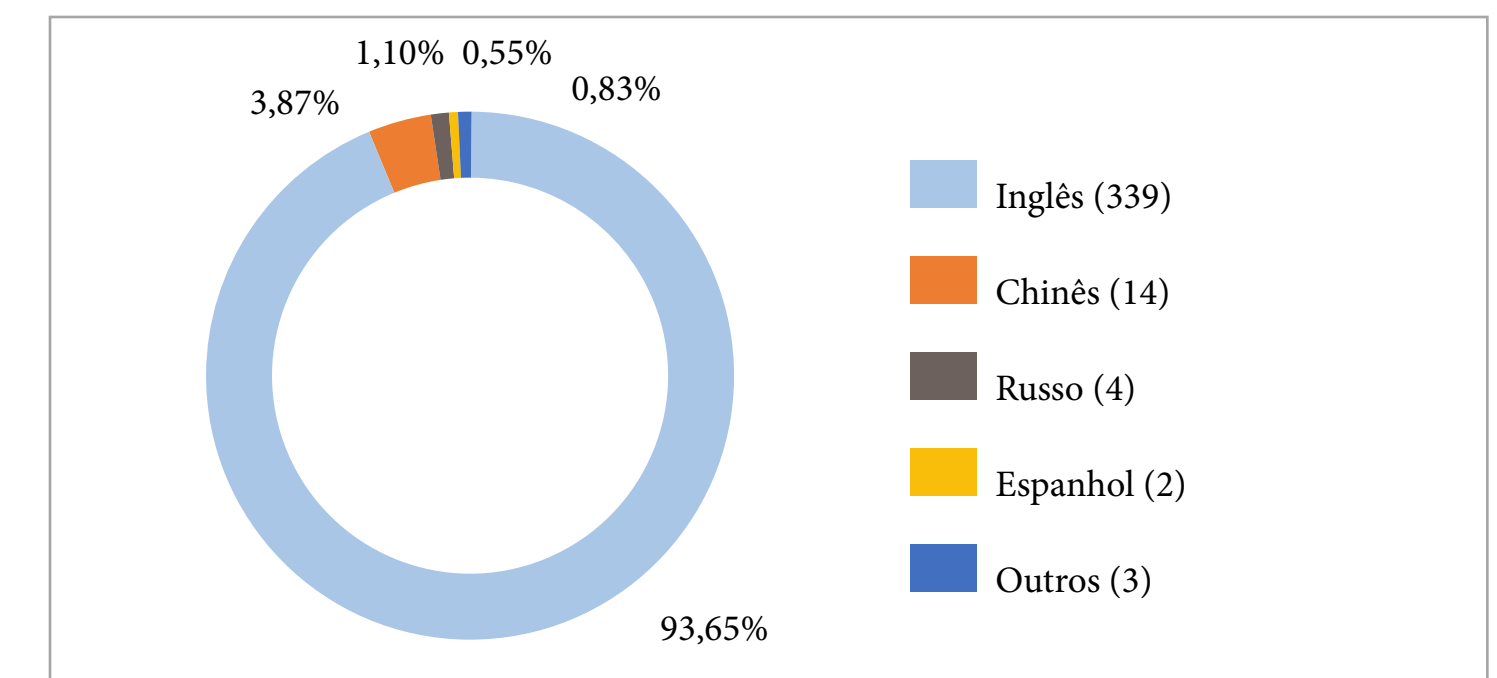


Elaboração: Autores, 2025.

Os dados também sugerem uma possível influência de eventos globais na quantidade de publicações, como a pandemia de COVID-19, que pode ter impactado temporariamente o ritmo das pesquisas na área. Esses resultados reforçam o interesse cada vez mais frequente da comunidade científica sobre o uso de novas tecnologias de sensoriamento remoto como auxílio em projetos de infraestruturas verdes e azuis, evidenciando sua relevância para estudos ambientais, planejamento urbano e a busca por novas soluções baseadas na natureza.

Ao analisar a distribuição dos idiomas na produção acadêmica deste estudo (Figura 5), observa-se a predominância do inglês, que corresponde a aproximadamente 93,65% das publicações científicas. Outras línguas, como chinês (3,87%), russo (1,10%) e espanhol (0,55%), apresentam uma participação significativamente menor, evidenciando a concentração linguística na comunicação acadêmica. Essa disparidade sugere um padrão consolidado ao longo do período analisado, em que idiomas distintos do inglês têm presença marginal. Esse cenário reflete tendências globais na publicação científica e pode estar relacionado a fatores como acessibilidade e padronização da informação acadêmica em nível internacional.

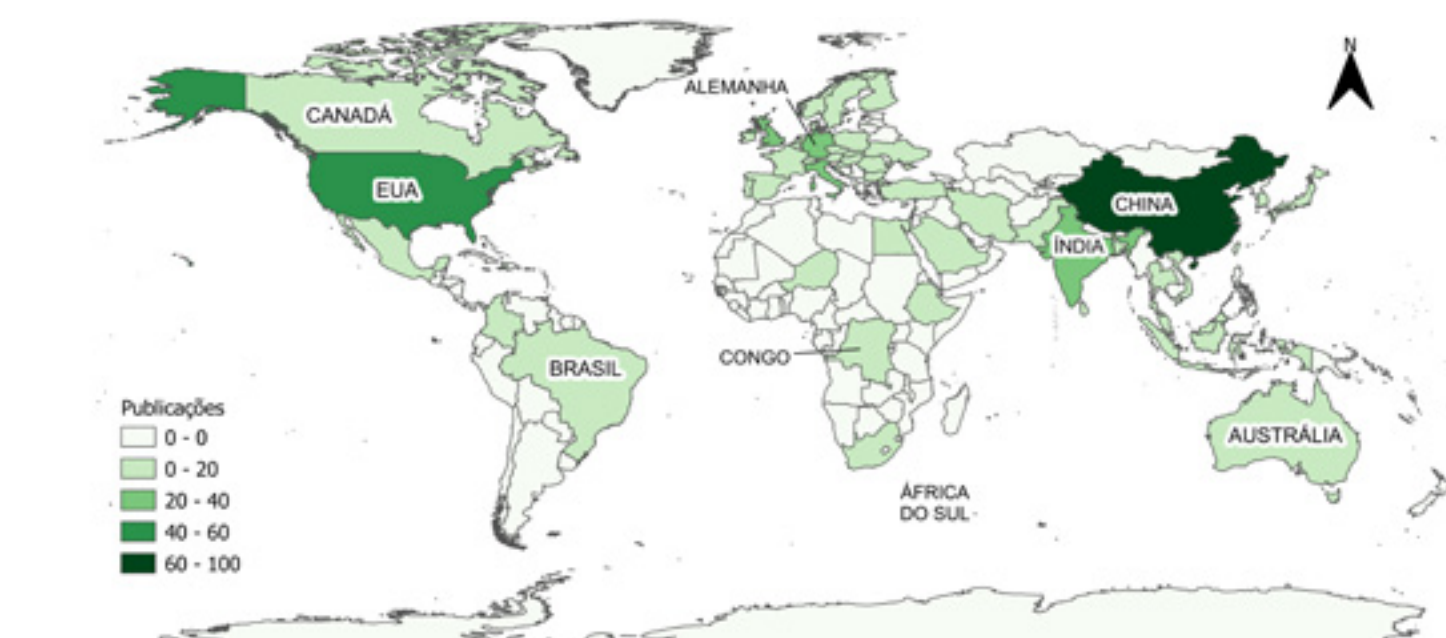
Figura 5 - Idiomas em que os trabalhos foram elaborados.



Elaboração: Autores, 2025.

No contexto da distribuição espacial, o mapa da Figura 6 destaca os países de origem dos autores das publicações acadêmicas, utilizando diferentes tons de verde para representar a quantidade de pesquisadores em cada nação. Os Estados Unidos e a China lideram em número de autores, com um volume entre 60 e 100 autores. Outras nações também apresentam contribuições expressivas, como Alemanha (31), Reino Unido (29), Índia (25) e Itália (21), enquanto o Brasil contabiliza 9 cientistas.

Figura 6 - Países de origem dos autores das publicações.

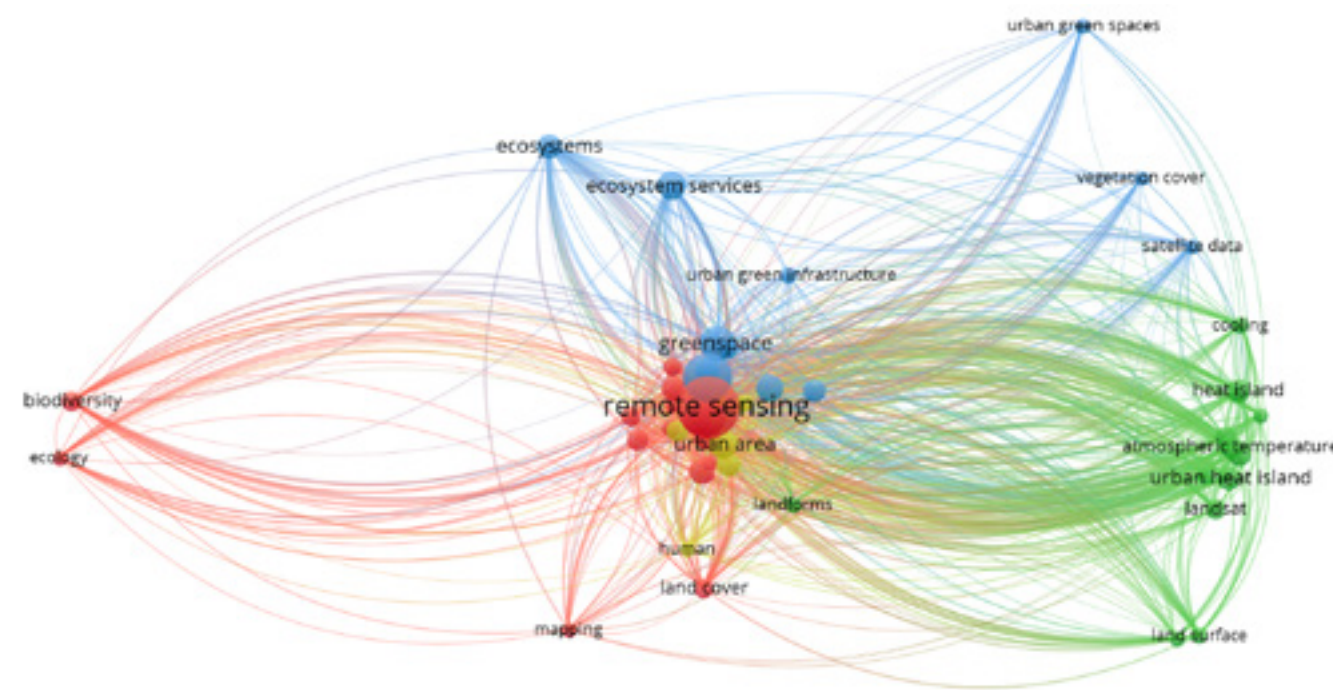


Elaboração: Autores, 2025.

A distribuição revela a concentração da produção científica em determinadas regiões, refletindo fatores como investimentos em pesquisa, infraestrutura acadêmica e colaboração internacional. A legenda do gráfico classifica a quantidade de autores em intervalos de 0-20, 20-40, 40-60 e 60-100, proporcionando uma visão clara dos padrões geográficos da influência do hemisfério norte na produção científica.

Os resultados da análise de rede de termos, apresentados na Figura 7, evidenciam o papel central do sensoriamento remoto como ferramenta essencial para estudos ambientais, urbanos e ecológicos. A estrutura do gráfico revela conexões robustas entre termos-chave, demonstrando a interdisciplinaridade da área e como o campo científico se organiza em quatro eixos principais ou "escolas de pensamento" (Van Eck e Waltman, 2010): Resiliência e Clima Urbano (Cluster Verde), Técnico-Conservacionista (Cluster Vermelho), Serviços e Infraestrutura (Cluster Azul) e Interação Antrópica e Paisagem (Cluster Amarelo).

**Figura 7 - Relações de termos encontrados nos títulos, palavras-chaves e resumos dos trabalhos.**



Elaboração: Autores, 2025.

O Cluster Verde, consolidado como o núcleo de aplicação prática da pesquisa por ser o agrupamento mais denso e volumoso, é dominado por termos como heat island, landsat, cooling e atmospheric temperature. Esta tendência demonstra que o uso do sensoriamento remoto para mitigar os efeitos das mudanças climáticas nas cidades é a principal vertente da literatura atual, indicando um consenso científico sobre a urgência de utilizar dados de sensoriamento remoto no planejamento de estratégias de resfriamento urbano e adaptação climática (Oke, 1982; Budzik, Sylla e Kowalczyk, 2025). Assim como pesquisas recentes destacam o papel das infraestruturas azuis e verdes como Soluções Baseadas na Natureza (SBN) fundamentais para a regulação térmica em cidades densamente povoadas (Kabisch et al., 2017; Liu, Jay e Chen, 2021).

Articulado em torno do nó central remote sensing, o Cluster Vermelho foca na capacidade diagnóstica ao conectar a ferramenta técnica a conceitos fundamentais como biodiversity, ecology e mapping. Este eixo representa a base metodológica que permite inventariar o patrimônio natural, servindo como suporte técnico para as demais frentes (Jensen, 2007; Shahtahmassebi

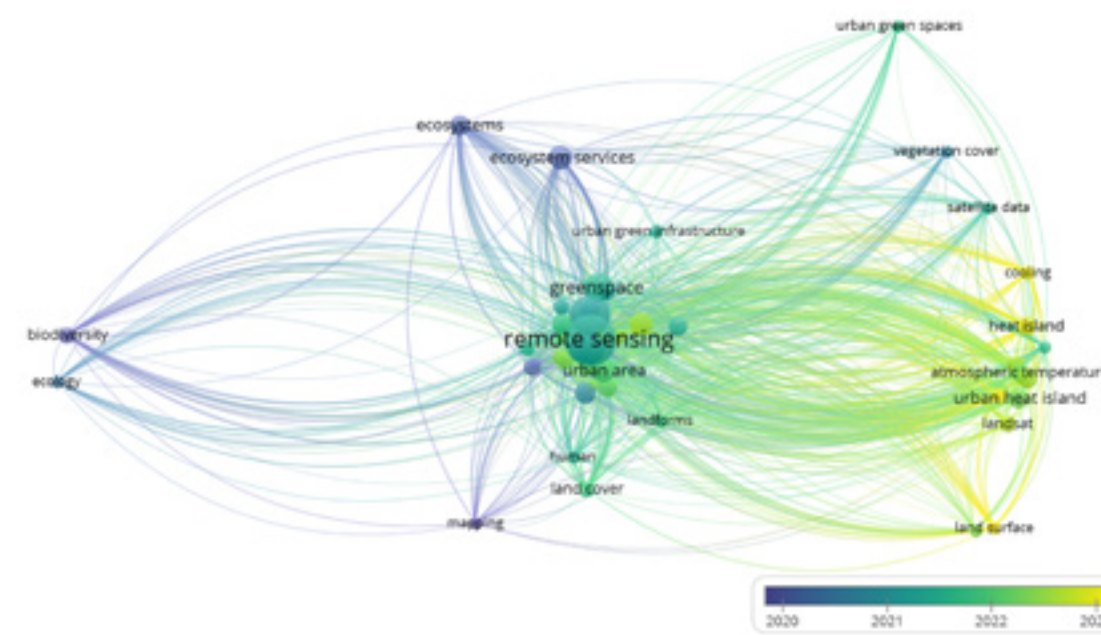
et al., 2021). Estudos contemporâneos nesta vertente têm integrado o sensoriamento remoto com algoritmos de Deep Learning para aumentar a precisão na classificação da cobertura do solo e no monitoramento da biodiversidade urbana (Ma et al., 2019). Paralelamente, o Cluster Azul foca na entrega funcional ao unir ecosystem services, urban green spaces e urban green infrastructure. Esta escola interpreta o valor da natureza para a sociedade e utiliza a geotecnologia para medir a eficiência das infraestruturas verdes na provisão de benefícios ecossistêmicos (Elmqvist et al., 2013; Russo e Cirella, 2025).

O Cluster Amarelo, embora possua densidade menor, atua como um eixo de contextualização socioecológica fundamental ao conectar termos como human, land cover e landforms. Esta frente sugere uma tendência em considerar o componente humano e as características físicas do terreno na modelagem da cobertura do solo. No conjunto, essa configuração revela uma clara dicotomia entre o "fazer técnico" (vermelho) e o "gerir ecológico e climático" (azul e verde), onde a conectividade do termo remote sensing com conceitos como urban area, greenspace e heat island reforça que o foco científico transcende o mapeamento estático, evoluindo para a formulação de estratégias de resiliência urbana (Annet, 2025).

Adicionalmente, o Cluster Verde atua como um elo integrador entre a técnica e a função ao reunir termos como Urban Planning, Land Use Planning, Sustainability e Urban Area. Diferente do eixo vermelho (focado no sensor) e do azul (focado no processo ecológico), este cluster representa a governança e o ordenamento do território, demonstrando como dados orbitais são traduzidos em diretrizes de gestão. Sua centralidade sugere que a infraestrutura verde e azul é, primordialmente, uma estratégia de desenho urbano para a consolidação de cidades sustentáveis.

A análise da distribuição temporal dos termos (Figura 8) revela uma transição clara no foco das pesquisas ao longo dos últimos anos, movendo-se de métodos puramente descritivos para abordagens de gestão complexas e preditivas. Enquanto termos como remote sensing e mapping consolidaram a base metodológica inicial, a predominância de tons amarelados em conceitos como cooling, heat island e land surface indica que as publicações mais recentes (2022-2023) estão centradas na mitigação dos impactos térmicos urbanos.

**Figura 8 - Relações temporal de termos encontrados nos títulos, palavras-chaves e resumos dos trabalhos.**



Elaboração: Autores, 2025.

Essa evolução indica um crescimento na integração de informações provenientes de satélite, reforçando o papel do sensoriamento remoto não apenas como ferramenta de registro, mas como suporte fundamental para o monitoramento territorial em tempo quase real. O fortalecimento das conexões entre os conceitos land cover, human e biodiversity demonstra uma tendência de abordagem interdisciplinar, combinando análises espaciais com estudos ecológicos e sociais.

Essa transição para uma ciência socioecológica é corroborada pelos dados quantitativos das áreas temáticas das publicações (Quadro 2). A liderança das Ciências Ambientais (221 publicações) estabelece o alicerce ecológico, enquanto a expressiva presença das Ciências Sociais (114 publicações) em segundo lugar valida a importância do componente humano identificado na rede temporal. A convergência entre as Ciências da Terra (86), Ciências Agrárias e Biológicas (81) e a Ciência da Computação (70) reflete a necessidade de processamento de dados complexos (como Big Data e Deep Learning) para entender fenômenos biológicos e biofísicos em escala urbana.

**Quadro 2 - As dez principais áreas temáticas dos trabalhos.**

Posição	Áreas	Publicações
1	Ciências Ambientais	221
2	Ciências Sociais	114
3	Ciências da Terra e Planetária	86
4	Ciências Agrárias e Biológicas	81
5	Ciência da Computação	70
6	Engenharia	60
7	Energia	35
8	Física e Astronomia	26
9	Matemática	19
10	Ciência dos Materiais	16

Elaboração: Autores, 2025.

### Considerações finais

Os resultados deste estudo evidenciam o crescente interesse acadêmico na interseção entre sensoriamento remoto e infraestruturas sustentáveis, demonstrando a relevância dessas tecnologias para a gestão ambiental e o planejamento urbano. A análise das publicações indica não apenas a ampliação do debate científico sobre o tema, mas também a necessidade de abordagens cada vez mais integradas e interdisciplinares para aprimorar seu uso e aplicabilidade.

Diante desses achados, futuras pesquisas devem aprofundar a análise das redes semânticas associadas ao sensoriamento remoto, buscando compreender como essas conexões evoluem em resposta aos avanços tecnológicos e às novas demandas ambientais. Além disso, é essencial fortalecer a produção científica no Brasil, incentivando pesquisas que abordem o sensoriamento remoto aplicado a infraestruturas verdes e azuis nos biomas brasileiros.

O desenvolvimento de políticas acadêmicas e institucionais voltadas para a expansão da pesquisa interdisciplinar pode ampliar o impacto social dessas investigações, promovendo maior acessibilidade ao conhecimento produzido e incentivando sua aplicação prática. O estímulo à colaboração entre universidades, centros de pesquisa e órgãos governamentais pode contribuir significativamente para consolidar o Brasil como um ator mais relevante nesse campo científico.

Dessa forma, este estudo reforça a importância do sensoriamento remoto como uma ferramenta



essencial para a construção de ambientes urbanos mais resilientes e sustentáveis. O aumento da produção acadêmica nacional sobre o tema pode não apenas fortalecer o desenvolvimento científico do país, mas também gerar contribuições importantes para a formulação de políticas e práticas sustentáveis em nível global.

### **Agradecimentos**

Agradecemos a bolsa da Política Estruturante 04 - Fortalecimento da pesquisa laboratorial acadêmica e tecnológica da UEA ao primeiro autor, e reconhecemos o apoio da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), por meio dos projetos PARHINTINS e GRHAMA.

## Referências

ANNET, K. A. **The Effects of Urbanization on Biodiversity**. IDOSR Journal of Arts and Humanities, v. 10, n. 1, p. 55-61, 2025. Disponível em: <https://www.idosr.org/wp-content/uploads/2025/07/IDOSR-JAH-P8.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2026.

BARBOSA, C. C. F.; NOVO, E. M. L. M.; MARTINS, V. S. **Introdução ao Sensoriamento Remoto de Sistemas Aquáticos: princípios e aplicações**. 1. ed. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2019. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/labisa/livro/res/conteudo.pdf>. Acesso em: 10 maio 2025.

BENEDICT, M. A.; MCMAHON, E. T. **Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities**. Washington, DC: Island Press, 2006.

BUDZIK, G.; SYLLA, M.; KOWALCZYK, T. **Understanding Urban Cooling of Blue-Green Infrastructure: A Review of Spatial Data and Sustainable Planning Optimization Methods for Mitigating Urban Heat Islands**. Sustainability, v. 17, n. 1, 142, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/su17010142>. Acesso em: 27 jan. 2026.

ELMQVIST, T. et al. **Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities**. In: ELMQVIST, T. et al. (org.). Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities. [s. l.]: Springer, 2013. cap. 11, p. 1-20. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-94-007-7088-1\\_11](https://doi.org/10.1007/978-94-007-7088-1_11). Acesso em: 29 jan. 2026.

FEARNSIDE, P. M.; SILVA, R. A. **Surpresas climáticas: A Amazônia e as lições da enchente catastrófica no Rio Grande do Sul**. Amazônia Real, v. 3, 2024. Disponível em: <https://amazoniareal.com.br/licoes-da-enchente-catastrofica-no-rio-grande-do-sul/>. Acesso em: 02 jan 2026.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

GONZAGA, L. et al. **Remote sensing and monitoring forest degradation by governmental entities in Brazil**. Research, Society and Development, v. 11, n. 5, p. e28811528323, 2022. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i5.28323>. Acesso em: 5 maio 2025.

JENSEN, J. R. **Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective**. 2. ed. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall, 2007.

KABISCH, N. et al. **Nature-based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas: Perspectives and Challenges of Theory and Practice**. In: KABISCH, N. et al. (org.). Nature-based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas: Theory and Practice of Urban Sustainability Transitions. Cham: Springer, 2017. cap. 1, p. 1-11. Disponível em: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-56091-5\\_1](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-56091-5_1). Acesso em: 29 jan. 2026.

LI, D. et al. **Machine learning and remote sensing integration for leveraging urban sustainability: A review and framework**. Sustainable Cities and Society, v. 96, 104653, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104653>. Acesso em: 7 maio 2025.

LIU, H.-Y.; JAY, M.; CHEN, X. **The Role of Nature-Based Solutions for Improving Environmental Quality, Health and Well-Being**. Sustainability, v. 13, n. 19, 10950, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/su131910950>. Acesso em: 30 jan. 2026.

MA, L. et al. **Deep learning in remote sensing applications: A meta-analysis and review**. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, v. 152, p. 166-177, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2019.04.015>. Acesso em: 30 jan. 2026.

NOVO, E. M. L. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2010.

OKE, T. R. **The energetic basis of the urban heat island**. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, v. 108, n. 455, p. 1-24, 1982. DOI: <https://doi.org/10.1002/qj.49710845502>. Acesso em: 29 jan. 2026.

RUSSO, A.; CIRELLA, G. T. **Urban Ecosystem Services: Agroecology, Green Spaces, and Environmental Quality for Sustainable Futures**. Land, v. 14, n. 2, p. 288, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/land14020288>. Acesso em: 29 jan. 2026.

SANTOS, M. P. **Classificação de séries temporais de dados de sensoriamento remoto para mapeamento de Wetlands no Norte Fluminense**. 2024. 118 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2024.

SHAHTAHMASSEBI, A. R. et al. **Remote sensing of urban green spaces: A review**. Urban Forestry & Urban Greening, v. 57, 126946, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126946>. Acesso em: 27 jan. 2026.

SILVA, V. P.; ORLANDA, J. F. F. **Evolução temporal do sensoriamento remoto no contexto da detecção de áreas degradadas na Amazônia: uma revisão sistemática**. Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS), v. 26, n. 1, p. 169-182, 2024. DOI: <https://doi.org/10.35701/rcgs.v26.922>. Acesso em: 7 maio 2025.

VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. **Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping**. Scientometrics, v. 84, n. 2, p. 523-538, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>. Acesso em: 29 jan. 2026.

# Avaliação Físico-Química do Solo como Ferramenta para Diagnóstico Ambiental da Sub-Bacia do Rio Formate

Patrick de Paula<sup>1</sup>  
Pedro Bragatto de Britto<sup>2</sup>  
Pedro Enrique de Moura Rosemberg<sup>3</sup>  
Riad Silva<sup>4</sup>  
Orientadora: Prof. Dra. Tatiana Oliveira Costa<sup>5</sup>

## Resumo

O presente artigo surgiu da necessidade de elaboração de um diagnóstico ambiental preliminar da sub-bacia do rio Formate, no Espírito Santo, dada sua importância ecológica e social para a região. A pesquisa considera os atributos físicos e químicos do solo como ferramentas fundamentais para a análise da qualidade ambiental, alinhando-se às diretrizes da Agência Estadual de Recursos Hídricos (AGERH), que visa à melhoria gradual dos trechos monitorados e ao desenvolvimento sustentável no horizonte de 20 anos, conforme previsto na legislação vigente. O objetivo central deste artigo é avaliar atributos físico-químicos do solo como subsídio para o diagnóstico ambiental da área. A metodologia adotada é de natureza quali-quantitativa, incluindo revisão bibliográfica, coleta de amostras in situ em trechos com e sem cobertura vegetal, e a realização de ensaios laboratoriais: análise granulométrica, diagnóstico rápido da estrutura do solo (DRES), umidade, pH, capacidade de troca catiônica (CTC), matéria orgânica, fósforo disponível, determinação de alumínio, ferro e fósforo no extrato sulfúrico, equivalente em carbonato de cálcio, diagnóstico rápido da estrutura do solo e análise mineralógica de grãos. Os resultados revelaram baixos teores de matéria orgânica e fósforo, associados à degradação do solo e à redução da infiltração hídrica, possivelmente decorrente de atividades antrópicas. Em contrapartida, observou-se a presença de 604,93 g/kg de óxido de ferro (III), indicando possível origem natural ou associação com escórias industriais em um dos pontos. Conclui-se que o solo da região possui potencial para contribuir com a melhoria da qualidade da água do rio, especialmente por meio da retenção e filtração, desde que sejam adotadas ações de revegetação das margens e eliminação dos focos de deposição de resíduos. O estudo reforça a importância de estratégias locais de conservação para promover a sustentabilidade hídrica e ambiental, em consonância com a trilha “Do Rio a Belém – Conexão ES.

**Palavras-chave:** Rio Formate, Análise físico-química, Qualidade ambiental, Sustentabilidade hídrica, Conservação do solo.

## Abstract

This article emerged from the need to develop a preliminary environmental diagnosis of the Formate River sub-basin, located in Espírito Santo, Brazil, due to its ecological and social significance for the region. The research considers the physical and chemical attributes of the soil as fundamental tools for assessing environmental quality, in alignment with the guidelines of the State Water Resources Agency (AGERH), which aims for the gradual improvement of monitored sections and sustainable development over a 20-year horizon, as provided for in current legislation. The main objective of this article is to evaluate physicochemical soil attributes as a basis for the environmental assessment of the area. The methodology adopted is qualitative and quantitative in nature, including a literature review, in situ sampling in areas with and without vegetation cover, and the execution of laboratory tests: particle size analysis, moisture content, pH, cation exchange capacity (CEC), organic matter, available phosphorus, determination of aluminum, iron, and phosphorus in sulfuric extract, calcium carbonate equivalent, rapid assessment of soil structure, and mineralogical analysis of grains. The results revealed low levels of organic matter and phosphorus, associated with soil degradation and reduced water infiltration, possibly resulting from anthropogenic activities. On the other hand, the presence of 604,93 g/kg of iron (III) oxide was observed, indicating a possible natural origin or association with industrial slag. It is concluded that the region's soil has the potential to contribute to improving the river's water quality, particularly through retention and filtration, provided that actions such as riparian revegetation and the elimination of waste dumping sites are implemented. The study reinforces the importance of local conservation strategies to promote water and environmental sustainability, in line with the “From the River to Belém – Espírito Santo Connection” initiative.

**Keywords:** Formate River, Physicochemical analysis, Environmental quality, Water sustainability, Soil conservation

<sup>1</sup>Graduando do curso de Química Industrial no Instituto Federal do Espírito Santo. [patrickdepaula484@gmail.com](mailto:patrickdepaula484@gmail.com)

<sup>2</sup>Graduando do curso de Química Industrial no Instituto Federal do Espírito Santo. [pedrobritto84@gmail.com](mailto:pedrobritto84@gmail.com)

<sup>3</sup>Graduando do curso de Química Industrial no Instituto Federal do Espírito Santo. [pedroemr2402@gmail.com](mailto:pedroemr2402@gmail.com)

<sup>4</sup>Graduando do curso de Química Industrial no Instituto Federal do Espírito Santo. [riadsilva.14@gmail.com](mailto:riadsilva.14@gmail.com)

<sup>5</sup>Professora Doutora Tatiana Oliveira Costa [tatianacosta@ifes.edu.br](mailto:tatianacosta@ifes.edu.br)





## Introdução

O solo é um recurso natural fundamental para a sustentabilidade ambiental, atuando como base dos ecossistemas terrestres e exercendo funções essenciais, como suporte ao crescimento vegetal, regulação da qualidade da água, reserva de nutrientes e reator biogeoquímico dos ciclos do carbono, nitrogênio e fósforo. Além disso, abriga elevada diversidade biológica e regula o fluxo de matéria e energia nos ecossistemas. Sua degradação compromete diretamente a biodiversidade, a produção de alimentos, a qualidade da água e a resiliência ambiental, evidenciando a necessidade de estratégias eficazes de manejo e conservação.

A qualidade do solo resulta da interação entre propriedades físicas, químicas e biológicas, sendo fortemente influenciada pela cobertura vegetal, pelo uso e pela ocupação do solo. A matéria orgânica do solo (MOS) destaca-se nesse contexto por influenciar a estrutura física, a retenção de água, a fertilidade e a atividade microbiana, além de contribuir para o sequestro de carbono e a mitigação das mudanças climáticas. Segundo Oliveira et al. (2022), o aumento da MOS em solos tropicais é uma estratégia promissora para restaurar a fertilidade e promover sistemas mais sustentáveis. Em contrapartida, práticas inadequadas, como desmatamento, impermeabilização e descarte irregular de resíduos, intensificam processos erosivos, compactação, perda de nutrientes e contaminação hídrica.

No Brasil, onde mais de 75% da população reside em áreas urbanas (IBGE, 2022), a pressão antrópica sobre os recursos naturais tem provocado desequilíbrios ambientais significativos, sobretudo em bacias hidrográficas sujeitas à urbanização desordenada, lançamento de efluentes e ocupação irregular das margens. Nesse cenário, o monitoramento ambiental torna-se uma ferramenta estratégica para o planejamento territorial, a formulação de políticas públicas e a recuperação de áreas degradadas.

A sub-bacia do Rio Formate, localizada no estado do Espírito Santo e integrante da bacia do Rio Jucu, exemplifica esse contexto. Apesar de apresentar trechos com elevado valor ecológico, o rio tem sofrido impactos associados à expansão urbana, à atividade industrial e ao descarte inadequado de resíduos e efluentes, o que reforça a necessidade de estudos integrados que avaliem a qualidade do solo e sua relação com a cobertura vegetal e as atividades antrópicas.

Diante disso, o presente estudo tem como objetivo realizar a caracterização físico-química do solo em diferentes pontos da sub-bacia do Rio Formate, buscando compreender as inter-relações entre qualidade do solo, cobertura vegetal e integridade ambiental. Foram analisados parâmetros como pH, condutividade elétrica, matéria orgânica e ânions solúveis, considerando áreas preservadas e degradadas, conforme metodologias da Embrapa e diretrizes da Agência Estadual de Recursos Hídricos (AGERH). Os resultados visam subsidiar ações de recuperação ambiental, manejo sustentável e políticas públicas voltadas à gestão integrada de bacias hidrográficas, em consonância com os princípios da sustentabilidade.

## Metodologia

O estudo adotou uma abordagem quali-quantitativa, integrando revisão bibliográfica, trabalho de campo e análises físico-químicas. A revisão da literatura permitiu identificar problemáticas relevantes associadas à qualidade ambiental da sub-bacia do Rio Formate, servindo de base para a definição dos pontos de amostragem a partir do monitoramento da Agência Estadual de Recursos Hídricos (AGERH). Foram selecionados os pontos FOR1C001 e FOR1C015, considerados representativos de diferentes condições ambientais, com destaque para o FOR1C015, que apresenta maior criticidade ambiental.

A localização dos pontos foi determinada com auxílio de GPS (Garmin Legend, modo SPS). A ca-

racterização visual da área foi complementada por sobrevoos com drone, gerando imagens aéreas e registros fotográficos utilizados na avaliação qualitativa do ambiente, com ênfase na cobertura vegetal, assoreamento e indícios de lançamento inadequado de efluentes.

A coleta de solo foi realizada na camada superficial (até 20 cm) com cavadeira, sendo utilizado trado helicoidal para avaliação da profundidade da franja capilar. As amostras foram submetidas à secagem em estufa a 40 °C, peneiramento nas frações de 20 mm e 2 mm e acondicionamento adequado, assegurando sua integridade por meio da aplicação da cadeia de custódia.

A caracterização físico-química foi realizada a partir de amostras de solo desnudo (SD) e solo vegetado (SV) em cada ponto de amostragem. As análises compreenderam a determinação de matéria orgânica, condutividade elétrica, pH, umidade, ânions solúveis, fósforo disponível (em diferentes extratos), ferro e alumínio em extrato sulfúrico, além de cálcio, alumínio, capacidade de troca catiônica (CTC) e equivalente carbonato de cálcio. Os procedimentos analíticos seguiram o Manual de Métodos de Análise de Solo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA).

A determinação da CTC foi realizada a partir da análise dos cátions trocáveis, utilizando diluição 1:100, com quantificação de alumínio e cálcio conforme normas técnicas vigentes. O teor de alumínio foi determinado segundo o método DNER-ME 030/94. As análises laboratoriais foram conduzidas no Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) – Campus Vila Velha, com apoio de bolsistas e voluntários vinculados ao Programa de Iniciação Científica (PIBIC).

## Referencial Teórico

### Rio Formate

O Rio Formate nasce nas proximidades da Reserva Florestal de Duas Bocas, em Cariacica, Espírito Santo, e percorre cerca de 30 km até desaguar no rio Marinho, passando por áreas rurais e urbanas com direção predominante Norte-Sul, Oeste-Leste e, por fim, Noroeste-Sudeste. Ao longo de seu curso, o rio atua como limite natural entre os municípios de Cariacica e Viana e apresenta águas límpidas em sua nascente, mantendo boa qualidade em grande parte de sua extensão.

A sub-bacia do rio Formate possui cerca de 133 km<sup>2</sup>, com altitudes de até 660 metros, e está inserida na Região Metropolitana da Grande Vitória. Predomina nessa área o Latossolo Vermelho-Amarelo, solo profundo, bem drenado e rico em minerais, porém de baixa fertilidade natural devido à lixiviação (CRUZ, 2004).

Desde a década de 1950, o rio tem sofrido impactos significativos em decorrência da urbanização e da atividade industrial, especialmente pelo lançamento de efluentes não tratados por empresas como Real Café, Braspérora e Siderúrgica Santa Bárbara, o que compromete sua qualidade ecológica e os ciclos biogeoquímicos (CAUS, 2012). Tais alterações também modificaram o fluxo hídrico, a profundidade e o leito do rio, afetando as cadeias alimentares aquáticas (ODUM, 2004).

Além disso, estudos como o de Sampaio (2021) demonstram a importância da educação ambiental no entorno do rio, destacando que a vivência direta da comunidade com o ambiente contribui para o desenvolvimento da consciência crítica e socioambiental, fundamental para enfrentar os desafios da degradação ambiental.

Segundo a ANA, o Índice de Qualidade da Água (IQA) é calculado a partir de nove parâmetros com pesos específicos conforme sua importância. No Rio Formate, esses dados são monitorados trimestralmente, permitindo acompanhar a qualidade da água e os impactos das atividades huma-

nas na bacia. O índice varia de 0 a 100 e é classificado conforme os resultados.

### Para os pontos em destaque do Rio Formate, tem-se as seguintes descrições:

- FOR1C001

Encontra-se no município de Viana e é localizado em 20°20'18.66"S e 40°25'47.16"W. Nele, a coleta de água superficial para avaliação de IQA se encontra ativo e atualmente seu IQA é de aproximadamente 59, como mostra o gráfico 1, o que segundo a NFS obtém uma classificação médio.

- FOR1C015

Também situado no município de Cariacica, suas coordenadas são 20°23'57.00"S 40°22'15.05"W. Assim como o ponto FOR1C001, o ponto de coleta de água para avaliação de IQA do FOR1C015 se encontra ativo como mostra o gráfico 3, e seu IQA mais recente é de aproximadamente 37, o que o classifica como ruim.

Esse cenário de enquadramento mostra uma significativa "distância" entre a qualidade atual das águas superficiais da bacia e a qualidade desejada para o futuro (objetivo final). Por isso se faz necessário estabelecer metas ao longo do tempo.

A AGERH em seus objetivos finais de enquadramento dos corpos de águas superficiais localizados na Bacia Hidrográfica do Rio Jucu ofício 03/2017, apresenta o Rio Formate separado em três trechos com situação atual (2014), objetivos e metas conforme pode ser visto na tabela 1

Tabela 1 – Objetivos e metas da AGERH para o Rio Formate

Segmento do Rio	Classe Atual	Metas de Redução de Carga Poluidora	Classe-Alvo
Foz ao limite urbano de Cariacica	Classe 4	Redução de 20% em 5 anos Redução de 50% em 10 anos Redução de 80% em 15 anos	Classe 3 em 20 anos
Limite urbano de Cariacica até 20km da foz	Classe 2/3	Redução de 20% em 5 anos Classe intermediária em 10 anos Redução de 80% em 15 anos	Classe 1 em 20 anos
De 20km da foz até as nascentes	Classe 3	Redução de 20% em 5 anos Classe intermediária em 10 anos Redução de 80% em 15 anos	Classe 1 especial em 20 anos

Fonte: Elaborado pelo autor, com base no Ofício 03.2017/2017 (2017, p.08)

### Importância do Solo

O solo resulta da interação entre fatores de formação como clima, organismos, relevo, material de origem e tempo, constituindo-se como um recurso essencial à manutenção dos ecossistemas e ao desenvolvimento das sociedades humanas. Suas funções ambientais, produtivas e reguladoras justificam a relevância de estudos voltados à sua caracterização e conservação (PEREIRA et al., 2019). Nesse contexto, a análise das propriedades do solo é fundamental para compreender a relação solo-paisagem e subsidiar práticas adequadas de uso, manejo e conservação desse recurso natural limitado.

A dinâmica hídrica do solo é controlada por processos como infiltração, evapotranspiração, escoamento superficial e percolação. Quando a precipitação excede a capacidade de infiltração ocorre o escoamento superficial, enquanto a percolação se dá quando a infiltração supera a capacidade de retenção hídrica do solo (Pereira et al., 2002). A cobertura vegetal desempenha papel central nesse sistema, protegendo o solo do impacto direto das gotas de chuva, prevenindo o selamento superficial e reduzindo a erosão hídrica por meio da palhada (Tucci & Clarke, 1997).

Essa função reguladora reflete-se no controle do fluxo hídrico superficial e subterrâneo, uma vez que a vegetação favorece a infiltração e reduz o escoamento superficial, promovendo maior equilíbrio entre águas superficiais e subterrâneas (Prado, 2005). As matas ciliares atuam como zonas tampão, retendo sedimentos e poluentes, contribuindo para a manutenção da qualidade das águas superficiais e subterrâneas (Quintas, Stolf & Casagrande, 2007).

### Caracterização físico-química do solo

Os solos no entorno de cursos d'água desempenham papel estratégico no equilíbrio ambiental das bacias hidrográficas, influenciando diretamente a qualidade da água e a estabilidade dos ecossistemas associados (XAVIER, 2021). A qualidade do solo resulta da interação entre propriedades físicas, químicas e biológicas, destacando-se atributos como textura, pH, porosidade, composição nutricional e capacidade de retenção de água (Brady & Weil, 2013). Alterações nessas propriedades, especialmente aquelas associadas à contaminação hídrica, podem comprometer simultaneamente a qualidade do solo e da água.

Dessa forma, para a avaliação dos solos no entorno do rio Formate, foram realizadas análises físico-químicas específicas, descritas a seguir, visando compreender suas características e possíveis implicações ambientais.

### Matéria orgânica do solo

A matéria orgânica do solo (MOS) é composta principalmente por carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, fósforo e enxofre (CHONPS), sendo o carbono o elemento predominante. Apesar de representar pequena fração da massa total do solo, a MOS exerce papel central na determinação de sua qualidade, influenciando a produtividade vegetal, as propriedades físicas, químicas e hídricas, além de atuar no tamponamento da acidez e como fonte de energia para a biota edáfica.

Essas funções decorrem da intensa interação da MOS com a água, o ar e os constituintes minerais, bem como de sua atuação como reservatório de nutrientes para os microrganismos (NETOS et al., 2023). Além disso, a matéria orgânica apresenta elevada sensibilidade às alterações antrópicas, configurando-se como um importante indicador da qualidade ambiental do solo (JUNIOR, 2020).

### Condutividade elétrica

A condutividade elétrica do solo está relacionada à facilidade de deslocamento da água e dos íons dissolvidos em seu interior, sendo influenciada pela composição mineralógica e pela concentração de sais solúveis (GONÇALVES, 2013). Variações na composição do solo podem resultar em alterações significativas desse parâmetro, sendo que solos com maior teor de argila tendem a apresentar valores mais elevados de condutividade elétrica (FILHO, 2024).

### Determinação de ânions solúveis (carbonatos, bicarbonatos, cloretos, sulfatos e enxofre)

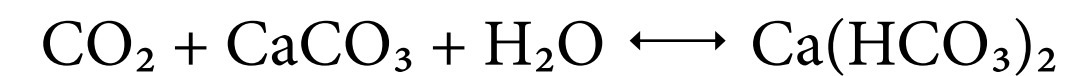
Solos salinizados caracterizam-se pela elevada concentração de sais solúveis, sódio trocável ou pela combinação de ambos. A salinização está associada à formação do solo, uma vez que sais

provenientes do intemperismo de minerais primários são transportados e acumulados ao longo do perfil (PEREIRA et al., 2019). Em condições naturais, entretanto, esses sais raramente atingem concentrações capazes de comprometer o desenvolvimento vegetal (JUNIOR; SILVA, 2010).

Os sais solúveis são constituídos principalmente por sódio, cálcio e magnésio, associados predominantemente aos ânions cloreto e sulfato, além de menores proporções de potássio, bicarbonato e carbonato, que, em conjunto, representam cerca de 98% dos sais solúveis nos solos (Ribeiro, 2017 apud Richards, 1954). O excesso de salinidade reduz o potencial osmótico da solução do solo, limitando a disponibilidade de água e nutrientes às plantas.

### Carbonatos e bicarbonatos

Os carbonatos, especialmente o carbonato de cálcio, atuam na neutralização da acidez do solo ao reagirem com íons H<sup>+</sup>, promovendo elevação do pH. Esses compostos podem ter origem pedogênica ou geogênica (PAL, 2000), sendo que a formação pedogênica envolve processos de dissolução, mobilização e reprecipitação, ou concentração por evapotranspiração (ZAMANIAN, 2016). Em solos calcários, o CO<sub>2</sub> dissolvido na água favorece a conversão do carbonato em bicarbonato, conforme a reação:



### Cloretos

O íon cloreto (Cl<sup>-</sup>) é amplamente distribuído na crosta terrestre, ocorrendo principalmente em traços nas rochas. A atmosfera constitui seu principal meio de transporte, por meio das chuvas e dos ventos. Devido à elevada solubilidade dos cloretos e à dinâmica da água no solo, não ocorre, em geral, acúmulo significativo desse ânion no perfil do solo (NETO, ano).

### Enxofre e sulfato

O enxofre ocorre no solo sob formas orgânicas e inorgânicas, sendo o sulfato (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) a principal forma mineral em solos bem drenados e sob condições aeróbias, representando cerca de 5% do enxofre total (SILVA, 2022 apud ZAIA et al., 2006). Em solos não impactados por atividades antrópicas, sua concentração depende principalmente da presença de argilominerais e óxidos, que contribuem para a proteção da matéria orgânica contra a decomposição microbiana (COSTA, 1980).

### pH, alumínio e cálcio

O pH do solo expressa a concentração de íons hidrogênio (H<sup>+</sup>) na solução do solo e constitui um dos principais indicadores de fertilidade, por influenciar diretamente a disponibilidade de nutrientes às plantas (SAFRAS, 2024). Processos de lixiviação promovem a remoção de bases do complexo de troca, aumentando a acidez e favorecendo a liberação de alumínio trocável, característica comum em solos brasileiros (VELOSO et al., 1992).

A faixa de pH entre 5,6 e 6,5 é considerada ideal para a maioria das culturas, por corresponder à maior disponibilidade de nutrientes e menor toxicidade de alumínio. Em solos com pH inferior a 5,5, o alumínio torna-se mais solúvel, configurando-se como um dos principais fatores limitantes ao desenvolvimento vegetal (ECHART et al., 2000 apud FOY et al., 1978; ANIOL, 1990; BENNET & BREEN, 1991).

O cálcio é um macroelemento essencial, atuando na estabilização da matéria orgânica e na for-

mação de agregados do solo por meio de complexos entre argila e matéria orgânica mediados por pontes catiônicas (NEUVILLE, 2004). Em solos ácidos, predominantes em grande parte do território brasileiro, suas concentrações tendem a ser reduzidas, reforçando a importância de sua avaliação em estudos de qualidade do solo.

### Resultados

As coletas de solo nos pontos FOR1C001 e FOR1C015 foram realizadas em 13/04/2024, nas coordenadas geográficas:

- FOR1C001: S20°20'18,4" e W40°25'47,2";
- FOR1C015: S20°23'57,6" e W40°22'11,5".

Conforme registrado na cadeia de custódia, houve ocorrência de precipitação nas 48 horas que antecederam as coletas; entretanto, durante as atividades de campo, as condições climáticas mantiveram-se estáveis, com tempo seco e temperatura média de 27 °C.

Com base no mapa de reconhecimento de solos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), com legendas atualizadas pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) e pelo Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), verificou-se que os solos dos pontos FOR1C001 e FOR1C015 são classificados como Argissolo Amarelo Distrófico típico. Esse tipo de solo caracteriza-se por baixa fertilidade natural e, no quarto nível de classificação, não apresenta limitações restritivas significativas.

A área de coleta do ponto FOR1C001 situa-se nas proximidades de um bairro residencial, onde foram observados resíduos sólidos domésticos, lançamento de esgoto diretamente no corpo hídrico e presença de entulhos de construção civil no entorno, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Vista aérea do ponto FOR1C001 obtida por drone, respectivamente.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O solo do ponto FOR1C015, localizado próximo a uma indústria siderúrgica, apresentou características notáveis na área de coleta, incluindo a presença de fragmentos de escória de minério de ferro. Além disso, foi constatada uma quantidade significativa de resíduos domésticos e entulhos de construção civil no entorno, conforme ilustrado na Figura 2.

**Figura 2 - Vista aérea do ponto FOR1C015 obtida por drone e resíduos domésticos queimados sobre o rio, respectivamente.**



Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme os dados apresentados na Tabela 2, os solos com cobertura vegetal, em ambos os pontos de coleta (FOR1C015 e FOR1C001), exibiram maiores teores de matéria orgânica e condutividade elétrica quando comparados aos solos desnudos. Esses resultados indicam uma maior capacidade de retenção de água e melhor estrutura física do solo nos ambientes vegetados. Isso reforça a importância da vegetação na promoção da estabilidade estrutural, aumento da fertilidade do solo, maior taxa de infiltração e, conseqüentemente, na melhoria da qualidade do recurso hídrico.

**Tabela 2: Resultados dos parâmetros físico-químicos nos pontos de amostragem FOR1C015 e FOR1C001.**

Análise	FOR1C015		FOR1C001		Unidade
	Vegetado	Desnudo	Vegetado	Desnudo	
Teor de MOS	22,780	14,620	18,290	6,820	%(g/Kg)
Condutividade	685,500	279,300	305,400	149,000	µS/cm (24,5°C)
Carbonatos	nula/muito baixa	nula/muito baixa	nula/muito baixa	nula/muito baixa	-
Bicarbonatos	nula/muito baixa	nula/muito baixa	nula/muito baixa	nula/muito baixa	-
Cloretos	nula/muito baixa	nula/muito baixa	nula/muito baixa	nula/muito baixa	-
Sulfatos e enxofre	nula/muito baixa	nula/muito baixa	nula/muito baixa	nula/muito baixa	-
pH	7,150	6,620	7,855	7,435	-
Alumínio	26,750	5,350	5,357	4,464	mg/kg
Cálcio	396,210	274,750	189,851	108,486	mg/kg

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ainda segundo a Tabela 2, os solos desnudos apresentaram menores concentrações de alumínio, cálcio e umidade. Tais características podem ser atribuídas a processos de lixiviação e erosão, que favorecem a perda de nutrientes essenciais. A menor disponibilidade desses elementos compromete a qualidade do solo e agrava a degradação dos corpos hídricos, uma vez que há intensificação do escoamento superficial e carreamento de sedimentos.

### Discussão

Os resultados evidenciam a influência direta da cobertura vegetal na qualidade físico-química dos solos analisados, reforçando o papel da vegetação na manutenção das funções ecossistêmicas do solo. A maior concentração de matéria orgânica e os valores mais elevados de condutividade elétrica observados nos solos vegetados corroboram estudos que apontam a vegetação como fator essencial na retenção de umidade, na proteção contra processos erosivos e na ciclagem de nutrientes. Essas condições favorecem a infiltração da água no solo, contribuindo para a recarga de aquíferos e para a mitigação da degradação de corpos hídricos superficiais.

A presença de cobertura vegetal também está associada a uma melhor estruturação do solo, fundamental para sua estabilidade física, química e biológica, atendendo diretamente aos objetivos desta pesquisa, que visa avaliar atributos edáficos como indicadores da qualidade ambiental da sub-bacia do Rio Formate. Em contraste, nos pontos com solo exposto observou-se redução nos teores de cálcio, alumínio e umidade, possivelmente associada à intensificação de processos de lixiviação e escoamento superficial, potencializados pela ausência de cobertura vegetal e pela compactação do solo. Esse empobrecimento reduz a capacidade de retenção de nutrientes e aumenta a vulnerabilidade à degradação ambiental.

O uso e a ocupação do solo também se mostraram determinantes. O ponto FOR1C001, localizado em área urbana, apresentou indícios de interferência antrópica, como despejo de esgoto e acúmulo de resíduos sólidos, com potencial impacto negativo sobre a qualidade do solo e da água. Já o ponto FOR1C015, próximo a uma indústria siderúrgica, indicou possível influência de poluição difusa, como a presença de escória de minério de ferro, capaz de alterar a composição geoquímica do solo e comprometer sua função como filtro natural.

De modo geral, os resultados reforçam a necessidade de estratégias integradas de manejo do solo e recuperação ambiental, especialmente em áreas sob influência urbana e industrial. A manutenção e a restauração da cobertura vegetal mostram-se fundamentais para a conservação do solo e dos recursos hídricos, além de contribuírem para a resiliência ambiental das bacias hidrográficas. Os dados gerados fornecem subsídios técnicos para ações de gestão ambiental integrada, em consonância com diretrizes nacionais e internacionais de sustentabilidade.

## Referências

AGERH – AGÊNCIA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Agerh divulga boletim sobre a qualidade da água de rios e lagoas do Estado**. Vitória, 20 nov. 2023. Disponível em: <https://agerh.es.gov.br/Not%C3%ADcia/agerh-divulga-boletim-sobre-a-qualidadeda-agua-de-rios-e-lagoas-do-estado>. Acesso em: 4 maio 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Indicadores de qualidade: Índice de Qualidade das Águas (IQA)**. Disponível em: <https://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>. Acesso em: 4 maio 2025.

ANIOL, A. **Genetics of tolerance to aluminum in wheat (Triticum aestivum L.)**. Plant and Soil, v. 123, p. 223–227, 1990.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

CAUS, C. L. **Das fontes e chafarizes às águas limpas: evolução do saneamento no Espírito Santo**. Vitória: CESAN, 2012.

COSTA, C. A. S. **Mineralização do enxofre orgânico e adsorção de sulfato em solos**. 1980. 65 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1980.

FILHO, R. C. et al. **Condutividade elétrica aparente do solo**. Boletim Técnico, n. 7. Agricultura de Precisão, 2024.

FOY, C. D.; CHANEL, R. L.; WHITE, M. C. **The physiology of metal toxicity in plants**. Annual Review of Plant Physiology, v. 29, p. 511–566, 1978.

GONÇALVES, A. D. M.; LIBARDI, P. L. **Análise da determinação da condutividade hidráulica do solo pelo método do perfil instantâneo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 37, p. 1174–1184, 2013.

JUNIOR, C. C. **Potencial de captura de carbono no solo a partir da reabilitação de pastagens degradadas no cerrado**. Piracicaba: Imaflora, 2020. 83 p. Disponível em: <https://wwfbr.awsassets.panda.org>. Acesso em: 4 maio 2025.

JUNIOR, J. A. L.; SILVA, A. L. P. **Estudo do processo de salinização para indicar medidas de prevenção de solos salinos**. Enciclopédia Biosfera, v. 6, n. 11, 2010.

NETOS, L. M. et al. **Estrutura e natureza química da matéria orgânica do solo**. 2023.

NEUVILLE, C. L. et al. **Al speciation and Ca environment in calcium aluminosilicate glasses and crystals**. Chemical Geology, v. 213, p. 153–163, 2004.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1985.

OLIVEIRA, J. P. C. et al. **A utilização inadequada do solo e seus impactos na degradação das áreas**. Research, Society and Development, v. 10, n. 12, e35101219948, 2021.

PAL, D. K. et al. **Secondary calcium carbonate in soils of arid and semiarid regions of India**. In: LAL, R. et al. (Ed.). Global climate change and pedogenic carbonate. Boca Raton: Lewis Publishers, 2000. p. 149–185.

PEREIRA, M. G. et al. **Formação e caracterização de solos**. Seropédica: UFRRJ, 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br>. Acesso em: 5 maio 2025.

PRADO, G. S. **Concepção e estudo de uma unidade compacta para tratamento preliminar de esgoto sanitário**. 2006. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

QUINTAS, D. A. C.; STOLF, R.; CASAGRANDE, J. C. **Recuperação de matas ciliares na micro-bacia do Ribeirão das Furnas**. In: Congresso de Pós-Graduação da UFSCar, 4., 2007, São Carlos. Anais... São Carlos: UFSCar, 2007.

RIBEIRO, I. et al. **Implantação de métodos de tratamento para combater as eflorescências**. Principia, n. 38, 2017.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: USDA, 1954. 160 p.

SAFRAS NUTRIÇÃO. **A relevância do pH do solo para os cultivos agrícolas**. 2024.

SILVA, E. V. S. **Determinação colorimétrica de sulfato em amostras de águas e solos amazônicos**. Itacoatiara: UFAM, 2022.

TEIXEIRA, P. C. et al. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017.

TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T. **Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 2, n. 1, p. 135–152, 1997.

VELOSO, C. A. C. et al. **Efeito de diferentes materiais no pH do solo**. Scientia Agricola, v. 49, n. 1, p. 123–128, 1992.

XAVIER, F. A. S. **Solo: definição e importância**. In: BORGES, A. L. (Ed.). Recomendações de calagem e adubação. Brasília, DF: Embrapa, 2021. cap. 1.

# Pastagens no Espírito Santo: Potencial de captura e emissão de carbono segundo o seu vigor

Leticia Pereira Rocha<sup>1</sup>  
Aurélio Azevedo Barreto Neto<sup>2</sup>  
Roberta Cristina Cotta Duarte Conde<sup>3</sup>  
Marco Aurélio de Abreu Bortolini<sup>4</sup>  
Adelaide de Fátima Santana da Costa<sup>5</sup>  
Aureliano Nogueira da Costa<sup>6</sup>

## Resumo

A pecuária é uma das principais atividades responsáveis pelas emissões de gases de efeito estufa (GEE) no setor agropecuário brasileiro, especialmente devido ao manejo inadequado de pastagens. Este estudo estimou o balanço de carbono das pastagens no Espírito Santo com base no vigor da vegetação, utilizando dados secundários do MapBiomass e do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG). Foram aplicados fatores médios de emissão ou remoção por hectare para as classes de vigor (baixo, médio e alto), permitindo calcular o saldo atual de carbono e simular cenários alternativos de recuperação de áreas degradadas. Os resultados indicaram que, em 2023, as pastagens capixabas apresentaram saldo líquido de remoção de aproximadamente 949 mil tCO<sub>2</sub>e, com destaque para as áreas de alto vigor, responsáveis pela remoção. As simulações mostraram que a melhoria do vigor das pastagens, sem aumento de área, pode gerar ganhos expressivos na mitigação, com remoções variando de 3,4 milhões tCO<sub>2</sub>e (cenário moderado) a 8,2 milhões tCO<sub>2</sub>e (cenário ideal). O estudo destaca o potencial das pastagens bem manejadas como aliadas na agenda climática estadual e reforça a importância de políticas públicas integradas, como o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) e o Plano ABC+, para viabilizar essa transição.

**Palavras-chave:** pastagens; sequestro de carbono; mudanças climáticas; mitigação; sustentabilidade rural.

## Abstract

Livestock farming is a major contributor to greenhouse gas (GHG) emissions in Brazil's agricultural sector, especially due to poor pasture management. This study estimated the carbon balance of pastures in the state of Espírito Santo based on vegetation vigor, using secondary data from MapBiomass and Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG). Average emission or removal factors per hectare were applied for each pasture vigor class (low, medium, and high), enabling the calculation of the current carbon balance and the simulation of alternative scenarios involving degraded area recovery. Results showed that, in 2023, Espírito Santo's pastures had a net carbon removal of approximately 949 thousand tCO<sub>2</sub>e, with high-vigor pastures playing a leading role. The simulations demonstrated that improving pasture vigor, without expanding the area, can significantly enhance mitigation, with removals ranging from 3.4 million tCO<sub>2</sub>e (moderate scenario) to 8.2 million tCO<sub>2</sub>e (ideal scenario). The study highlights the strategic potential of well-managed pastures in climate action and emphasizes the importance of integrated public policies, such as Payment for Environmental Services (PES) and the ABC+ Plan, to support this transition.

**Keywords:** pastures; carbon sequestration; climate change; mitigation; rural sustainability.

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo - IFES [leticia.rocha@outlook.com](mailto:leticia.rocha@outlook.com)

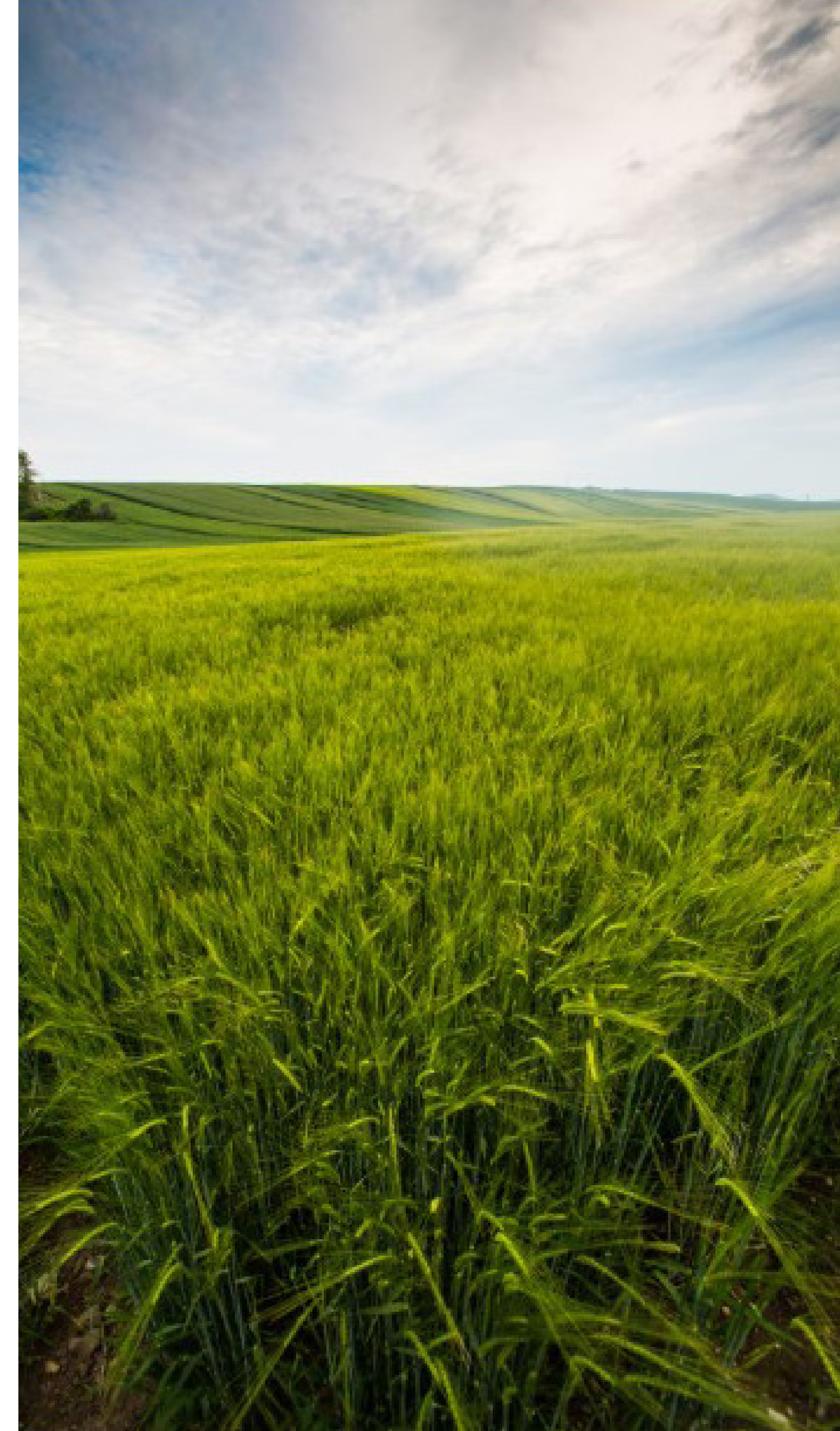
<sup>2</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo - IFES [aurelio@ifes.edu.br](mailto:aurelio@ifes.edu.br)

<sup>3</sup>Universidade Federal do Espírito Santo - UFES [roberta.conde@edu.ufes.br](mailto:roberta.conde@edu.ufes.br)

<sup>4</sup>Fundação de Desenvolvimento Agro Socioambiental, Inovação, Educação e Sustentabilidade - FUNDAGRES [mr-cosabortolini@hotmail.com](mailto:mr-cosabortolini@hotmail.com)

<sup>5</sup>Fundação de Desenvolvimento Agro Socioambiental, Inovação, Educação e Sustentabilidade - FUNDAGRES [adelaidcosta251@gmail.com](mailto:adelaidcosta251@gmail.com)

<sup>6</sup>Fundação de Desenvolvimento Agro Socioambiental, Inovação, Educação e Sustentabilidade - FUNDAGRES [costa.aurelianon@gmail.com](mailto:costa.aurelianon@gmail.com)





## Introdução

A agropecuária brasileira exerce papel central tanto na economia nacional quanto na agenda ambiental global. O setor responde por cerca de 25% do PIB, 20% dos empregos e quase metade das exportações do país (Embrapa, 2024). Contudo, essa relevância econômica contrasta com um desafio significativo: a contribuição do uso do solo, especialmente das pastagens mal manejadas, para as emissões nacionais de gases de efeito estufa (GEE) (SEEG, 2023).

Essa dinâmica também se expressa em nível regional. Segundo dados do MapBiomias (2023), aproximadamente 25% do território do Espírito Santo é ocupado por pastagens, com uma parcela significativa apresentando vigor médio ou baixo — o que indica sinais de degradação e subutilização produtiva. Embora essa plataforma disponibilize dados detalhados sobre o uso do solo, sua integração a políticas estaduais de mitigação climática ainda é incipiente, dificultada pela ausência de sistemas integrados de informação (Santos et al., 2024) e pela baixa articulação entre políticas agropecuárias, fundiárias e ambientais (Assad et al., 2021).

Recentemente, o Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG) evidenciou uma relação direta entre o vigor da vegetação em pastagens e seu papel no balanço de carbono. Pastagens com vigor alto se destacam pela capacidade de remover carbono da atmosfera, enquanto aquelas com vigor médio e baixo funcionam predominantemente como fontes líquidas de emissão (SEEG, 2024). Em 2023, 47% das remoções associadas ao uso da terra no país foram atribuídas a áreas de pastagem com vigor elevado (SEEG, 2024).

Estudos de meta-análise reforçam que o manejo adequado da pastagem, especialmente por meio da intensificação sustentável e da restauração de áreas degradadas, pode aumentar significativamente o estoque de carbono no solo (Silva; Ribon; Backes, 2023). Essa abordagem está diretamente conectada aos objetivos do Plano ABC+ (2020-2030), que reconhece a recuperação de pastagens degradadas como uma das principais estratégias para a mitigação das emissões no setor agropecuário (MAPA, 2021).

No contexto capixaba, a agropecuária representa parcela relevante das emissões de GEE, sendo a pecuária de corte a principal responsável dentro do setor (Figueiredo et al., 2023). Apesar do crescente reconhecimento da contribuição ambiental de pastagens bem manejadas, ainda são tímidas as políticas públicas ou privadas, como o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), que incorporam esses sistemas produtivos como provedores de serviços ecossistêmicos. Essa lacuna representa, ao mesmo tempo, uma oportunidade estratégica para a inovação em programas de PSA e inserção no mercado de carbono estadual (Carlos et al., 2022).

Diante desse cenário, o presente artigo tem como objetivo estimar, com base em dados secundários, o balanço de carbono das pastagens no Espírito Santo conforme seu vigor (alto, médio e baixo) e simular o potencial de mitigação de GEE por meio da recuperação de áreas degradadas para pastagens de alto vigor. A proposta busca demonstrar como o cruzamento de bases públicas, como MapBiomias e SEEG, pode subsidiar políticas estaduais de incentivo à sustentabilidade rural e orientar estratégias de PSA e inserção no mercado de carbono no Estado.

## Metodologia

Este estudo utilizou uma abordagem quantitativa e descritiva baseada em dados secundários para estimar o balanço de carbono das pastagens no estado do Espírito Santo, considerando diferentes níveis de vigor da vegetação. A análise foi conduzida a partir de três etapas principais: obtenção de dados de área, definição de fatores de balanço de carbono por hectare e simulação de cenários de recuperação de pastagens.

## Base de dados

Os dados de área por classe de vigor (baixo, médio e alto) foram obtidos na plataforma MapBiomias, coleção 9.0, por meio do módulo de Análises Ambientais – Condição de Vigor da Pastagem, com recorte territorial para o estado do Espírito Santo e ano-base de 2023. Essas informações subsidiaram a estimativa da distribuição espacial das pastagens segundo o nível de vigor, apresentada na seção de resultados.

## Fatores de emissão e remoção

A estimativa de emissão ou remoção de carbono por classe de vigor da pastagem foi baseada no Relatório Analítico do Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG, 2024), que apresenta dados nacionais de balanço de carbono do solo, discriminados por tipo de uso da terra e práticas de manejo. Para o cálculo dos fatores médios por hectare, utilizou-se a área de pastagens por classe de vigor no Brasil (MapBiomias, 2023) associada às respectivas emissões ou remoções totais de carbono, conforme registrado pelo SEEG para o ano de 2023.

Para os fatores estimados, foi realizada a razão entre emissão/remoção total e a área nacional ocupada por cada classe, utilizado na simulação dos cenários para estimar o potencial de mitigação de emissões por meio da recuperação de pastagens no Espírito Santo.

## Simulação de cenários

Foram simulados quatro cenários de distribuição de áreas por classe de vigor, mantendo constante o total de pastagens no Espírito Santo:

- **Cenário Atual:** representa a situação observada no MapBiomias (2023), com predominância de pastagens de vigor médio (53%) e presença de áreas de baixo vigor (28%). Este cenário foi adotado como linha de base para as comparações.
- **Cenário Moderado (50% de redução da degradação):** simula a diminuição pela metade da área atual de pastagens de baixo vigor, com redistribuição proporcional para as classes superiores. Esse cenário reflete uma estratégia de mitigação realista no médio prazo, alinhada a metas intermediárias de políticas públicas como o Plano ABC+ (2020-2030), que prevê a recuperação de 30 milhões de hectares de pastagens degradadas no país ao longo da década.
- **Cenário Avançado (substituição gradual):** pressupõe a eliminação total das áreas de pastagens de baixo vigor, convertendo-as em áreas de vigor médio, enquanto as pastagens classificadas como de vigor médio são reclassificadas como de alto vigor. Esse cenário representa um estágio ambicioso de intensificação sustentável e uso de tecnologias já consolidadas para recuperação produtiva e ambiental de áreas pastoris. A proposta está alinhada aos compromissos internacionais de mitigação climática assumidos pelo Brasil, como o Acordo de Paris (2015), que estabelece a meta de reduzir as emissões nacionais em 37% até 2025 e 43% até 2030, com base nos níveis de 2005, e a restauração de 15 milhões de hectares de pastagens degradadas até 2030. Também está de acordo com o Plano ABC+ (2020-2030), principal instrumento setorial da política climática agropecuária brasileira, que orienta a ampliação de práticas de agricultura de baixa emissão e a intensificação sustentável da pecuária.
- **Cenário Ideal (100% pastagens de alto vigor):** considera a conversão total das pastagens capixabas em áreas de alto vigor, representando um limite teórico máximo de mitigação, útil para estimar o potencial total de remoção líquida se houvesse recuperação plena. Embora pouco provável no curto prazo, esse cenário serve como referência estratégica para planejamentos de longo prazo.

- Em cada cenário, foi aplicado o fator específico de emissão ou remoção por hectare, conforme a classe de vigor, permitindo calcular o balanço de carbono total do setor de pastagens no Estado.

## Referencial Teórico

### 1. Pastagens e mudanças climáticas

As mudanças climáticas representam um dos maiores desafios globais contemporâneos, afetando diretamente os sistemas agrícolas e pastoris. As alterações nos padrões de precipitação, aumento das temperaturas e intensificação de eventos extremos comprometem a produtividade e a estabilidade dos ecossistemas, exigindo a adoção de estratégias eficazes de mitigação e adaptação no setor agropecuário (Angellotti; Giongo, 2019; IPCC, 2023).

No Brasil, a pecuária extensiva baseada em pastagens é uma das principais formas de uso da terra e, ao mesmo tempo, uma importante fonte de emissões de GEE, especialmente metano (CH<sub>4</sub>), oriundo da fermentação entérica dos ruminantes, e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), resultante da decomposição de dejetos e do manejo de solo (SEEG, 2020; Figueiredo et al., 2023).

Apesar desse passivo ambiental, estudos demonstram que sistemas bem manejados podem atuar como sumidouros de carbono, promovendo o sequestro de CO<sub>2</sub> no solo por meio do acúmulo de biomassa vegetal e da melhoria das condições físico-químicas do solo (Silva; Ribon; Backes, 2023). O balanço líquido de carbono das pastagens depende fortemente do nível de degradação e das práticas de manejo adotadas, o que torna a intensificação sustentável uma estratégia-chave para mitigar os impactos climáticos da pecuária (Costa Junior, 2020).

Estudos demonstram que a degradação das pastagens leva à perda de matéria orgânica e à emissão de CO<sub>2</sub> para a atmosfera (Oliveira et al., 2016). Por outro lado, sua reabilitação, com base em práticas sustentáveis, pode restaurar a capacidade de sequestro de carbono no solo, com estoques semelhantes ou até superiores aos observados em vegetação nativa (Oliveira, 2018). A ciclagem eficiente promovida por raízes profundas, o baixo revolvimento do solo e a deposição de resíduos vegetais mais estáveis são elementos-chave nesse processo (Sant'Anna et al., 2017; Sato et al., 2019).

O manejo das pastagens tem se destacado como uma estratégia relevante pois contribui com o aumento do estoque de carbono no solo e na redução das emissões de CO<sub>2</sub> para a atmosfera (Rosa; Sano; Rosendo, 2014). Estratégias como a adubação equilibrada, o consórcio com leguminosas, o manejo rotacionado e os sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) são amplamente reconhecidos pela Embrapa (2020) como práticas eficazes para a intensificação sustentável da pecuária, promovendo ganhos produtivos e ambientais, inclusive no balanço de carbono.

Além disso, iniciativas governamentais como o Plano ABC+ (2020-2030) e a Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) do Brasil têm incorporado metas ambiciosas para a mitigação das emissões do setor agropecuário, reconhecendo o papel estratégico da agropecuária e do uso da terra na transição para uma economia de baixo carbono. O Plano ABC+ estabelece a meta de recuperar 30 milhões de hectares de pastagens com algum grau de degradação até 2030. Já a NDC brasileira, revisada em 2024, reafirma o compromisso de reduzir em 53% as emissões de gases de efeito estufa até 2030, com base nos níveis de 2005 (MAPA, 2021; Brasil, 2024).

Assim, as pastagens ocupam um lugar estratégico na agenda climática brasileira. Sua recuperação e manejo sustentável não apenas diminuem emissões e aumentam as remoções, como também contribuem com a segurança alimentar, conservação dos recursos naturais e promoção da resiliência frente às mudanças do clima.

## 2. Manejo de Pastagens: Degradação, Recuperação e Benefícios Ambientais

As pastagens desempenham papel central na ocupação do território rural brasileiro, mas sua produtividade e sustentabilidade vêm sendo comprometidas por um processo histórico de manejo inadequado (Teixeira; Gomes, 2022).

A degradação das pastagens ocorre de forma gradual e contínua, podendo ser identificada por alterações no vigor da vegetação, como a redução da densidade de cobertura, o predomínio de espécies invasoras, a perda de biomassa e a compactação do solo (Dias-Filho, 2017).

Esses sinais refletem a perda da capacidade produtiva e ecológica das áreas, comprometendo tanto o desempenho zootécnico quanto os serviços ecossistêmicos prestados pelos sistemas pastoris (Dias-Filho, 2023). Além dos impactos diretos sobre a produção pecuária, a degradação está frequentemente associada à abertura de novas áreas, uma vez que produtores tendem a substituir pastagens improdutivas por áreas naturais, contribuindo para o avanço do desmatamento e para a conversão de ecossistemas nativos (Carvalho et al., 2017; Ramos et al., 2021).

A reversão desse cenário passa pela adoção de estratégias de recuperação e intensificação sustentável, capazes de restituir a funcionalidade ecológica e produtiva das áreas de pastagem (Dias-Filho et al., 2024). Entre as práticas mais recomendadas estão o ajuste da taxa de lotação, a calagem e adubação do solo, conforme análise agrônômica, a escolha adequada de forrageiras e o consórcio com leguminosas fixadoras de nitrogênio (Santini et al., 2015). Essas medidas promovem não apenas o aumento da produtividade, mas também a melhoria da qualidade da dieta animal, o equilíbrio dos nutrientes no solo e o restabelecimento da cobertura vegetal (Dias-Filho et al., 2024).

Outro aspecto relevante da recuperação de pastagens é o seu potencial de gerar múltiplos benefícios ambientais. Além da mitigação climática por meio do sequestro de carbono no solo e da redução da pressão por novas áreas de desmatamento, as áreas recuperadas contribuem para o controle da erosão e a conservação da biodiversidade (Borghini et al., 2018). No contexto do Espírito Santo, onde boa parte das pastagens apresentam sinais de degradação, estima-se que a recuperação possa liberar terras para outros usos produtivos ou para conservação ambiental, ampliando a oferta de serviços ecossistêmicos (Espírito Santo, 2023).

A literatura também aponta que os sistemas agrossilvipastoris e os sistemas integrados de produção, como a ILPF, promovem sinergias entre conservação e produtividade, oferecendo uma alternativa sustentável para agricultores familiares e grandes produtores (Espírito Santo, 2023; CONTAG, 2025). Tais sistemas aumentam a diversificação da renda, melhoram o conforto térmico animal e contribuem para a resiliência dos sistemas produtivos frente às mudanças climáticas (Nicodemo, 2018).

## 3. Políticas públicas, PSA e monitoramento territorial

O PSA tem sido incorporado às políticas públicas brasileiras como uma estratégia complementar de incentivo à conservação ambiental e ao uso sustentável da terra. A Lei Federal nº 14.119/2021 institucionalizou a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais, definindo critérios, objetivos e instrumentos operacionais, incluindo o Cadastro Nacional de PSA e o Programa Federal de PSA. Essa legislação representa um marco na formalização da valorização dos serviços ecossistêmicos prestados por áreas naturais e manejadas de forma sustentável (Brasil, 2021; Vilela, 2023).

Nos âmbitos estaduais e municipais, diversas iniciativas têm se destacado. No Espírito Santo, o Programa Reflorestar se consolidou como um dos exemplos mais expressivos de PSA no país.

Avaliações empíricas indicam que o programa contribuiu para o aumento da cobertura florestal nativa e a adoção de práticas produtivas mais sustentáveis por parte dos beneficiários. No entanto, os próprios autores alertam que os efeitos positivos de programas semelhantes em outros contextos, como em Uganda, tendem a diminuir após a interrupção dos pagamentos, o que reforça a importância de políticas duradouras e integradas a estratégias mais amplas de governança ambiental (Bucher; Seixas, 2023).

Além disso, a relação entre políticas públicas e sustentabilidade socioambiental também é evidenciada por instrumentos como o Programa Produtor de Água da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), que integra práticas de conservação com objetivos de segurança hídrica, e por projetos de restauração ecológica com potencial de geração de renda e inclusão social. Tais arranjos reforçam o caráter multifuncional das políticas ambientais quando articuladas com ações de governança territorial e apoio técnico aos produtores (Távora; Silva; Turetta, 2018).

## Resultados

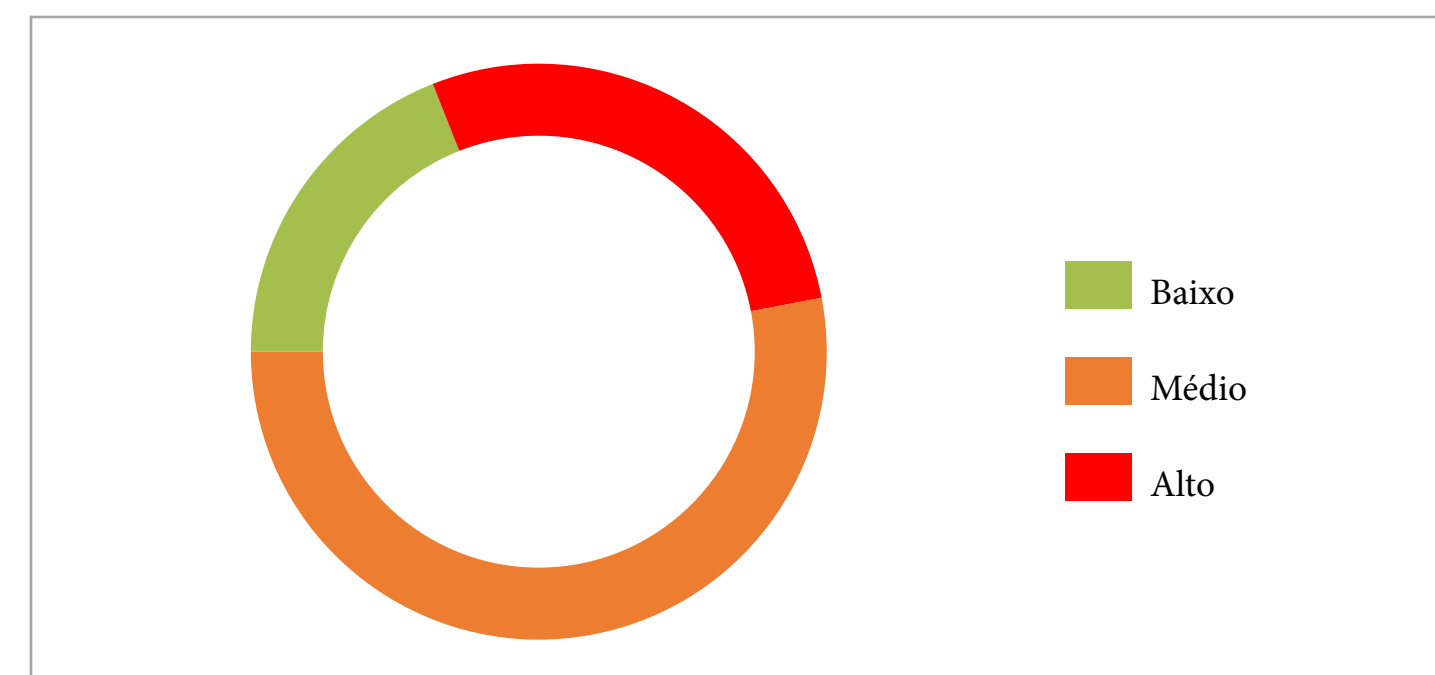
A Tabela 1 apresenta a distribuição das áreas de pastagens no Espírito Santo em 2023, conforme o vigor da vegetação. Observa-se que mais da metade das áreas (53%) apresenta vigor médio, enquanto 28% estão classificadas como de baixo vigor, indicando que mais de 80% das pastagens do Estado se encontravam em algum grau de degradação. Apenas 19% das pastagens apresentam alto vigor (Figura 1). Esses valores refletem um elevado potencial de melhoria ambiental por meio da recuperação dessas áreas, além da importância de estratégias de recuperação como ferramenta de mitigação.

Tabela 1 - Distribuição das pastagens por classe de vigor no Espírito Santo (2023).

Classe de Vigor	Área (ha)	Proporção (%)
Baixo	682.359	28%
Médio	1.291.451	53%
Alto	473.149	19%
<b>Total</b>	<b>2.446.959</b>	<b>100%</b>

Fonte: Adaptado de MapBiomias (2023).

Figura 1 - Proporção das pastagens por classe de vigor no Espírito Santo em 2023.



Fonte: Adaptado de MapBiomias (2023).

Com a razão entre emissão/remoção total e a área nacional ocupada por cada classe, foram encontrados os fatores estimados (Tabela 2):

- **Baixo vigor:**  $37.300.000 \text{ tCO}_2\text{e} \div 51.639.563 \text{ ha} = 0,72 \text{ tCO}_2\text{e/ha}$
- **Médio vigor:**  $7.600.000 \text{ tCO}_2\text{e} \div 61.241.935 \text{ ha} = 0,12 \text{ tCO}_2\text{e/ha}$
- **Alto vigor:**  $-132.500.000 \text{ tCO}_2\text{e} \div 39.130.057 \text{ ha} = -3,39 \text{ tCO}_2\text{e/ha}$

Tabela 2 - Estimativa dos fatores de emissão ou remoção por hectare segundo o vigor da pastagem (Brasil, 2023).

Classe de Vigor	Área Nacional (ha)	Emissão/Remoção Total (tCO e)	Fator Estimado (tCO e/ha)
Baixo	51.639.563	37.300.000	0.72
Médio	61.241.935	7.600.000	0.12
Alto	39.130.057	-132.500.000	-3,39

Fonte: Elaborado pela Autora (2025).

Esses valores foram utilizados como parâmetros na simulação do balanço de carbono das pastagens do Espírito Santo, estimando-se o balanço atual de carbono associado às pastagens capixabas, conforme Tabela 3.

Tabela 3 - Estimativa do balanço de carbono das pastagens no Espírito Santo com base na condição de vigor da vegetação (2023).

Classe de Vigor	Área (ha)	Emissão/Remoção Total (tCO e)	Fator Estimado (tCO e/ha)
Baixo	682.359	492.878,0	0.72
Médio	1.291.451	160.266,0	0.12
Alto	473.149	-1.602.151,0	-3,39
Saldo	2.446.959	-949.007,0	

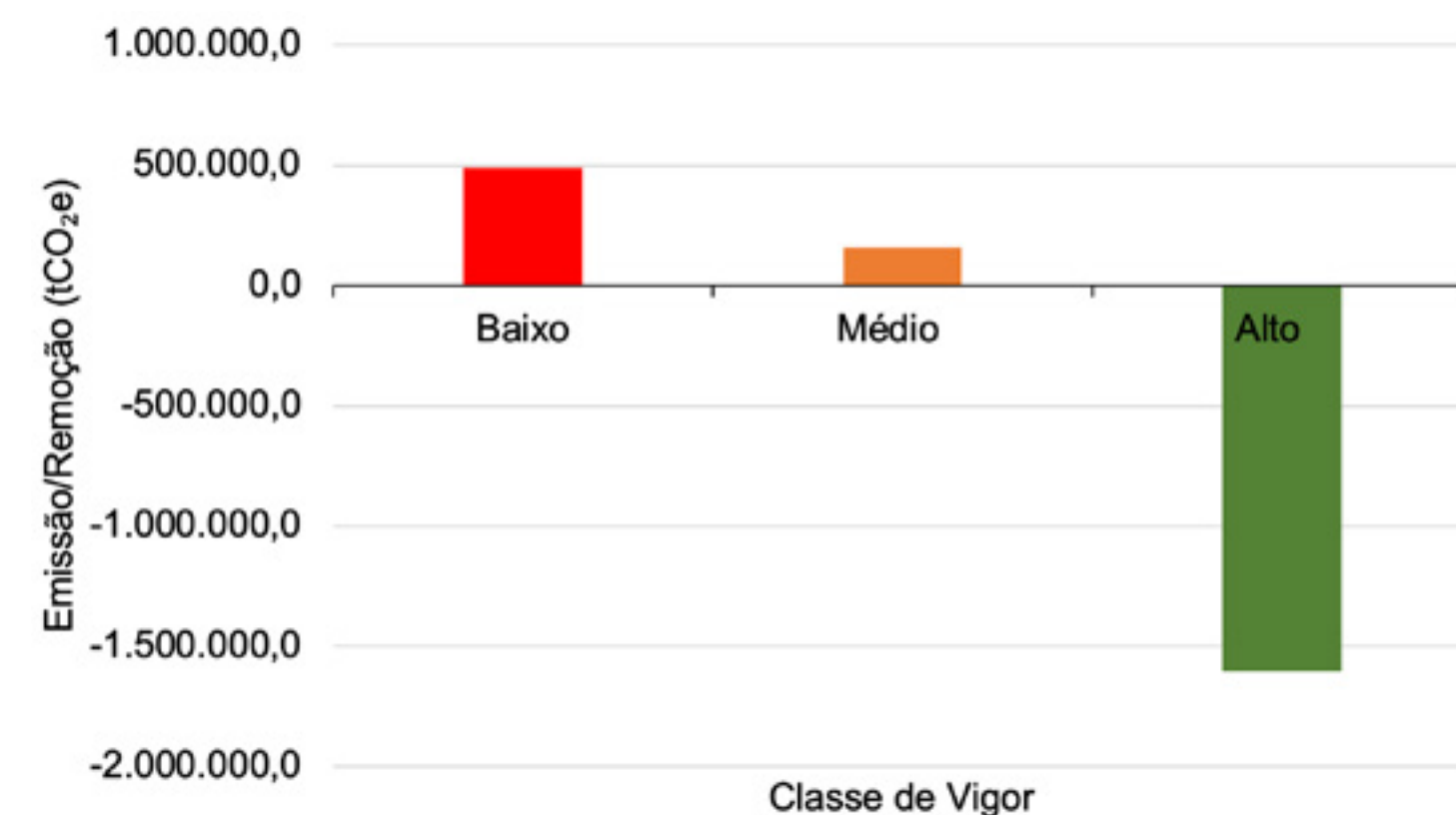
Fonte: Elaborado pela Autora (2025).

O resultado indica que, no cenário atual, o setor de pastagens do Espírito Santo apresenta um saldo líquido negativo de aproximadamente 949 mil toneladas de CO<sub>2</sub>e, caracterizando-se como removedor líquido de gases de efeito estufa. Esse saldo é impulsionado, sobretudo, pelas áreas de pastagens com alto vigor, que, embora representem apenas 19% da área total, contribuem com significativa remoção de carbono da atmosfera, superando as emissões das áreas de vigor baixo e médio.

A Figura 2 ilustra visualmente o balanço de carbono por classe de vigor das pastagens no Espírito Santo. As colunas representam as emissões (valores positivos) e remoções (valores negativos) de CO<sub>2</sub>e por categoria de vigor, evidenciando o papel central das pastagens de alto vigor na compensação das emissões associadas às demais classes. Vermelho indica a contribuição das pastagens de baixo vigor para as emissões, a cor laranja representa o vigor médio e a verde destaca a remoção expressiva promovida pelas áreas de alto vigor.



**Figura 2 - Balanço de carbono estimado das pastagens no Espírito Santo por classe de vigor (2023).**



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

### Simulações de Cenários de Mitigação

A fim de estimar o potencial de abatimento de emissões por meio da recuperação de pastagens no Espírito Santo, foram simulados três cenários alternativos à situação atual. Os cenários consideram a redistribuição das áreas por classe de vigor, mantendo constante o total de pastagens (2.446.959 ha), conforme detalhado na metodologia. A Tabela 4 apresenta os resultados estimados de balanço de carbono em cada cenário.

**Tabela 4 - Balanço de carbono simulado por cenário de vigor das pastagens no Espírito Santo (2023).**

Cenário	Área Baixo Vigor (ha)	Área Médio Vigor (ha)	Área Alto Vigor (ha)	Balanço de Carbono (tCO <sub>2</sub> e)
Atual	682.359	1.291.451	473.149	-949.006
Moderado (50% redução da degradação)	341.180	986.905	1.118.874	-3.419.758
Avançado (substituição gradual)	0	682.359	1.764.600	-5.890.510
Ideal (100% alto vigor)	0	0	2.446.959	-8.285.755

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

No Cenário Moderado, que simula a redução de 50% das áreas de baixo vigor com redistribuição para as classes superiores, observa-se uma diminuição significativa nas emissões líquidas, com o saldo de carbono passando de -949 mil tCO<sub>2</sub>e (cenário atual) para aproximadamente -3,4 milhões tCO<sub>2</sub>e.

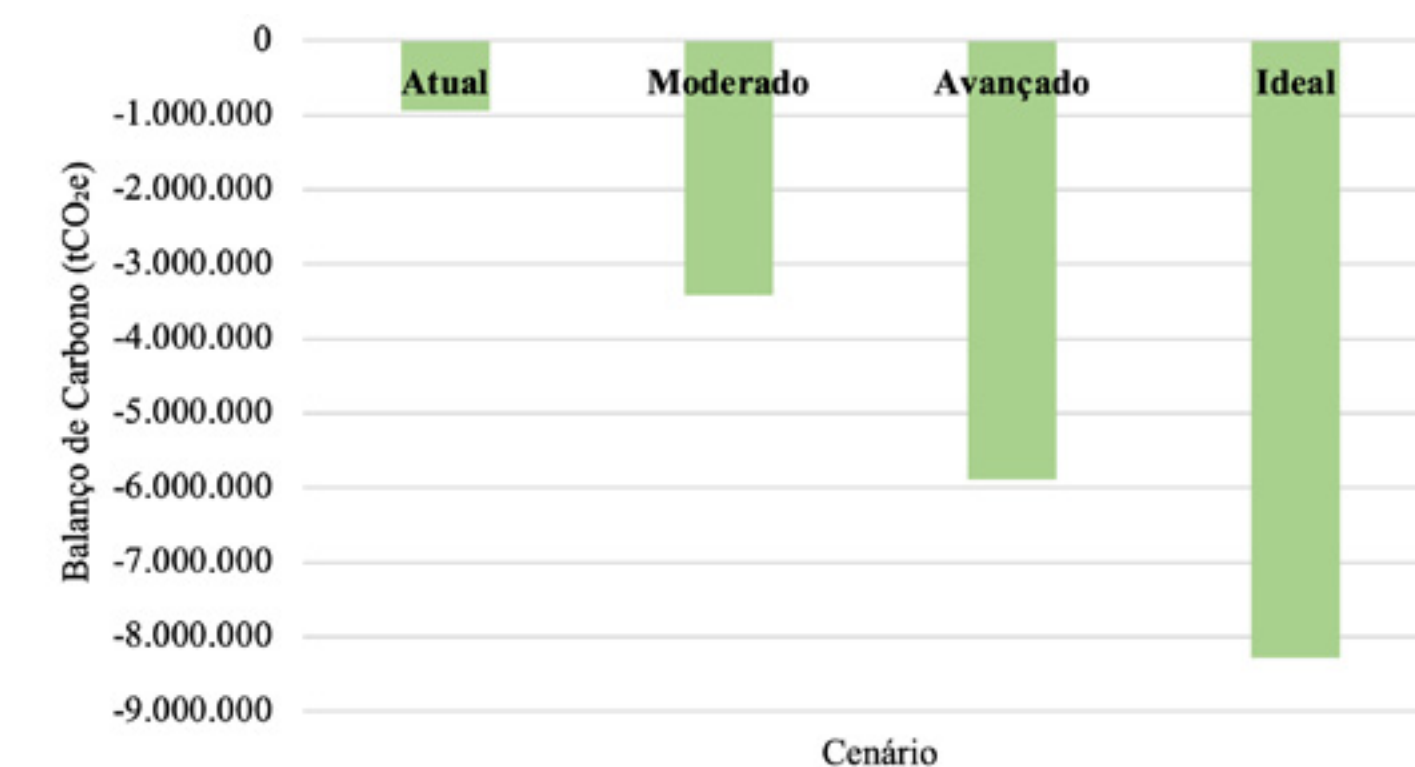
O Cenário Avançado, que elimina completamente as áreas de baixo vigor e promove a conversão das pastagens de médio vigor para alto vigor, apresenta um saldo ainda mais expressivo de remoção líquida, atingindo cerca de -5,9 milhões tCO<sub>2</sub>e. Isso demonstra o impacto potencial de uma

intensificação sustentável da pecuária com uso ampliado de boas práticas de manejo.

Por fim, o Cenário Ideal, que simula a conversão total das pastagens para a condição de alto vigor, representa o limite máximo teórico de mitigação possível com base na recuperação total das áreas. Nesse cenário, o estado alcançaria um saldo de remoção superior a -8,2 milhões tCO<sub>2</sub>e.

A Figura 3 apresenta o balanço de carbono estimado para cada cenário analisado. Observa-se uma tendência clara de aumento na remoção líquida de CO<sub>2</sub>e à medida que há avanço na recuperação do vigor das pastagens. Enquanto o cenário atual apresenta um saldo próximo de -949 mil tCO<sub>2</sub>e, os cenários moderado, avançado e ideal ampliam progressivamente esse valor negativo, indicando maior potencial de mitigação. O cenário ideal, em que todas as áreas são convertidas para pastagens de alto vigor, alcança uma remoção líquida superior a -8,2 milhões de tCO<sub>2</sub>e, evidenciando o papel estratégico das pastagens bem manejadas na agenda climática estadual.

**Figura 3 - Balanço estimado de carbono (tCO<sub>2</sub>e) em diferentes cenários de vigor das pastagens no Espírito Santo.**



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

### Discussão

#### O vigor da pastagem como indicador climático

Os resultados obtidos neste estudo reforçam evidências consolidadas na literatura sobre a relação direta entre o vigor das pastagens e seu papel no balanço de carbono. Pastagens de alto vigor apresentaram saldo expressivo de remoção de CO<sub>2</sub> da atmosfera, o que está em consonância com o relatório do SEEG (2024), que apontou essas áreas como responsáveis por aproximadamente 47% das remoções líquidas associadas ao uso da terra no Brasil em 2023. Esses valores são maiores inclusive que as remoções de florestas plantadas (-7,2 MtCO<sub>2</sub>e) e sistemas ILPF (-115,5 MtCO<sub>2</sub>e).

Estudos de meta-análise também corroboram esses achados. Silva, Ribon e Backes (2023) demonstram que práticas de intensificação sustentável, como adubação equilibrada e manejo rotacionado, podem ampliar significativamente o estoque de carbono no solo. Esses dados destacam que o simples fato de manter áreas de pastagens não garante contribuição climática: é a qualidade e o manejo dessas áreas que determinam seu papel como fonte ou sumidouro de gases de efeito estufa.

Assim, a predominância de pastagens de médio e baixo vigor observada no Espírito Santo limita o potencial de mitigação climática da agropecuária capixaba. A substituição progressiva dessas áreas por pastagens de alto vigor, além de promover ganhos ambientais, pode representar um caminho eficiente e custo-efetivo para a mitigação de emissões no setor rural.

#### Impacto dos cenários simulados na mitigação das emissões

A simulação de cenários demonstrou que a melhoria do vigor das pastagens, mesmo sem expansão de área, pode gerar ganhos expressivos no balanço de carbono do setor agropecuário capixaba. Partindo de um cenário atual com saldo de aproximadamente, -949 mil tCO<sub>2</sub>e, o cenário moderado, com redução de 50% das áreas de baixo vigor, já mais que triplica a remoção líquida, alcançando cerca de -3,4 milhões tCO<sub>2</sub>e. Esse resultado está alinhado às metas intermediárias do Plano ABC+ (2021), que prevê a recuperação de 30 milhões de hectares de pastagens degradadas no país até 2030 como uma das principais estratégias de mitigação no setor.

No cenário avançado, que elimina as áreas de baixo vigor e promove a conversão das pastagens de médio vigor para alto vigor, o saldo de remoção atinge cerca de -5,9 milhões tCO<sub>2</sub>e, indicando o potencial de uma pecuária mais eficiente e intensificada sob bases sustentáveis. Já no cenário ideal, com 100% das pastagens em alto vigor, o Espírito Santo poderia alcançar uma remoção de -8,2 milhões tCO<sub>2</sub>e, valor próximo do observado nas grandes contribuições nacionais estimadas pelo SEEG (2024).

Esses resultados evidenciam que a qualidade do uso do solo, mais do que sua extensão, é determinante para o desempenho na mitigação climática do setor. A intensificação sustentável da pecuária, aliada à adoção de boas práticas de manejo, surge como estratégia viável e escalável para o cumprimento de metas estaduais e nacionais de mitigação.

#### Limitações e caminhos para aprofundamento

Apesar da contribuição deste estudo para o entendimento do papel das pastagens capixabas na mitigação das mudanças climáticas, algumas limitações metodológicas precisam ser reconhecidas. A principal delas diz respeito à utilização de fatores de emissão e remoção derivados de dados nacionais (SEEG e MapBiomass), o que implica em uma generalização que pode não capturar as especificidades edafoclimáticas e de manejo do estado do Espírito Santo. A adoção de médias nacionais foi uma escolha metodológica orientada pela disponibilidade e confiabilidade dos dados, mas futuros estudos podem aprimorar as estimativas com medições locais ou regionalizadas de carbono no solo.

Outro ponto que merece aprofundamento é a avaliação de custos econômicos e barreiras práticas à transição para pastagens de alto vigor. Embora a simulação do cenário ideal indique grande potencial de remoção, sua viabilidade depende de fatores como acesso a crédito, assistência técnica e estrutura de incentivos compatíveis com a realidade dos produtores.

Portanto, este estudo deve ser interpretado como um exercício exploratório, útil para subsidiar políticas públicas e priorizações territoriais, mas que pode ser expandido por pesquisas futuras mais detalhadas, com foco em validação empírica, estimativas integradas de GEE e análises custo-benefício.



Paranaensis, Marechal Cândido Rondon, v. 22, n. 1, p. 27–38, 2023.

TÁVORA, G. S. G.; SILVA, A. S.; TURETTA, A. P. D. **Análise da política por pagamento por serviços ambientais como um instrumento para sustentabilidade socioambiental.** Geosul, Florianópolis, v. 33, n. 66, p. 29–47, jan./abr. 2018.

TEIXEIRA, T. A.; GOMES, R. S. **Diagnóstico do nível de degradação de pastagens em propriedades do Distrito Federal.** Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, São Paulo, v. 8, n. 3, p. 688–699, mar. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.51891/rease.v8i3.4627>. Acesso em: 5 maio 2025.

VILELA, S. L. O. **Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) em uma visão panorâmica: contribuições ambientais, econômicas e sociais.** Revista Raízes, Campina Grande, v. 43, n. 2, p. 349–365, jul./dez. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.37370/raizes.2023.v43.845>. Acesso em: 6 maio 2025.

# Potencialidades para geração de energias renováveis no estado do Espírito Santo.

Raphael Rodrigues de Oliveira<sup>1</sup>

## Resumo

As discussões sobre energias renováveis ganharam destaque a partir das décadas de 1960 e 1970 impulsionadas pela crescente conscientização ambiental e pelas crises do petróleo. Mais recentemente, esse debate tem se intensificado com as crescentes preocupações relacionadas às mudanças climáticas, reforçadas por eventos como a Rio-92, a criação da Convenção-Quadro da ONU sobre Mudança do Clima, as Conferências das Partes (COPs), os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e os Acordos de Paris. A literatura atual não converge sobre os fatores que influenciam o desenvolvimento e os investimentos em energias renováveis. Diante disso, este artigo, por meio de revisão bibliográfica e análise documental, busca contribuir com esse debate, identificando oito fatores de potencialidade para energias renováveis no Espírito Santo. A consolidação dessas informações, originalmente dispersas, oferece uma visão integrada do cenário estadual, servindo como referência para investidores e formuladores de políticas públicas, e um modelo replicável para outras unidades federativas e municípios.

**Palavras-chave:** Energias renováveis; Potencialidades; Espírito Santo; Mudanças Climáticas.

## Abstract

Discussions on renewable energy gained prominence in the 1960s and 1970s, driven by growing environmental awareness and the oil crises. More recently, this debate has intensified due to increasing concerns about climate change, reinforced by events such as the Rio-92 Conference, the establishment of the United Nations Framework Convention on Climate Change, the Conferences of the Parties (COPs), the Sustainable Development Goals, and the Paris Agreements. Current literature does not converge on the factors that influence the development and investment in renewable energy. In this context, this article, through a literature review and documentary analysis, seeks to contribute to the debate by identifying eight potential factors for renewable energy development (RED) in the state of Espírito Santo. The consolidation of these originally dispersed elements provides an integrated view of the state-level landscape, serving as a reference for investors and public policymakers, as well as a replicable model for other federative units and municipalities.

**Keywords:** Renewable Energy; Potentialities; State of Espírito Santo; Climate Change.

<sup>1</sup>Bacharel em Ciências Econômicas e Mestre em Política Social (UFES), e Doutor em Economia (UFU). Analista do Executivo da Secretaria de Economia e Planejamento (SEP-ES). [raphael.oliveira@sep.es.gov.br](mailto:raphael.oliveira@sep.es.gov.br). Artigo elaborado em maio de 2025.

<sup>2</sup>No caso do Brasil, pode ser mencionado o caso do Pró-Álcool que envolveu subsídios e incentivos fiscais, e tinha um claro objetivo de diversificação da matriz energética e redução da dependência em relação aos combustíveis fósseis, resultando no desenvolvimento da tecnologia flex-fuel.





## Introdução

A discussão sobre energias renováveis remonta inicialmente às décadas de 1960 e 1980 do ponto de vista político-social, a partir dos alertas de ambientalistas, e político-econômico, considerando as crises do petróleo da década de 1970 e seus efeitos sobre diversos países, que motivaram iniciativas de substituição de fontes de energia<sup>2</sup>. Mais recentemente, o tema ganhou protagonismo em fóruns públicos e privados, gerando iniciativas de política econômica e social que assumem o caráter de política ambiental em diferentes níveis de governo.

Na literatura recente sobre o tema, a discussão sobre quais elementos e fatores influenciam no desenvolvimento e nas decisões de investimento em energias renováveis tem assumido relevância, mas ainda sem consenso. Dessa forma, este artigo propõe um estudo de caso do estado do Espírito Santo, analisando, com base na literatura, elementos que indicam seu potencial para o desenvolvimento das energias renováveis e que podem ser replicados por outras unidades federativas e municípios.

Foram identificadas oito potencialidades no estado que vão além de uma abordagem convencional que teria como enfoque a dotação de fatores naturais. Para além desse elemento, que é importante, mas não suficiente, menciona-se o ambiente, no sentido de vigência da agenda, a conjuntura, em termos de disponibilidade de recursos e os fluxos financeiros internos e externos, os arranjos produtivos locais e os diagnósticos resultantes de esforços entre o setor público, o setor produtivo, o âmbito acadêmico e a participação da sociedade civil, o arcabouço institucional, a partir de programas de incentivos e metas que conformam um aparato legal, o arcabouço financeiro, mediante a oferta específica de linhas de crédito pelos dois bancos públicos do estado, e a economia de escopo considerando setores o estabelecimento e a experiência acumulada de setores econômicos adjacentes no estado.

Ademais, as potencialidades suscitam as oportunidades, e dessa forma cabe ressaltar que a participação das energias renováveis na oferta bruta interna de energia e na geração de energia elétrica, ainda é incipiente no estado em comparação ao nível nacional, havendo espaço para a sua expansão, com diversas iniciativas em curso nesse sentido

A relevância deste artigo reside na sistematização das potencialidades do Espírito Santo para a geração de energias renováveis, atualmente dispersas em fontes diversas, como estudos técnicos, portais governamentais, páginas de instituições financeiras estaduais (BANESTES e BANDES), entre outras. Essa fragmentação de informações dificulta o acesso a uma visão integrada e atualizada do cenário energético estadual por parte de stakeholders, investidores e formuladores de políticas públicas. Ao consolidar essas informações em um único estudo, o artigo contribui para preencher uma lacuna na literatura e oferece uma referência estruturada e acessível sobre o tema. Ademais, a identificação e categorização das oito potencialidades, ancoradas nas diretrizes conceituais presentes na literatura especializada também permite a replicação da metodologia por outras unidades federativas interessadas em mapear e valorizar seus ativos em energias renováveis.

Além dessa introdução, o artigo também conta com seções sobre a metodologia utilizada, o referencial teórico, os resultados a partir da apresentação das oito potencialidades e a discussão em termos de oportunidades.

<sup>2</sup>No caso do Brasil, pode ser mencionado o caso do Pró-Álcool que envolveu subsídios e incentivos fiscais, e tinha um claro objetivo de diversificação da matriz energética e redução da dependência em relação aos combustíveis fósseis, resultando no desenvolvimento da tecnologia flex-fuel.

## Metodologia

Para alcançar os resultados almejados neste trabalho, utilizou-se uma revisão bibliográfica da literatura internacional e nacional sobre energias renováveis, com ênfase na discussão dos fatores que influenciam o desenvolvimento do setor. Como o objeto deste estudo são as potencialidades no estado do Espírito Santo, realizou-se uma análise documental de legislação, documentos técnicos, diagnósticos e conteúdos institucionais disponíveis em websites de órgãos do governo estadual e de instituições diretamente relacionadas ao tema, selecionados por critérios de pertinência ao objeto, de autoria institucional identificável e de disponibilidade pública. A consolidação das informações foi conduzida por meio de análise temática do material selecionado, envolvendo leitura, extração e codificação de evidências, seguida do agrupamento em temas e da consolidação em eixos analíticos, resultando nas oito potencialidades apresentadas na seção de resultados.

## Referencial Teórico

A literatura especializada aponta a ausência de uma metodologia padronizada para avaliar as potencialidades locais para o desenvolvimento das energias renováveis e o desenvolvimento deste setor e servir de informação aos stakeholders. Por exemplo, Mirza et al. (2024) reconhecem que uma das grandes deficiências no desenvolvimento das energias renováveis é a análise do que denominam “the policy space that promotes or hampers renewable energy growth” (p. 1). Os autores fizeram uma ampla análise bibliográfica de textos de diversas disciplinas, como engenharia elétrica, governança e administração, política energética e economia e mercados de energia, e chegaram à identificação de cinco (5) temáticas principais (institucional, ambiental, finanças, socio-cultural, técnica) que envolvem 144 fatores.

No mesmo sentido, Wang et al. (2023) também corroboram com a questão ao dizerem “there is no consensus among previous studies on the critical influence factors (CIFs) for RED<sup>3</sup> and their importance level or even influence direction, which makes it difficult to theorize the research on RED in the realm of forecasting and policy”. Além disso, os autores englobam os fatores em cinco categorias (políticos, econômicos, ambientais, sociais, tecnológicos), com 14, 8, 6, 9 e 7 fatores críticos de influência cada um, respectivamente, totalizando 44 fatores. Ainda, apontam a frequência de cada um desses fatores, sendo que os de maior frequência em cada categoria podem ser vistos no quadro a seguir.

### Quadro 1 – Fatores críticos de influência de maior frequência na literatura sobre desenvolvimento do setor de energias renováveis.

Categoria	Fator crítico de influência	Medida
Política	Regulamentação orientada para o mercado	Preço do carbono
Econômico	PIB per capita	PIB per capita
Ambiental	Dotação natural	Horas de sol ou de precipitação anual
Social	População	Tamanho da população
Tecnológico	Pesquisa e Desenvolvimento	Investimento em pesquisa e desenvolvimento

Fonte: Wang et al. (2023, p. 62222-62223). Elaboração do autor.

De maneira similar, Kilinc-Ata e Dolmatov (2022), fazem uma análise sobre quais fatores influenciam decisões de investimento em energias renováveis. Utilizando metodologia econométrica de dados em painel para 34 países da OCDE e os cinco países membros dos BRICS, chegam à conclusão que crescimento econômico, política para energias renováveis e investimentos em pesquisa

<sup>3</sup>RED é utilizado como abreviação para Renewable Energy Development.

e desenvolvimento tem significância estatística e relação positiva com as capacidades de energias renováveis, sugerindo que a regulação governamental por meio de políticas e os investimentos em pesquisa e desenvolvimento são essenciais para a decisão de investimento em energias renováveis.

Para sintetizar, Andruszków et al. (2024) tratam a questão como “determinantes para o desenvolvimento das energias renováveis”, apontando para sete (7) fatores: políticas governamentais e arranjo regulatório; fatores econômicos; recursos naturais e condições geográficas; aceitação social e percepção pública; avanços tecnológicos; preocupações ambientais e mudanças climáticas; transição da indústria energética tradicional. Schaefer e Atreya (2023), apontam para aspectos geográficos, técnicos, tecnológicos, e econômicos como categorias de potenciais.

Do ponto de vista da literatura brasileira sobre o tema, Pagel, Campos e Carolino (2018), abordam essa discussão do ponto de vista dos principais desafios para o desenvolvimento das energias renováveis, elencando fatores econômicos a partir de custos concorrentes de tecnologias emergentes e estabelecidas, e não econômicos. Para este segundo caso, listam questões associadas à incerteza política e regulatória, ao ambiente institucional e administrativo, à estrutura de mercado, aos mecanismos de financiamento (subsídios e incentivos fiscais), à infraestrutura (dificuldade de o sistema energético estabelecido integrar e absorver as fontes renováveis), à falta de conscientização e de pessoal especializado e à aceitação pública e barreiras ambientais.

No caso específico deste trabalho, trata-se de estudo de caso de uma unidade da federação, o Espírito Santo, em que, a partir de análise documental, foram identificadas oito potencialidades, conforme será visto a seguir.

## Resultados

A ideia de potencialidades refere-se às capacidades intrínsecas que podem ser direcionadas para determinada finalidade. Ao contrário do que poderia se pensar sobre as potencialidades das energias renováveis como restritas à dotação de fatores naturais, o entendimento que será exposto adiante, com base na literatura apresentada, estende-se além desses fatores, abrangendo desde a relevante discussão sobre a dotação de fatores naturais — necessários, mas não suficientes — até aspectos institucionais e financeiros. Nesse sentido, serão apresentadas oito (8) potencialidades para a geração de energias renováveis no estado do Espírito Santo, sendo elas: a dotação de fatores naturais; o ambiente; a conjuntura; os arranjos locais; o diagnóstico; o arcabouço institucional; o arcabouço financeiro; e a economia de escopo. Em conjunto, esses elementos conformam uma ampla gama de potencialidades a serem exploradas sob a ótica da atração de investimentos, do desenvolvimento do setor e da capacidade de geração desse tipo de fonte de energia dentro do estado, e serão detalhados individualmente a seguir.

O primeiro elemento, e quizá o principal, por ser necessário, é o potencial natural, isto é, a dotação de fatores naturais a serem utilizados como fontes de energia renovável. Na ausência desses fatores, os demais elementos potenciais que serão elencados a seguir, apesar da sua importância, ou não teriam sua existência justificada, ou seriam bastante limitados em termos de sua capacidade de contribuir para a geração de energias renováveis<sup>5</sup>. Ressalta-se que, no âmbito da economia, a

<sup>4</sup>Por se tratar de um estudo para a Polônia, é mencionado o caso da indústria de carvão.

<sup>5</sup>No relatório Climatescope da BloombergNEF de 2024, é feita menção sobre essa situação em relação ao Brasil: “Brazil is blessed with the natural resources necessary for these technologies to function, but supportive policies such as auctions and net metering have helped them get off the ground.” (BLOOMBERGNEF, 2024, p. 50).



dotação de fatores possibilita o desenvolvimento do que se denomina por vantagem comparativa.

De maneira a exemplificar a questão do potencial derivado da dotação de fatores naturais para a geração de energias renováveis no estado do Espírito Santo, destaca-se que, além da faixa litorânea compreender um território de aproximadamente 400 km, segundo dados do último estudo sobre o mapa solar do estado, elaborado pela então Agência de Serviços Públicos de Energia do Estado do Espírito Santo (ASPE), o Brasil possui média anual diária de irradiação solar global entre 3,8 e 6,5 kWh/m<sup>2</sup>/dia e o estado entre 5,2 e 4,8 kWh/m<sup>2</sup>/dia. Há países com médias de irradiação inferiores às do Brasil e do Espírito Santo, mas que “possuem grande aproveitamento dos recursos solares, alguns com projetos que contam com fortes incentivos governamentais” (ASPE, 2013, p. 18). No que se refere à energia eólica, o Atlas Eólico do Espírito Santo (SECTI, 2021)<sup>6</sup>, aponta que o potencial de geração no estado é de aproximadamente 160 mil GW, sendo 142 mil offshore e 18 mil onshore, o que corresponde a cerca de 30% do que foi consumido de energia elétrica no Brasil no ano de 2021.

Quanto ao potencial relacionado ao ambiente, o entendimento refere-se à vigência da agenda das energias renováveis no contexto atual, seja no setor público, privado ou na sociedade, tanto ao nível nacional quanto internacionalmente. A perspectiva das iniciativas de governança ESG, dos acordos e compromissos internacionais, como o Acordo de Paris, os ODS e as COPs, sendo a próxima sediada em Belém-PA em 2025, a reorganização do Ministério do Meio Ambiente com a inclusão de “Mudança do Clima” em sua nomenclatura, o direcionamento de linhas de financiamento nacionais e internacionais e o desenvolvimento de diagnósticos por entidades do setor produtivo, como as Rotas Estratégicas para o Futuro da Indústria, organizadas pela Federação das Indústrias do Espírito Santo (FINDES), além de iniciativas estaduais por meio do Consórcio Brasil Verde, presidido pelo Governador Renato Casagrande, são exemplos que evidenciam a relevância do ambiente institucional e o alinhamento do Espírito Santo com diretrizes nacionais e internacionais.

Do ponto de vista da conjuntura interna e externa, trata-se da disponibilidade e do fluxo de recursos financeiros voltados ao financiamento de projetos na área de energias renováveis. No âmbito interno, destaca-se a convergência de agendas dos governos federal e estadual. No plano federal, observa-se o esforço para orientar o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) a priorizar linhas de crédito destinadas ao financiamento de projetos nesse setor. Entre elas, destacam-se o Finem – Geração de Energia, o Fundo Clima e o Finame – Baixo Carbono. Em 2023, o financiamento feito pela instituição para a transição energética aumentou 62% em relação a 2022, e em 2024, as aprovações de crédito para energia limpa tiveram alta de 22% e os desembolsos de 17%, em comparação a 2023, assim como o Fundo Clima, que aprovou valor dez vezes maior do que em 2022 (BNDES, 2025).

Entre outras iniciativas do governo federal, destacam-se medidas recentes da política industrial “Nova Indústria Brasil”, como o Programa Mais Inovação – Energias Renováveis e o Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores (Novo Padis), este último por meio de isenções tributárias voltadas à produção de sistemas de energia solar fotovoltaica.

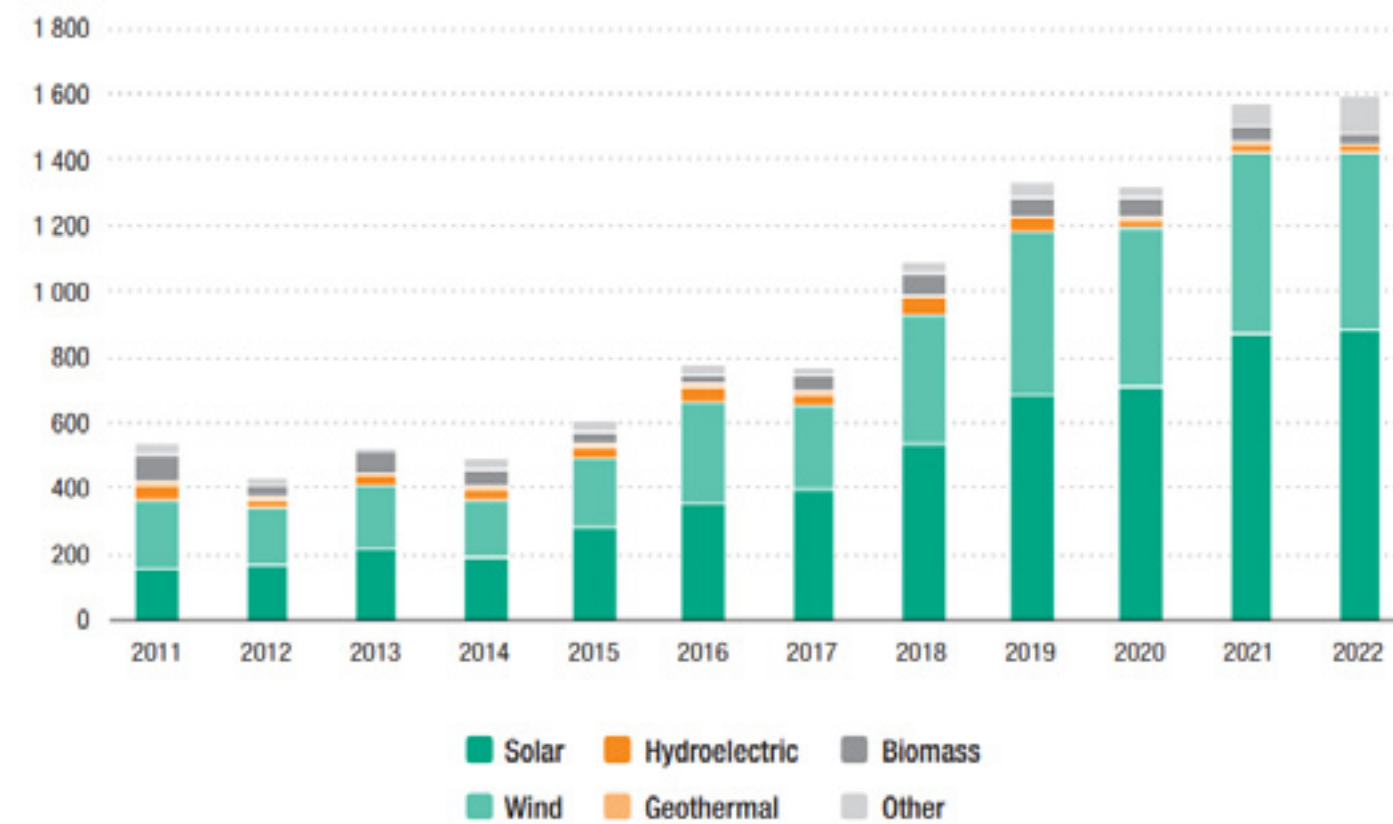
No âmbito externo, observa-se a crescente competição por novos mercados entre empresas multinacionais com matrizes em países pioneiros e líderes na produção de equipamentos e tecnologias

<sup>6</sup>Ressalta-se que o estudo realizado foi uma atualização do atlas eólico elaborado pela ASPE em 2009, e possibilitou uma readequação dos parâmetros do modelo utilizado, o que proporcionou resultados mais robustos e consistentes. No atual contexto, uma indicação plausível seria a atualização do mapa solar.

voltadas às energias renováveis, bem como o aumento dos fluxos de investimento estrangeiro direto relacionados aos projetos do setor<sup>7</sup>. Nesse caso, conforme apontado pelo estudo “World Investment Report 2023 – Investing in Sustainable Energy for All” (UNCTAD, 2023), o número de projetos com financiamento privado internacional no setor de energias renováveis variou 21% entre 2015 e 2022, sendo 8% entre 2021 e 2022<sup>8</sup>, enquanto o número total de projetos com financiamento internacional mais que dobrou no período, com ampla participação de projetos relacionados a geração de energia solar e de energia eólica, como pode ser visto na imagem 1 a seguir.

**Figura 1 – Número de projetos com investimento internacional em energias renováveis entre 2011 e 2022.**

**Figure I.15. International investment projects in renewables, by type, 2011–2022 (Number of projects)**



Fonte: UNCTAD (2023).

Conforme o estudo, entre as economias em desenvolvimento, no Brasil está situado o segundo maior projeto do setor de energias renováveis<sup>9</sup>, e foi o país que mais recebeu investimentos internacionais, com participação de 11%. Em termos de América Latina e Caribe, a situação se repete, mas com o percentual de aproximadamente 40%, respectivamente, no período entre os anos de 2015 e 2022. Essas informações podem ser vistas na imagem abaixo, que junta dois gráficos do referido relatório acerca das informações supracitadas.

**Figura 2 – Dez maiores economias em desenvolvimento e cinco maiores (por região) receptoras de investimento internacional no setor de energias renováveis (2015 – 2022).**

<sup>7</sup>Em estudo do IPEA (NUNES, et. al., 2023) é feita análise sobre o papel da China nesse contexto.

<sup>8</sup>De acordo com (UNCTAD, 2023), 89% do total de projetos são de energia solar e eólica.

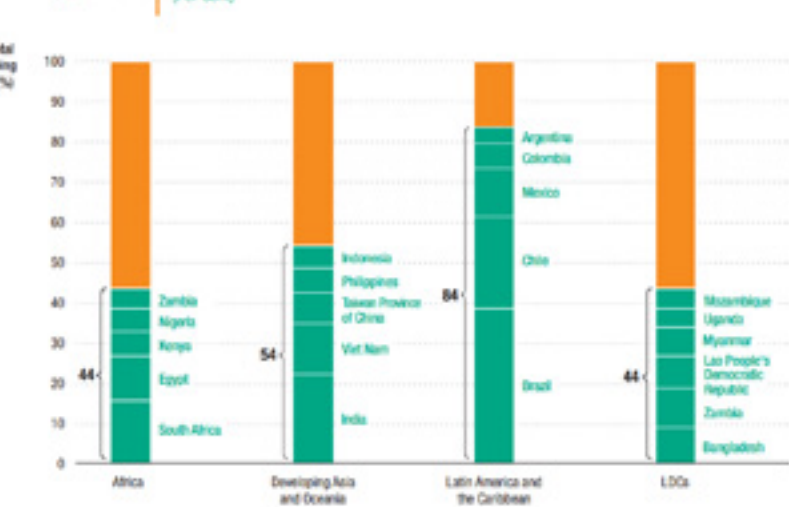
<sup>9</sup>Trata-se da fábrica de energia eólica offshore “Costa Nordeste” no Ceará (UNCTAD, 2023).

**Figure I.13. Top 10 developing economies by international investment in renewable energy, 2015–2022 (billions of dollars and per cent)**



Source: UNCTAD, based on information from The Financial Times. © Markets (www.markets.com) and Refinitiv. Note: Includes international project finance and greenfield investment values.

**Figure I.18. Renewable energy: top five host economies by region, 2015–2022 (Per cent)**



Fonte: UNCTAD (2023).

Outra importante potencialidade para a geração de energias renováveis no Espírito Santo é o esforço conjunto entre setor público, setor produtivo e meio acadêmico na elaboração de diagnósticos, desenvolvimento de tecnologias, captação de recursos, formulação de instrumentos jurídico-econômicos e incentivo à participação da sociedade civil, o que favorece a formação de arranjos produtivos locais.

No setor público, destacam-se iniciativas como a produção de diagnósticos, oferta de crédito por bancos públicos, concessão de incentivos tributários, criação de programas de incentivo com base legal, estruturação de currículos na educação básica, profissional e tecnológica visando formar capital humano qualificado<sup>10</sup>, além da promoção da participação da sociedade civil no planejamento de políticas públicas, por meio de audiências públicas e consultas populares.

O setor produtivo, por sua vez, é o principal agente de investimento e consolidação do setor de energias renováveis, com papel propositivo nos fóruns nacionais e internacionais sobre o tema, articulação com governos e o meio acadêmico para atividades de pesquisa e desenvolvimento e validação dos produtos e processos gerados nessas atividades. Na esfera acadêmica, além da formação de nível superior e de profissionais para pesquisa e inovação, há esforços voltados ao desenvolvimento curricular<sup>11</sup> e à produção de conhecimento alinhados às demandas do setor produtivo e da sociedade.

Enfim, destaca-se a atuação da sociedade civil, por meio de organizações não-governamentais, comunidades locais, associações e cidadãos, que também tem sido estimulada a participar ativamente das discussões sobre planejamento e políticas públicas de médio e longo prazo, revisitando questões comportamentais e desafios nem sempre percebidos pelos demais atores.

<sup>10</sup>Um dos exemplos que pode ser mencionado no âmbito da educação básica e profissional ofertada pela Secretaria de Estado de Educação é o curso técnico em Sistemas de Energia Renovável.

<sup>11</sup>No Espírito Santo, os Institutos Federais oferecem cursos de extensão em energias renováveis e especialização em eficiência energética. A UFES conta com programas de mestrado e doutorado em Energia, com linha de pesquisa em “Petróleo, Gás e Energias Renováveis”, disciplinas nos cursos de Engenharia e o Instituto de Estudos Climáticos, que, em parceria com a FAPES e a Vale, também atua na área com o eixo de pesquisa em energias renováveis. Outras instituições, como UVV, FAESA e UCL, incluem o tema em suas grades de Engenharia. Destaca-se ainda o Centro de Pesquisa, Inovação e Desenvolvimento (CPID), coordenado por UFES e IFES, fruto de parceria entre os governos federal e estadual.

Esse esforço articulado viabilizou outro potencial mediante a produção de diversos diagnósticos ao longo dos anos, elaborados por órgãos públicos, entidades produtivas, universidades e, por vezes, com participação social. Dentre eles, destacam-se o Mapa Solar e o Atlas Eólico, os documentos do projeto Desenvolvimento Regional Sustentável (DRS), o relatório Rotas Estratégicas para o Futuro da Indústria do Espírito Santo – Energia (FINDES, 2022), o Plano de Descarbonização e Neutralização das Emissões de Gases de Efeito Estufa, submetido à consulta pública, e a recente elaboração do terceiro Plano de Desenvolvimento de Longo Prazo (PDLP), com horizonte até 2035 e intitulado ES 500 anos. Esse plano adota a abordagem de “missões” (Mazzucato, 2022), sendo uma delas dedicada às energias renováveis, “Sustentabilidade e Resiliência Climática”. Ressalta-se ainda que o PDLP foi institucionalizado pela Lei nº 12.375/2025, reforçando o compromisso do estado com sua execução.

No que se refere ao potencial institucional-financeiro, o Espírito Santo conta com dois bancos públicos consolidados na área de financiamento ao investimento: o Banco do Estado do Espírito Santo (BANESTES) e o Banco de Desenvolvimento do Estado do Espírito Santo (BANDES). Ambos dispõem de linhas de crédito específicas para o setor de energias renováveis, denominadas, respectivamente, “Crédito Verde” – voltada a veículos híbridos-elétricos e à geração de energia limpa, fotovoltaica e eólica -, “Bandes Solar” e “Baixo Carbono”. As linhas de crédito e os respectivos operadores estão sistematizados no quadro a seguir.

**Quadro 2 – Linhas de crédito disponibilizadas por BANESTES E BANDES destinadas às energias renováveis.**

Linha de Crédito	Operador
Crédito Verde	BANESTES
Bandes Solar	BANDES
Baixo Carbono	BANDES
Fundo Soberano (FIP-FUNSES 01)	BANDES (Agente de desenvolvimento) BANESTES (Agente financeiro)

Fonte: Elaboração do autor a partir de (BANESTES; BANDESa; SEDESa).

Destaca-se, ainda, o papel estratégico do Fundo Soberano do Espírito Santo (FUNSES), cuja atuação inclui o fomento à inovação e à sustentabilidade. O fundo conta com o Fundo de Investimento em Participações (FIP-FUNSES 01), no qual o setor de energias renováveis figura entre as áreas prioritárias, e recentemente foi anunciada a destinação da terceira tranche do fundo para iniciativas de descarbonização e transição energética.

No que se refere ao arcabouço institucional, o Governo do Estado do Espírito Santo conduz diversas iniciativas voltadas à promoção do setor de energias renováveis. Destaca-se o Programa de Geração de Energias Renováveis do Espírito Santo (GERAR), o GERAR Hidrogênio - específico para a cadeia do hidrogênio sustentável, o Programa Capixaba de Mudanças Climáticas, o Programa Capixaba de Carbono e Soluções Baseadas na Natureza, e o Plano de Descarbonização e Neutralização das Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) do Espírito Santo. Cada um desses programas está amparado por normativos legais, conforme apresenta o quadro abaixo.

<sup>12</sup>Sobre o tema, ver: Barbosa (2025).

**Quadro 3 – Arcabouço institucional sobre energias renováveis no Espírito Santo.**

Título	Aparato Legal
Programa de Geração de Energias Renováveis do Espírito Santo (GERAR) <sup>13</sup>	Decreto 4896-R
Programa Capixaba de Mudanças Climáticas	Decreto 5387-R
Programa de Geração de Energias Renováveis da cadeia do Hidrogênio sustentável (GERAR Hidrogênio)	Decreto 5416-R
Programa Capixaba de Carbono e Soluções Baseadas na Natureza	Decreto 5558-R
Plano de Descarbonização e Neutralização das Emissões de GEE do Espírito Santo <sup>14</sup>	Decreto nº 5.656-R

Fonte: Elaboração do autor.

O último dos potenciais elencados refere-se à ideia de economia de escopo, compreendida como a capacidade de utilizar os mesmos fatores de produção para gerar bens e serviços distintos, porém complementares. Um exemplo, segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), “a expertise do setor petrolífero na instalação de estruturas, logística e operações no ambiente marinho poderá beneficiar o desenvolvimento da eólica offshore [...]” (EPE, 2022, p. 307)<sup>15</sup>.

Corroborando esse argumento, levantamento da então Agência EPBR (RUDDY; RAMALHO, 2023) mostra que, até o primeiro trimestre de 2023, 60,8% dos projetos de geração eólica offshore com pedidos de licenciamento junto ao IBAMA estavam localizados nos estados do Rio de Janeiro, Espírito Santo, Ceará e Rio Grande do Norte, regiões

tradicionalmente associadas à indústria petrolífera offshore. Aproximadamente um quarto desses projetos foi requerido por empresas do setor de petróleo, evidenciando o interesse e a capacidade de transição tecnológica entre os setores.

Outro exemplo de economia de escopo é o aproveitamento do potencial agrícola do estado, tanto para a instalação de painéis solares em áreas de cultivo quanto para o uso de resíduos agrícolas como insumo para a geração de energia a partir da biomassa.

Para concluir esta seção, a imagem a seguir sintetiza as oito potencialidades do Espírito Santo para o desenvolvimento do setor de energias renováveis.

<sup>13</sup>Anteriormente ao programa, tiveram duas iniciativas semelhantes no âmbito da Assembleia Legislativa do Estado do Espírito Santo, por meio dos Projetos de Lei nº 364/2017 e 366/2017.

<sup>14</sup>O Plano foi construído em parceria com a FINDES e a UFES, além de ter passado por consulta pública, sendo um exemplo de diagnóstico e de arranjo formado entre setor público, setor produtivo e meio acadêmico. O Decreto associado, diz respeito a comissão de acompanhamento das metas.

<sup>15</sup>Outro ponto importante apontado no estudo da EPE é a diversificação das fontes de energia renováveis no sentido de reduzir a dependência hidráulica pelo fato dessa fonte ser mais suscetível aos efeitos das mudanças climáticas.

**Imagem 3 – Síntese das potencialidades para geração de energias renováveis no estado do Espírito Santo.**



Fonte: Elaboração do autor.

### Discussão

Após a identificação de oito potencialidades para a geração de energias renováveis no Espírito Santo, esta seção discute as oportunidades que o estado oferece para o desenvolvimento do setor, com base nessas potencialidades, no cenário atual e projeções futuras

De acordo com dados da ARSP (2024) e da EPE (2024), no ano de 2023, as energias renováveis representaram apenas 24,2% da oferta interna bruta de energia e 55,9% da geração elétrica no Espírito Santo, abaixo das médias nacionais (49,1% e 93,0%) e próximas das de países da OCDE e do mundo. A tabela a seguir resume esses dados:

**Tabela 1 – Participação de energias renováveis na oferta interna bruta de energia e na geração de energia elétrica.**

Região	Oferta Interna Bruta de Energia	Geração de Energia Elétrica
Espírito Santo (2023)	24,2%	55,9%
Brasil (2023)	49,1%	93,0%
Mundo (2021)	14,7%	28,7%
OCDE (2022)	12,6%	32,5%

Fonte: Elaboração do autor a partir de (ARSP, 2024; EPE, 2024).



Considerando a dotação de fatores naturais, os percentuais inferiores à média nacional e a projeção feita pela EPE que aponta para a possibilidade de o estado quadruplicar a produção de energia limpa até o ano de 2031 (CONTI, 2022), observa-se um amplo espaço para a expansão da geração desse tipo de energia e sua consequente utilização no território estadual.

De acordo com dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) o estado atualmente conta com 56 empreendimentos, distribuídos em 32 municípios, que utilizam fontes renováveis para a geração de energia, com predominância da fonte hídrica (27), seguida pela fonte solar (23) e pela fonte de biomassa (6). Destaca-se o município de Cachoeiro de Itapemirim, onde se localizam 10 empreendimentos que utilizam energia solar. As informações especificamente sobre energia solar e biomassa podem ser vistas na tabela abaixo.

**Tabela 2 – Municípios que possuem empreendimentos de fonte renovável para geração de energia no estado do Espírito Santo.**

Município	Biomassa	Hídrica	Solar	Total
Alegre	0	3	0	3
Alfredo Chaves	0	1	0	1
Aracruz	1	0	0	1
Baixo Guandu, Aimorés (MG)	0	1	0	1
Barra de São Francisco	0	0	2	2
Bom Jesus do Itabapoana (RJ), Guaçuí, São José do Calçado	0	1	0	1
Bom Jesus do Itabapoana (RJ), São José do Calçado	0	1	0	1
Bom Jesus do Norte	0	1	0	1
Cachoeiro de Itapemirim	0	1	10	11
Cariacica	0	0	1	1
Castelo	0	0	1	1
Castelo, Conceição do Castelo	0	1	0	1
Colatina	0	2	2	4
Conceição da Barra	1	0	0	1
Conceição do Castelo	0	1	0	1
Domingos Martins	0	2	0	2
Dores do Rio Preto, Caiana (MG)	0	1	0	1
Itapemirim	1	1	0	2
João Neiva	1	0	0	1
Laranja da Terra	0	1	0	1
Linhares	1	0	1	2
Mimoso do Sul, Campos dos Goytacazes (RJ)	0	1	0	1
Muniz Freire	0	1	0	1
Rio Novo do Sul	0	1	0	1
Santa Leopoldina	0	1	0	1
Santa Maria de Jetibá	0	1	0	1
Santa Teresa	0	1	0	1
São Gabriel da Palha	0	1	0	1
Serra	0	1	4	5
Venda Nova do Imigrante	0	1	0	1
Viana	1	0	0	1
Vila Velha	0	0	1	1
Vitória	0	0	1	1
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>27</b>	<b>23</b>	<b>56</b>

Nota: Elaboração do autor a partir de ANEEL (2024).

Diante das potencialidades identificadas, há perspectivas concretas para a implementação de projetos de energias renováveis no Espírito Santo. Destacam-se seis parques eólicos offshore em avaliação pelo IBAMA (2025)<sup>16</sup>, a produção de biometano, fruto de parceria entre ES Gás e Marca Ambiental, projetos de hidrogênio verde, desenvolvidos por empresas como EDP e CEI Energética, e a instalação de uma fábrica de biocombustível (pellets de madeira) na Zona de Processamento para Exportação (ZPE) de Aracruz.

Esses empreendimentos demandam ampla cadeia de bens e serviços para sua instalação, operação e manutenção, além de oferecerem oportunidades de expansão, beneficiando setores como comércio, indústria, serviços e pesquisa. As oportunidades se estendem tanto ao setor industrial, principal consumidor e responsável por grande parte do valor adicionado bruto estadual, quanto ao setor residencial.

Adicionalmente, o ambiente institucional nacional favorece o setor, com a aprovação recente das leis 14.948/2024, que institui a Política Nacional do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono, e 15.097/2025 que disciplina a concessão de autorizações para o aproveitamento do potencial energético offshore, e a tramitação do PL nº 5.751/2023 (hidrogênio de baixo carbono). Essas iniciativas visam regulamentar e garantir segurança jurídica, atração de investimentos e fomento à produção e comercialização de energia dessas fontes.

Por isso, é fundamental que o Espírito Santo se posicione de maneira proativa, por meio de seus agentes políticos, econômicos, científicos e da sociedade civil, a fim de gerar mais oportunidades e expandir a capacidade de geração de energias renováveis no estado. Em síntese, o Espírito Santo, por meio das potencialidades apresentadas, reúne condições favoráveis para ampliar sua geração de energias renováveis, tanto pelo espaço existente para expansão quanto pelos empreendimentos planejados, gerando oportunidades econômicas, tecnológicas e institucionais a serem exploradas.

<sup>16</sup>Esses projetos são o Votu Winds, o Quesnelia, o Projeto Ubu, o Vitória Offshore, o Espírito Santo I e o Serra do Mar, de propriedade das empresas Votu Winds, Bluefloat Energy do Brasil, Shell Brasil Petróleo, Geradora Eólica Brigadeiro II, PETROBRAS, Fiabe Participações, respectivamente. Estão previstos de se situarem na área marítima próxima às localidades de Marataízes, Itaipava-Morobó, Guarapari-Itaipava, Marataízes-Morobó, Guarapari-Marataízes, Itaipava-Boavista. Os pedidos foram feitos entre dezembro de 2020 e outubro de 2023, e totalizam uma potência estimada de 11,23 GW.

## Referências

ANDRUSZKÓW, Ewa; MAJEWSKA, Karolina; KOSIOREK, Magdalena; NIEMCZYK, Anna; BLESZNOWSKI, Marcin; BIESZKI, Aleksandra. **Mapping renewable energy sources: potential, challenges, and opportunities in Poland**. Versão 1. Berlim: European Climate Initiative (EUKI), set. 2024. Disponível em: <https://www.euki.de/wp-content/uploads/2024/10/Mapping-Renewable-Energy-Sources-potential-challenges-and-opportunities-in-Poland.pdf>. Acesso em: 1 maio 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Sistema de Informações de Geração da ANEEL – SIGA**. Disponível em: <https://dadosabertos.aneel.gov.br/dataset/siga-sistema-de-informacoes-de-geracao-da-aneel>. Acesso em: 20 abril 2025.

BARBOSA, João. **Fundo Soberano vai aplicar R\$ 500 milhões em projetos de descarbonização no ES**. A Gazeta, Vitória, 17 mar. 2025. Disponível em: <https://www.agazeta.com.br/meio-ambiente/fundo-soberano-vai-aplicar-r-500-milhoes-em-projetos-de-descarbonizacao-no-es-0325>. Acesso em: 21 abril 2025.

BLOOMBERGNEF. **Climatescope 2024: emerging markets clean energy outlook**. New York: Bloomberg Finance L.P., 2024. Disponível em: <https://global-climatescope.org>. Acesso em: 25 abril 2025.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). **Destaques do desempenho operacional do BNDES em 2024**. Agência de Notícias, Rio de Janeiro, 27 fev. 2025. Disponível em: <https://agenciadenoticias.bndes.gov.br/blogdodesenvolvimento/detalhe/Destaques-do-desempenho-operacional-do-BNDES-em-2024/>. Acesso em: 10 abril 2025.

BRASIL. Lei nº 14.948, de 2 de agosto de 2024. **Institui o marco legal do hidrogênio de baixa emissão de carbono** [...]. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 2 ago. 2024. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2024/lei-14948-2-agosto-2024-796030-publicacaooriginal-172539-pl.html>. Acesso em: 2 maio 2025

BRASIL. Lei nº 15.097, de 10 de janeiro de 2025. **Disciplina o aproveitamento de potencial energético offshore** [...]. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 10 jan. 2025. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2025/lei-15097-10-janeiro-2025-796889-publicacaooriginal-174083-pl.html>. Acesso em: 2 maio 2025.

BRASIL. **Projeto de Lei nº 5.751, de 2023**. Institui o marco legal do hidrogênio de baixa emissão de carbono [...]. Diário da Câmara dos Deputados: seção 1, Brasília, DF, 2023. Disponível em: [https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop\\_mostrarintegra?codteor=2378504&filename=A-vulso+PL+5751%2F2023](https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=2378504&filename=A-vulso+PL+5751%2F2023). Acesso em: 2 maio 2025.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços. **Nova indústria Brasil – forte, transformadora e sustentável: plano de ação para a neointustrialização 2024-2026**. Brasília, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/composicao/se/cndi/plano-de-acao/nova-industria-brasil-plano-de-acao.pdf>. Acesso em: 1 maio 2025.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia; Empresa de Pesquisa Energética (EPE). **Fontes de energia**. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/fontes-de-energia>. Acesso em: 15 abril 2025.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia; Empresa de Pesquisa Energética (EPE). **Matriz energéti-**

**ca e elétrica**. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 10 abril 2025.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia; Empresa de Pesquisa Energética (EPE). **Plano decenal de expansão de energia 2031**. Brasília, 2022. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/PDE%202031\\_RevisaoPosCP\\_rvFinal\\_v2.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/PDE%202031_RevisaoPosCP_rvFinal_v2.pdf). Acesso em: 13 abril 2025.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia; Empresa de Pesquisa Energética (EPE). **Balanco energético nacional 2024 (ano base 2023): relatório síntese**. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-819/topico-715/BEN\\_S%C3%ADntese\\_2024\\_PT.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-819/topico-715/BEN_S%C3%ADntese_2024_PT.pdf). Acesso em: 10 abril 2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudanças Climáticas; Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). **Mapas de projetos em licenciamento – complexos eólicos offshore**. Disponível em: [https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/laf/consultas/arquivos/20250311\\_Eolicas\\_Offshore\\_Ibama\\_marco\\_25.pdf](https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/laf/consultas/arquivos/20250311_Eolicas_Offshore_Ibama_marco_25.pdf). Acesso em: 15 abril 2025.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Financiamento em transição energética sobe 62% em 2023**. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/financiamento-em-transicao-energetica-sobe-62-em-2023>. Acesso em: 15 abril 2025.

CONTI, Maria Fernanda. **ES tem potencial para ampliar em 4 vezes a produção de energia limpa**. A Gazeta, Vitória, 12 dez. 2022. Disponível em: <https://www.agazeta.com.br/anuario/es-tem-potencial-para-ampliar-em-4-vezes-a-producao-de-energia-limpa-1222>. Acesso em: 25 abril 2025.

ESPÍRITO SANTO (Estado). **Decreto nº 4.765-R, de 20 de novembro de 2020**. Regulamenta o Fundo Soberano do Estado do Espírito Santo – FUNSES, e dá outras providências. Disponível em: <https://fundosoberano.es.gov.br/Media/FUNSES/Legislação/DECRETO%20N%204765.%20de%2024%20de%20março%20de%202020%20-%20Regularmentação%20do%20FUNSES-1.pdf>. Acesso em: 5 abril 2025.

ESPÍRITO SANTO (Estado). **Decreto nº 4.896-R, de 2 de junho de 2021**. Regulamenta a Lei nº 11.253, de 8 de abril de 2021, que dispõe sobre a Política Estadual de Incentivo à Geração de Energias Renováveis – GERAR, e dá outras providências. Disponível em: [https://sedes.es.gov.br/Media/Sedes/Legislação/Decreto%20N%204896-R\\_Gerar.pdf](https://sedes.es.gov.br/Media/Sedes/Legislação/Decreto%20N%204896-R_Gerar.pdf). Acesso em: 5 abril 2025.

ESPÍRITO SANTO (Estado). **Decreto nº 5.387-R, de 5 de maio de 2023**. Cria o Programa Capixaba de Mudanças Climáticas no âmbito do Poder Executivo Estadual e dá outras providências. Disponível em: <https://ioes.dio.es.gov.br/portal/edicoes/download/8059>. Acesso em: 10 abril 2025.

ESPÍRITO SANTO (Estado). **Lei nº 11.668, de 22 de julho de 2022**. Ratifica o Protocolo de Intenções firmado entre os Estados do Espírito Santo, Acre, Amapá, Bahia, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Paraíba, Paraná, Pernambuco, Piauí, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo e Sergipe, para a constituição do consórcio interestadual com o objetivo de promover o enfrentamento aos efeitos adversos das mudanças do clima no Brasil. Disponível em: <https://www3.al.es.gov.br/Arquivo/Documents/legislacao/html/LEI116682022.html>. Acesso em: 17 abril 2025.

ESPÍRITO SANTO (Estado). **Decreto nº 5.416-R, de 28 de junho de 2023**. Institui o Programa de Geração de Energias Renováveis da cadeia do Hidrogênio Sustentável no estado do Espírito Santo – GERAR Hidrogênio. Disponível em: <https://ioes.dio.es.gov.br/portal/edicoes/download/8190>. Acesso em: 15 abril 2025.

ESPÍRITO SANTO (Estado). **Decreto nº 5.558-R, de 6 de dezembro de 2023**. Cria o Programa Capixaba de Carbono e Soluções Baseadas na Natureza – PCSBN, institui os Comitês Diretivos Setoriais e dá outras providências. Disponível em: <https://ioes.dio.es.gov.br/portal/edicoes/download/8617>. Acesso em: 23 abril 2025.

ESPÍRITO SANTO (Estado). **Lei nº 12.375, de 28 de abril de 2025**. Institui o Plano Espírito Santo 500 Anos, dispõe sobre o planejamento de longo prazo e sua governança, e dá outras providências. Vitória, ES, 29 abr. 2025. Disponível em: <https://www3.al.es.gov.br/Arquivo/Documents/legislacao/html/LEI123752025.html>. Acesso em: 25 abril 2025.

ES 500 ANOS. **ES 500 Anos: plano de desenvolvimento para o Espírito Santo até 2035**. Disponível em: <https://es500anos.com.br/>. Acesso em: 15 abril 2025.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO (FINDES). **Rotas estratégicas para o futuro da indústria do Espírito Santo: Energia 2035**. Vitória, 2022. Disponível em: [https://observatoriofindes.com.br/wp-content/uploads/2024/12/rota\\_energia.pdf](https://observatoriofindes.com.br/wp-content/uploads/2024/12/rota_energia.pdf). Acesso em: 20 abril 2025.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO (FINDES). **Produção eólica do ES será suficiente para sustentar consumo nacional**. Disponível em: <https://findes.com.br/producao-eolica-do-es-sera-suficiente-para-sustentar-consumo-nacional/>. Acesso em: 3 maio 2025.

FILHO, Abdo (a). **R\$ 300 bi do BNDES para a indústria podem turbinar fundos do ES**. A Gazeta, Vitória. Disponível em: <https://www.agazeta.com.br/colunas/abdo-filho/r-300-bi-do-bndes-para-a-industria-podem-turbinar-fundos-do-es-0124>. Acesso em: 4 maio 2025.

FILHO, Abdo (b). **R\$ 500 milhões: governo do ES e BNDES vão lançar fundo para energia limpa**. A Gazeta, Vitória. Disponível em: <https://www.agazeta.com.br/colunas/abdo-filho/r-500-milhoes-governo-do-es-e-bndes-vaio-lancar-fundo-para-energia-limpa-1023>. Acesso em: 3 maio 2025.

FILHO, Abdo (c). **Energia solar: EDP coloca R\$ 200 milhões no ES e vai investir mais**. A Gazeta, Vitória. Disponível em: <https://www.agazeta.com.br/colunas/abdo-filho/energia-solar-edp-coloca-r-200-milhoes-no-es-e-vai-investir-mais-0124>. Acesso em: 4 maio 2025.

FILHO, Abdo (d). **Dinheiro verde: BANDES quer recursos de fora para financiar ESG aqui dentro**. A Gazeta, Vitória. Disponível em: <https://www.agazeta.com.br/colunas/abdo-filho/dinheiro-verde-bandes-quer-recursos-de-fora-para-financiar-esg-aqui-dentro-0623>. Acesso em: 1 maio 2025.

GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. Agência de Serviços Públicos de Energia do Estado do Espírito Santo (ASPE). **Energia solar no Espírito Santo: tecnologias, aplicações e oportunidades**. Vitória, 2013. Disponível em: <https://arsp.es.gov.br/Media/arsi/Energia/Estudos%20Energ%C3%A9ticos/2013/EnergiaSolarES.pdf>. Acesso em: 18 abril 2025.

GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. Agência de Regulação de Serviços Públicos do Estado do Espírito Santo (ARSP). **Balanço Energético do Estado do Espírito Santo 2024 (ano base 2023)**. Vitória, maio 2023. Disponível em: <https://arsp.es.gov.br/Media/arsi/Energia/Boletins/Balan%C3%A7o%20Energ%C3%A9tico/2024/BEES2024-Base2023.pdf>. Acesso em: 25 abril 2025.

GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. Secretaria de Estado de Desenvolvimento (SEDES). **Invista no ES (Fundo Soberano)**. Disponível em: <https://investanoes.es.gov.br/fundo-soberano>. Acesso em: 22 abril 2025.

GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN). **Desenvolvimento Regional Sustentável (DRS)**. Disponível em: <https://drs.ijsn.es.gov.br/>. Acesso em: 15 abril 2025.

GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. Banco de Desenvolvimento do Estado do Espírito Santo (BANDESa). **Bandes Solar**. Disponível em: <https://www.bandes.com.br/Site/Dinamico/Show/1543/sistemas-fotovoltaicos>. Acesso em: 4 maio 2025.

GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. Banco de Desenvolvimento do Estado do Espírito Santo (BANDESb). **Baixo Carbono**. Disponível em: <https://www.bandes.com.br/Site/Dinamico/Show/1800/baixo-carbono>. Acesso em: 4 maio 2025.

GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. Banco do Estado do Espírito Santo (BANESTES). **Crédito Verde**. Disponível em: [https://www.banestes.com.br/pessoa\\_fisica/credito/credito\\_verde.html](https://www.banestes.com.br/pessoa_fisica/credito/credito_verde.html). Acesso em: 4 maio 2025.

GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Inovação (SECTI). **Atlas Eólico. 2021**. Disponível em: <http://atlas.sectides.es.gov.br/atlas>. Acesso em: 4 maio 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO E GÁS (IBP). **Eólicas offshore e o setor de óleo e gás**. 2023. Disponível em: <https://www.ibp.org.br/personalizado/uploads/2023/01/artigo-eolicas-offshore.pdf>. Acesso em: 2 maio 2025.

KILINC-ATA, Nurcan; DOLMATOV, Ilya A. **Which factors influence the decisions of renewable energy investors? Empirical evidence from OECD and BRICS countries**. Environmental Science and Pollution Research, [S.l.], v. 30, n. 1, p. 1720–1736, 2022. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-022-22274-8>. Acesso em: 20 abril 2025.

MAZZUCATO, Mariana. **Missão economia: um guia inovador para mudar o capitalismo**. São Paulo: Portfolio-Penguin, 2022.

MIRZA, Zuhaib Tayar; ANDERSON, Timothy; SEADON, Jeff; BRENT, Alan. **A thematic analysis of the factors that influence the development of a renewable energy policy**. Renewable Energy Focus, [S.l.], v. 49, p. 1–12, June 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1755008424000267>. Acesso em: 20 abril 2025.

NUNES, Ticiane Gabrielle Amaral; UNGARETTI, Carlos Renato; DI MARCO, Giulia Mariana Rodrigues; MENDONÇA, Marco Aurélio Alves de. **Os financiamentos chineses em energias renováveis na América Latina e os desafios das mudanças climáticas**. Brasília, DF: Instituto de

Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2023. Disponível em: [https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/12598/1/TD\\_2943\\_Web.pdf](https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/12598/1/TD_2943_Web.pdf). Acesso em: 2 maio 2025.

PAGEL, Raasch Uonis; FIOROTTI, Adriana Campos; CAROLINO, Jaqueline. **Análise dos principais desafios ao desenvolvimento das energias renováveis no Brasil**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO (CBPE), 2018. Anais [...]. Disponível em: [https://engenhariaedesenvolvimentosustentavel.ufes.br/sites/engenhariaedesenvolvimentosustentavel.ufes.br/files/field/anexo/artigo\\_analise\\_dos\\_principais\\_desafios\\_2.pdf](https://engenhariaedesenvolvimentosustentavel.ufes.br/sites/engenhariaedesenvolvimentosustentavel.ufes.br/files/field/anexo/artigo_analise_dos_principais_desafios_2.pdf). Acesso em: 15 abril 2025.

RUDDY, Gabriela; RAMALHO, André. **Estados com histórico de produção de óleo e gás atraem maioria dos projetos de eólica offshore**. Eixos, 3 maio 2023. Disponível em: <https://eixos.com.br/politica/estados-com-historico-de-producao-de-oleo-e-gas-atraem-maioria-dos-projetos-de-eolica-offshore/>. Acesso em: 3 maio 2025.

SCHAEFER, Laura; ATREYA, Arvind. **Exploring the Potentials and Challenges of Renewable Energy Sources**. Journal of Computing and Natural Science, [S.l.], v. 4, n. 4, abr. 2024. Disponível em: [https://anapub.co.ke/journals/jcns/jcns\\_pdf/2024/jcns\\_volume\\_4-issue\\_2/JCNS202404009.pdf](https://anapub.co.ke/journals/jcns/jcns_pdf/2024/jcns_volume_4-issue_2/JCNS202404009.pdf). Acesso em: 28 abril 2025.

WANG, Yadong; WANG, Delu; YU, Lan; MAO, Jinqi. **What really influences the development of renewable energy? A systematic review and meta-analysis**. Environmental Science and Pollution Research, [S.l.], v. 30, n. 22, p. 62213–62236, 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-023-26286-w>. Acesso em: 23 abril 2025.

UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT (UNCTAD). **World Investment Report 2023: investing in sustainable energy for all**. Geneva: UNCTAD, 2023. Disponível em: [https://unctad.org/system/files/official-document/wir2023\\_en.pdf](https://unctad.org/system/files/official-document/wir2023_en.pdf). Acesso em: 2 maio 2025.

# Inovação Tecnológica e Economia Circular

Soluções aplicadas, automação e reaproveitamento de materiais para o setor produtivo.

## CAPÍTULO 3



# Aplicação de visão computacional na detecção de ferrugem em folhas de café

José Henrique Rocha da Silva<sup>1</sup>

## Resumo

A cafeicultura é um pilar fundamental da economia brasileira, sendo a ferrugem do café (*Hemileia vastatrix*) uma das principais ameaças à produtividade das lavouras. A identificação precoce e precisa desta patologia é crucial para o manejo eficiente. Este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema de Visão Computacional baseado em Inteligência Artificial Generativa Multimodal para detecção e classificação da ferrugem em folhas de café. A metodologia adotada consistiu no fine-tuning do modelo LLaVA (Large Language and Vision Assistant), utilizando a técnica de Low-Rank Adaptation (LoRA) para otimização de recursos computacionais. O conjunto de dados foi pré-processado através de um pipeline automatizado de anotação assistida por modelos multimodais (GPT-4o e Grok), garantindo padronização e escalabilidade na geração de pares pergunta-resposta para o treinamento supervisionado. Os resultados preliminares indicam que a adaptação de Grandes Modelos de Linguagem e Visão (LMMs) ao contexto agrícola oferece uma alternativa promissora às redes convolucionais tradicionais, permitindo não apenas a classificação binária, mas o diagnóstico descritivo da saúde da planta.

**Palavras-chave:** Visão Computacional. Ferrugem do Café. LLaVA. Fine-tuning. Deep Learning.

## Abstract

Coffee farming is a fundamental pillar of the Brazilian economy, with coffee rust (*Hemileia vastatrix*) being one of the main threats to crop productivity. Early and accurate identification of this pathology is crucial for efficient management. This paper proposes the development of a Computer Vision system based on Multimodal Generative Artificial Intelligence for the detection and classification of rust on coffee leaves. The methodology consisted of fine-tuning the LLaVA (Large Language and Vision Assistant) model, using the Low-Rank Adaptation (LoRA) technique for computational resource optimization. The dataset was pre-processed through an automated annotation pipeline assisted by multimodal models (GPT-4o and Grok), ensuring standardization and scalability in generating question-answer pairs for supervised training. Preliminary results indicate that adapting Large Language and Vision Models (LMMs) to the agricultural context offers a promising alternative to traditional convolutional networks, enabling not only binary classification but also descriptive diagnosis of plant health.

**Keywords:** Computer Vision. Coffee Rust. LLaVA. Fine-tuning. Deep Learning.

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES), Engenheiro da Computação.

[josehenriqueds@gmail.com](mailto:josehenriqueds@gmail.com)



## Introdução

O café é muito mais do que uma parte indispensável da vida diária de mais de três bilhões de pessoas que bebem mais de três bilhões de xícaras de café por dia. É também o produto primário mais valioso do comércio internacional, vital para a economia de mais de 50 países e a principal fonte de subsistência de até 25 milhões de agricultores e suas famílias.

Um problema muito comum em lavouras no Brasil e de todo o mundo, são as doenças e pragas que podem atingir determinada plantação. Todos os tipos de cultivo podem sofrer com esses problemas, e, como o mundo necessita desses produtos agrícolas, prevenir as plantações de pragas e doenças é um dos temas mais abordados pelos produtores. Dessa forma, o reconhecimento das doenças e pragas do café em seu estágio inicial é de grande valia para evitar perdas e contribuir para a produtividade e a qualidade da plantação.

A ferrugem do café, provocada pelo fungo biotrófico *Hemileia vastatrix*, é um dos principais fatores que limitam a produção de café arábica. Ela é identificada através de lesões disformes que causam a queda precoce das folhas. Em média, 35% de toda a plantação de café é frequentemente afetada quando as condições climáticas são adequadas para a doença, e em estações secas prolongadas, com a alta reincidência de fungos, os danos podem ultrapassar os 50%. (BOA SORTE et al., 2019, p. 136).

A área da inteligência artificial vem apresentando crescimentos significativos no que tange às aplicações de Machine Learning, o que levou ao surgimento de uma nova subárea de modelos chamada Deep Learning (LECUN et al., 2015). As técnicas de Deep Learning têm apresentado um desempenho de ponta quando comparadas às abordagens tradicionais de Machine Learning em domínios distintos. (ALOM et al., 2019) A habilidade de reconhecer e esclarecer padrões em doenças de plantas é tão importante quanto custosa, mesmo para nós humanos que temos essa capacidade de interpretação. (BARBEDO et al., 2016).

Portanto, levando em consideração as demandas do setor agrícola e os avanços da inteligência artificial, esse artigo tem como objetivo fazer um fine-tuning de um modelo de IA generativa para criar uma forma possível e razoavelmente precisa de detectar e classificar a ferrugem das folhas do café e sua gravidade, além de ser uma estratégia inovadora e relevante, pois permite a adaptação de modelos pré-treinados a um contexto agrícola específico. Essa abordagem potencializa a precisão do sistema ao reconhecer nuances específicas da doença.

Assim, este trabalho é justificado pela necessidade de oferecer uma solução tecnológica avançada para um problema crítico na produção cafeeira, contribuindo para a sustentabilidade e eficiência do setor agrícola. Além disso, o desenvolvimento dessa ferramenta pode abrir caminhos para novas aplicações da IA generativa na agricultura de precisão, fortalecendo o vínculo entre inovação tecnológica e desafios do agronegócio.

## A importância da cadeia de produção de café no Brasil

Entre os setores da economia brasileira, a agricultura é um dos principais alicerces, gerando emprego e renda para o país (OLIVEIRA et al., 2014). Segundo a International Coffee Organization (2019), o Brasil é o maior produtor mundial de café, sendo essa uma cultura de grande importância para o país.

A produção cafeeira brasileira é reconhecida como uma das mais conscientes social e ambientalmente do mundo, destacando o seu compromisso de garantir uma produção cafeeira sustentável. A excelência na qualidade e a diversidade das lavouras brasileiras consolidam o país como um

fornecedor confiável, apto a atender às necessidades dos consumidores mais exigentes tanto no mercado interno quanto no exterior. (ALBUQUERQUE; GUEDES, 2024).

De acordo com o Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), o estado do Espírito Santo é o 2º maior produtor de café do país. A sua expressiva produção de ambas as variedades de café, arábica e conilon, o torna responsável por 22% da produção nacional. Dentre os produtores de café, 73% são de base familiar.

## Ferrugem na produção cafeeira

Como os valores movimentados com o café são elevados, as doenças que atingem a cultura também geram prejuízos significativos. Entre as doenças que podem afetar os cafeeiros está a ferrugem da folha, causada pelo fungo *Hemileia vastatrix*, que provoca a queda precoce das folhas, a seca dos ramos e diminuição considerável da produção da cafeeira (SANTANA et al., 2018).

Um dos desafios enfrentados pelos produtores é a presença de pragas e doenças que afetam os cafezais, provocando desfolhamento e redução da fotossíntese, o que, por sua vez, impacta tanto a produção quanto a qualidade do produto final (VENTURA et al., 2017). Entre as principais pragas e doenças que afetam o cafeeiro, destaca-se a ferrugem, que pode ser observada na Figura 1:

Figura 1 – Ferrugem em folha de café



Fonte: Bracol, 2019

A ferrugem é uma doença muito severa e que pode afetar a produção de uma lavoura inteira. Seu diagnóstico geralmente é feito por meio de um especialista, que faz a análise das folhas para identificar a doença. Porém, muitos agricultores não condições de arcar com os custos de um especialista, o que dificulta a identificação correta das doenças das plantas. Como consequência, o controle realizado tende a ser ineficiente e pode levar ao aumento do risco de perdas na produtividade das lavouras. (ESGARIO et al., 2020, p. 168).

## Aprendizado de máquina

Algoritmos de aprendizado de máquina são projetados para identificar padrões e características em grandes volumes de dados, permitindo que tomem decisões e façam previsões com base em novas informações. Essa capacidade se mostra altamente vantajosa em situações em que a análise humana seria muito mais demorada, devido à enorme quantidade de dados que um computador consegue processar de forma eficiente. (LISBOA et al., 2021).

Machine Learning é um subcampo da inteligência artificial que engloba o desenvolvimento e utilização de modelos e métodos computacionais capazes de aprender a partir de dados (FACE-LI et al., 2021). O deep learning é um subconjunto do aprendizado de máquina que usa redes neurais com múltiplas camadas, chamadas de redes neurais profundas, para simular o complexo poder de tomada de decisão do cérebro humano. Segundo BOA SORTE et al., “o uso de Redes Neurais Profundas provou ser muito benéfico para aumentar a precisão da classificação dos problemas” (2019, p. 136).

Os modelos de Deep Learning em aprendizado não supervisionado possuem a capacidade de extrair automaticamente propriedades padrões e relacionamentos importantes diretamente de dados brutos e não estruturados, sem a necessidade de legenda ou supervisão humana. Proporcionando que essa abordagem identifique estruturas ocultas nos dados, como agrupamentos, anomalias ou representações mascaradas, que podem ser fundamentais para a análise. Além disso, esses modelos podem avaliar seus próprios resultados e ajustar seus resultados internamente, refinando as previsões e aumentando sucessivamente a sua precisão.

## Material e Método

Esta seção descreve os materiais, dados, ferramentas e procedimentos utilizados para o ajuste fino (fine-tuning) do modelo de linguagem multimodal, visando ao reconhecimento de ferrugem em folhas de café. Os materiais incluem o hardware, o software, os dados coletados e as ferramentas utilizadas. Os métodos cobrem a preparação dos dados, o ajuste fino do modelo e a avaliação dos resultados. Foram realizados testes em duas máquinas, com Hardware diferente, para testes locais, além de métodos antes do processo de Fine-Tuning, a fim de analisar a acurácia do nosso modelo.

O modelo, foi executado em dois ambientes, um ambiente local, a fim de teste do modelo com uma acurácia inicial, pré-treinamento dos dados e testes locais e outro para treinamento do modelo completo com o todas as imagens do Dataset e seus respectivos Outputs.

O processamento do modelo foi realizado em um serviço de nuvem Brev.dev, onde que o código foi executado a partir de Notebooks Jupyter, e o nosso dataset carregado no serviço.

## Material

O treinamento e a validação dos modelos foram executados em ambiente de nuvem de alta performance, utilizando uma instância equipada com GPU NVIDIA A100 (com suporte a CUDA) e 128 GB de memória RAM. A escolha deste hardware foi determinante para viabilizar o processamento de grandes volumes de dados e a manipulação de tensores complexos inerentes aos modelos multimodais.

Para a implementação do software, adotou-se a linguagem Python (versão 3.10) como base. O ecossistema de treinamento foi construído sobre o framework PyTorch, integrado à biblioteca Hugging Face Transformers (v. 4.37.2) para o carregamento e manipulação do modelo base LLaVA.

Visando à otimização de recursos e à mitigação de erros de alocação de memória (OOM), foram empregadas técnicas avançadas de paralelismo e quantização:

- **DeepSpeed (ZeRO-3):** Utilizado para o particionamento otimizado dos estados do otimizador, dos gradientes e dos parâmetros, permitindo o treinamento eficiente em GPUs com memória limitada.
- **Bitsandbytes:** Aplicado à quantização de pesos, reduzindo a precisão numérica de ponto flutuante sem perda significativa de desempenho preditivo.



- **LoRA (Low-Rank Adaptation):** Gerenciado via biblioteca PEFT, permitindo o ajuste fino apenas de uma pequena fração dos parâmetros do modelo.

O monitoramento das métricas de perda (loss) e a evolução do treinamento foram realizados em tempo real através da plataforma Weights and Biases (WandB), garantindo a rastreabilidade e reprodutibilidade dos experimentos.

#### Dados Utilizados:

A base de dados visual utilizada neste trabalho foi o BraCol (Brazilian Coffee Leaves Dataset), amplamente reconhecido na literatura para tarefas de classificação de doenças em cafeeiros (ESGARIO et al., 2020). O conjunto original fornece imagens de folhas de café arábica e conilon, categorizadas em classes como saudáveis, ferrugem (Hemileia vastatrix), bicho-mineiro e cercosporiose. Para este estudo, foram selecionadas as amostras referentes às classes "Saudável" e "Ferrugem".

Diferentemente das Redes Neurais Convolucionais (CNNs) tradicionais, que requerem apenas rótulos categóricos (ex.: 0 ou 1), o treinamento de Grandes Modelos Multimodais (LMMs), como o LLaVA, exige pares de dados complexos no formato Imagem-Texto (Instrução e Resposta). Visto que datasets agrícolas nativos com descrições textuais detalhadas são inexistentes, foi necessário realizar a engenharia e criação de um dataset próprio de instruções.

Para viabilizar essa construção, desenvolveu-se um pipeline de Anotação Sintética Automatizada, utilizando modelos de estado da arte (SOTA) como "oráculos". O processo consistiu em:

1. **Ingestão:** As imagens do BraCol foram submetidas às APIs de visão do GPT-4o e Grok Beta.
2. **Geração de Ground Truth:** Solicitou-se a estes modelos que atuassem como fitopatologistas, gerando descrições detalhadas sobre a condição visual da folha, localização das lesões e severidade da doença.
3. **Formatação VQA:** As descrições geradas foram estruturadas em formato JSON, seguindo o padrão de Visual Question Answering. Para cada imagem, foram criadas variações de perguntas (ex: "Analise a saúde desta folha", "O que a imagem mostra?") associadas às respostas descritivas geradas.

Desta forma, o uso das APIs não se limitou a um pré-processamento, mas constituiu a criação de um novo dataset multimodal enriquecido, transformando dados visuais brutos em conhecimento semântico estruturado para o fine-tuning supervisionado.

**Formato:** imagens no formato JPEG, integradas a descrições textuais em JSON.

#### Pré Processamento:

Para garantir a consistência das entradas visuais e a estabilidade do treinamento, aplicou-se um pipeline rigoroso de pré-processamento. Inicialmente, as imagens do dataset BraCol foram submetidas a ajustes de normalização de histograma (brilho e contraste) para mitigar variações de iluminação inerentes à captura em campo. Em seguida, realizou-se o redimensionamento (resizing) e o recorte central (center crop) das imagens para a resolução nativa de 336x336 pixels (ou 224x224, verifique qual usou), adequando-as aos tensores de entrada exigidos pelo encoder visual.

Simultaneamente, os dados textuais gerados na etapa de anotação foram estruturados em arquivos

JSON, seguindo o padrão de conversação (chat template) exigido pelo modelo LLaVA. Este formato organiza os dados em turnos de diálogo ("Human" e "Assistant"), garantindo que o modelo aprenda a associar a instrução do usuário às características visuais extraídas.

**Modelo:** O núcleo da proposta baseia-se na arquitetura LLaVA (Large Language and Vision Assistant). Este modelo foi selecionado devido à sua capacidade superior de alinhamento semântico, integrando um modelo de linguagem pré-treinado (LLM) a um encoder visual de última geração.

Para a extração de features visuais, utilizou-se o CLIP ViT-L/14 (Vision Transformer - Large). Este componente é responsável por converter a imagem bruta em embeddings vetoriais ricos, que são então projetados para o espaço latente do modelo de linguagem. A escolha desta arquitetura justifica-se pela sua otimização para tarefas multimodais e pelo suporte robusto a Transfer Learning (Aprendizado por Transferência). Diferente de redes que tratam imagem e texto isoladamente, o LLaVA permite que o sistema "enxergue" a patologia e "converse" sobre ela, explorando o conhecimento prévio adquirido durante seu pré-treinamento em larga escala.

#### Pré-processamento de Dados

O pré-processamento dos dados foi realizado utilizando uma abordagem programática que combina API de modelos multimodais (como GPT-4o e Grok) para diagnosticar e categorizar doenças em folhas de café a partir de imagens. Esse processo é crucial para estruturar os dados de entrada em um formato consistente, que posteriormente é utilizado no treinamento do modelo multimodal LLaVA.

#### Objetivo do Pré-processamento

1. **Classificação Automatizada:** Identificar se a folha de café está saudável ou apresenta sinais de doença.
2. **Padronização de Dados:** Gerar saídas em formato JSON que detalham a saúde da folha, o tipo de doença (se presente) e suas características visuais observadas.
3. **Escalabilidade:** Processar automaticamente grandes volumes de imagens sem intervenção manual.

#### Etapas do Pré-processamento

O processo de construção do dataset foi sistematizado em um pipeline computacional composto por quatro estágios fundamentais: configuração de segurança, serialização de dados, engenharia de instrução (prompt engineering) e estruturação semântica.

1. **Configuração e Serialização** Para garantir a integridade e segurança no acesso aos modelos de linguagem (GPT-4o e Grok Vision), implementou-se um gerenciamento de credenciais via variáveis de ambiente, isolando chaves de acesso do código-fonte. Na etapa de preparação das imagens, aplicou-se um algoritmo de codificação em Base64. Este procedimento é necessário para converter a matriz de pixels das imagens do dataset BraCol em strings alfanuméricas, permitindo sua transmissão via carga útil (payload) nas requisições JSON enviadas às APIs.
2. **Definição da Instrução (Prompt Engineering)** A qualidade da anotação automática depende diretamente da precisão da instrução fornecida ao modelo. Foi desenvolvida uma instrução de sistema (System Prompt) específica para maximizar a acurácia diagnóstica. A instrução impôs as seguintes restrições ao modelo:

**Role-playing:** Atuar como especialista em fitopatologia.

**Domínio:** Focar restritamente em doenças do cafeeiro (Ferrugem, Cercosporiose, etc.).

**Formato de Saída:** Ignorar texto discursivo e retornar estritamente um objeto JSON.

3. **Orquestração e Armazenamento** As requisições foram processadas em lote, onde cada imagem codificada foi enviada simultaneamente à instrução textual. O retorno das APIs foi interceptado e validado quanto à sintaxe JSON. Dados corrompidos ou inconclusivos foram descartados. As anotações validadas foram então consolidadas em uma estrutura de dados persistente, associando o ID único da imagem ao par de perguntas e respostas gerado, finalizando a construção do dataset de treino para o modelo LLaVA.

#### Benefícios da Abordagem

1. **Automação e Escalabilidade** - Todo o pipeline foi desenhado para processar automaticamente múltiplas imagens, reduzindo a necessidade de intervenção manual e acelerando a preparação do dataset.
2. **Padronização** - O uso de JSON estruturado garante que os dados estejam em um formato uniforme, facilitando o treinamento e a análise posterior.
3. **Aproveitamento de APIs Multimodais** - A combinação de modelos como GPT-4o e Grok Vision Beta explora o estado da arte em visão computacional e processamento de linguagem natural, permitindo diagnósticos detalhados e confiáveis.
4. **Customização** - A pergunta foi projetada para o contexto específico de análise de doenças em folhas de café, resultando em respostas alinhadas às necessidades do problema.

#### Configuração do Fine-Tuning

O objetivo principal do fine-tuning foi adaptar o modelo LLaVA (Large Language and Vision Assistant), baseado na arquitetura CLIP, para o problema específico de detecção de ferrugem em folhas de café. Como LLaVA é um modelo multimodal que lida com imagens e texto, o fine-tuning foi realizado para ajustar o modelo a detectar as doenças nas folhas de café com base em imagens, associando-as a diagnósticos textuais detalhados.

O treinamento foi realizado utilizando DeepSpeed para otimização de memória e velocidade, além de técnicas como Low-Rank Adaptation (LoRA) para ajustes mais eficientes.

#### Estratégia de Fine-Tuning

A adaptação do modelo LLaVA ao domínio da fitopatologia cafeeira exigiu uma estratégia de fine-tuning que equilibrasse a retenção do conhecimento pré-treinado com a especialização na detecção de ferrugem. O processo foi desenhado para alinhar as representações visuais geradas pelo encoder CLIP (ViT-L/14) com as capacidades textuais do modelo de linguagem, permitindo que o sistema não apenas classifique, mas descreva as anomalias foliares.

Para mitigar os custos computacionais proibitivos de um treinamento completo (full fine-tuning), adotou-se a técnica LoRA (Low-Rank Adaptation). Esta abordagem congela os pesos originais do modelo e introduz pares de matrizes de decomposição de baixo posto nas camadas de atenção. Configurou-se o LoRA com um rank ( $r$ ) de 128 e um fator de escala (alpha) de 256. Essa configuração agressiva permitiu a atualização eficiente dos parâmetros treináveis sem comprometer a integridade do modelo base.

A gestão de memória, crítica para evitar erros de exatidão de recursos (OOM), foi orquestrada pela biblioteca DeepSpeed com a estratégia ZeRO-3 (Zero Redundancy Optimizer). O ZeRO-3 particiona os estados do otimizador, gradientes e parâmetros entre as GPUs disponíveis, maximizando a escalabilidade. Adicionalmente, utilizou-se precisão mista bf16 (Brain Floating Point) e Gradient Checkpointing, técnicas que reduziram drasticamente a pegada de memória da VRAM durante a retropropagação.

O ciclo de otimização foi regido pelo algoritmo AdamW, com uma taxa de aprendizado (learning rate) de  $2e-4$ . O treinamento foi executado por 1 época com batch size de 16. A decisão por uma única época justifica-se pela natureza do dataset de instruções construído: sendo altamente específico e denso, um treinamento prolongado poderia levar ao overfitting catastrófico, onde o modelo perde sua capacidade de generalização e de conversação natural.

### Análise Adicional do Fine-Tuning

#### Estratégias de Otimização e Ajuste Fino (Fine-Tuning)

A adaptação de Grandes Modelos Multimodais (LMMs) para domínios específicos, como a fitopatologia, impõe desafios significativos de hardware. Para superar as barreiras de memória e garantir que o modelo LLaVA aprendesse as nuances visuais da ferrugem do café (Hemileia vastatrix), adotou-se uma arquitetura de treinamento baseada em três pilares: eficiência paramétrica, otimização de memória e precisão numérica mista.

#### 1. Uso de LoRA (Low-Rank Adaptation)

O treinamento completo (Full Fine-Tuning) de modelos com bilhões de parâmetros é computacionalmente proibitivo e propenso ao esquecimento catastrófico (catastrophic forgetting), onde o modelo perde seu conhecimento geral. Para contornar isso, utilizou-se a técnica LoRA (Low-Rank Adaptation). Nesta abordagem, os pesos do modelo pré-treinado (backbone) permanecem congelados. Apenas matrizes de adaptação de baixo posto são inseridas nas camadas de atenção do Transformer.

- **Eficiência Computacional:** LoRA permite ajustar apenas as camadas finais de um modelo de grande porte, como o LLaVA, sem a necessidade de modificar todas as camadas, como seria feito em um fine-tuning tradicional. Isso reduz significativamente a quantidade de parâmetros a serem atualizados, o que diminui o custo computacional e otimiza o uso de memória.
- **Convergência mais Rápida:** Como o modelo pré-treinado já tem um bom entendimento geral da linguagem e da visão, a adaptação das camadas finais através do LoRA permite que o modelo se especialize rapidamente na tarefa específica, neste caso, a detecção de doenças nas folhas de café. A taxa de aprendizado moderada utilizada ( $2e-4$ ) é adequada para garantir que o modelo se ajuste sem perder as características previamente aprendidas.
- **Prevenção de Overfitting:** Ao congelar as camadas iniciais do modelo, LoRA não permite que o modelo sobrecarregue os dados de treinamento com ajustes excessivos, o que pode ocorrer se o treinamento ocorrer com todas as camadas sendo modificadas. Isso é fundamental para evitar o overfitting, especialmente se o conjunto de dados de treinamento for relativamente pequeno em comparação com o modelo.

#### 2. DeepSpeed e ZeRO3: Otimização de Memória e Velocidade

Para sanar os erros de alocação de memória (OOM - Out of Memory) comuns em GPUs comerciais, o treinamento foi orquestrado pelo framework DeepSpeed com a estratégia ZeRO-3 (Zero Redundancy Optimizer Stage 3). Diferente do paralelismo de dados tradicional, o ZeRO-3 particiona os três componentes consumidores de memória — estados do otimizador, gradientes e parâmetros do modelo — através das GPUs disponíveis. Isso permitiu alocar o modelo LLaVA (que nativamente ocuparia vasto espaço) em fragmentos gerenciáveis, viabilizando o treino com batch sizes maiores. Adicionalmente, ativou-se o Gradient Checkpointing. Esta técnica sacrifica uma fração mínima de processamento (computando ativações duas vezes) em troca de uma economia massiva de VRAM, garantindo estabilidade durante a retropropagação.

- **ZeRO3 (Zero Redundancy Optimizer):** O ZeRO3 divide a memória de forma inteligente, distribuindo as camadas do modelo entre as diferentes GPUs para evitar redundância. Com isso, a memória necessária por GPU é significativamente reduzida, permitindo que modelos grandes sejam treinados em máquinas com menos memória disponível. Isso também permite o uso de batch sizes maiores, como o batch size 16 definido, sem comprometer a memória.
- **Gradient Checkpointing:** O gradient checkpointing foi utilizado para economizar ainda mais memória. Ele permite que o modelo calcule os gradientes de forma mais eficiente, guardando apenas os gradientes essenciais e calculando o restante durante a retropropagação. Essa técnica reduz ainda mais o uso de memória e aumenta a eficiência do treinamento, permitindo trabalhar com redes profundas sem problemas de exceder a memória GPU.
- **Precisão BF16:** A precisão bf16 (16-bit floating point) foi configurada para garantir um bom equilíbrio entre eficiência de memória e precisão. Ao usar bf16, o modelo utiliza metade da memória necessária em comparação com o uso de precisão fp32, mas ainda mantém uma precisão suficiente para tarefas de deep learning. Isso foi particularmente importante para o treinamento de modelos grandes, que exigem grandes volumes de dados.

#### 3. Taxa de Aprendizado e Estratégia de Otimização

A escolha da taxa de aprendizado de  $2e-4$  foi feita para garantir que as atualizações de parâmetros fossem feitas de maneira controlada e eficiente. Essa escolha se justifica pela natureza do fine-tuning, onde a adaptação do modelo é mais sutil em comparação com o treinamento de um modelo do zero. Aqui estão os detalhes:

- **Precisão Mista (bf16):** Utilizou-se o formato Brain Floating Point (bfloat16). Diferente do FP16 tradicional, o bf16 possui a mesma faixa dinâmica (dynamic range) do FP32, prevenindo problemas de underflow numérico durante o cálculo de gradientes e reduzindo o uso de memória pela metade. AdamW: O otimizador AdamW foi utilizado, que é uma versão aprimorada do Adam. O AdamW oferece um controle melhor sobre o decaimento do peso, o que é essencial para modelos grandes, pois ajuda a regular o treinamento e evita que os parâmetros cresçam descontroladamente. Ele também lida bem com datasets desequilibrados e grandes modelos, como o LLaVA.
- **Otimizador e Scheduler:** Empregou-se o otimizador AdamW com taxa de aprendizado de  $2e-4$  e um agendador Cosine Decay com warmup. O warmup inicial evita choques nos gradientes nas primeiras iterações, enquanto o decaimento cosseno garante um ajuste fino suave nas etapas finais.

- **Regime de Épocas:** O modelo foi treinado por 1 época com batch size de 16. Testes empíricos demonstraram que, devido à alta qualidade do dataset de instruções gerado (vide seção 3.2), uma única passagem foi suficiente para a especialização do domínio, evitando o overfitting (superajuste) que tornaria as respostas do modelo repetitivas ou alucinadas.
- **Perda de Função e Acurácia:** Durante o treinamento, a função de perda (loss function) e as métricas como acurácia e F1-score foram monitoradas para garantir que o modelo não estivesse sofrendo de overfitting e estivesse convergindo para uma solução que generaliza bem para novas imagens. A monitorização dessas métricas também ajuda a ajustar hiperparâmetros e interromper o treinamento quando os ganhos se tornam insignificantes (critério de parada).

### Resultados e Discussão

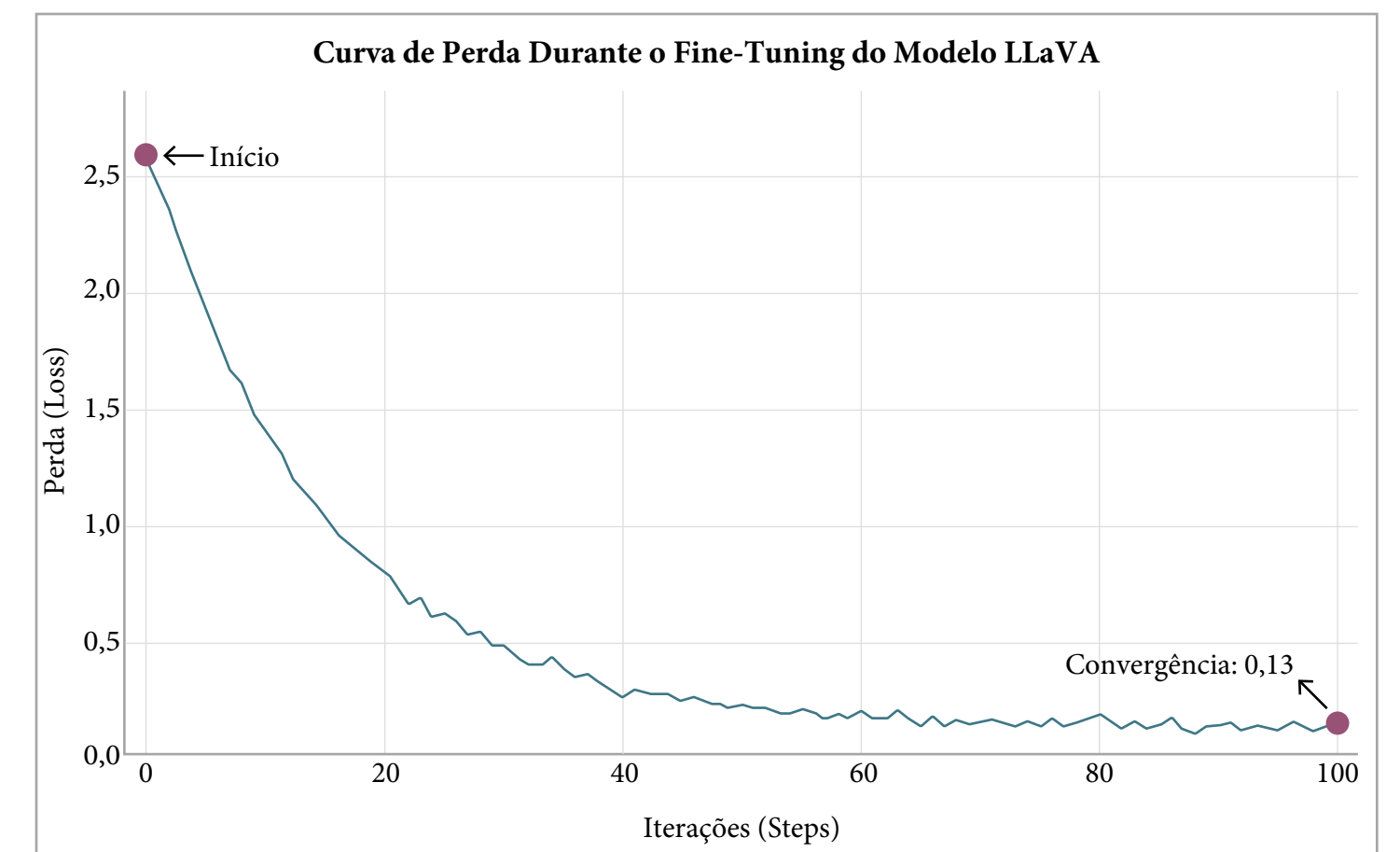
A avaliação do sistema proposto foi conduzida sob três perspectivas: a estabilidade do treinamento (métricas de aprendizado), a acurácia diagnóstica (métricas quantitativas) e a aplicabilidade da solução (análise qualitativa e interface de usuário).

#### Estabilidade do Treinamento e Convergência

Ao contrário de abordagens preliminares que enfrentaram exatidão de recursos computacionais, a estratégia de otimização implementada (LoRA + ZeRO-3 + Gradient Checkpointing) provou-se eficaz. O modelo LLaVA, contendo bilhões de parâmetros, foi ajustado em uma única GPU A100 sem incorrer em erros de alocação de memória (Out Of Memory - OOM).

A curva de perda (training loss), apresentada na Figura 2, demonstra um decaimento consistente ao longo das iterações, indicando que o modelo foi capaz de assimilar os padrões visuais da ferrugem e a estrutura linguística das respostas sem apresentar divergência ou instabilidade numérica.

Figura 2 – Curva de Perda durante o Fine-Tuning

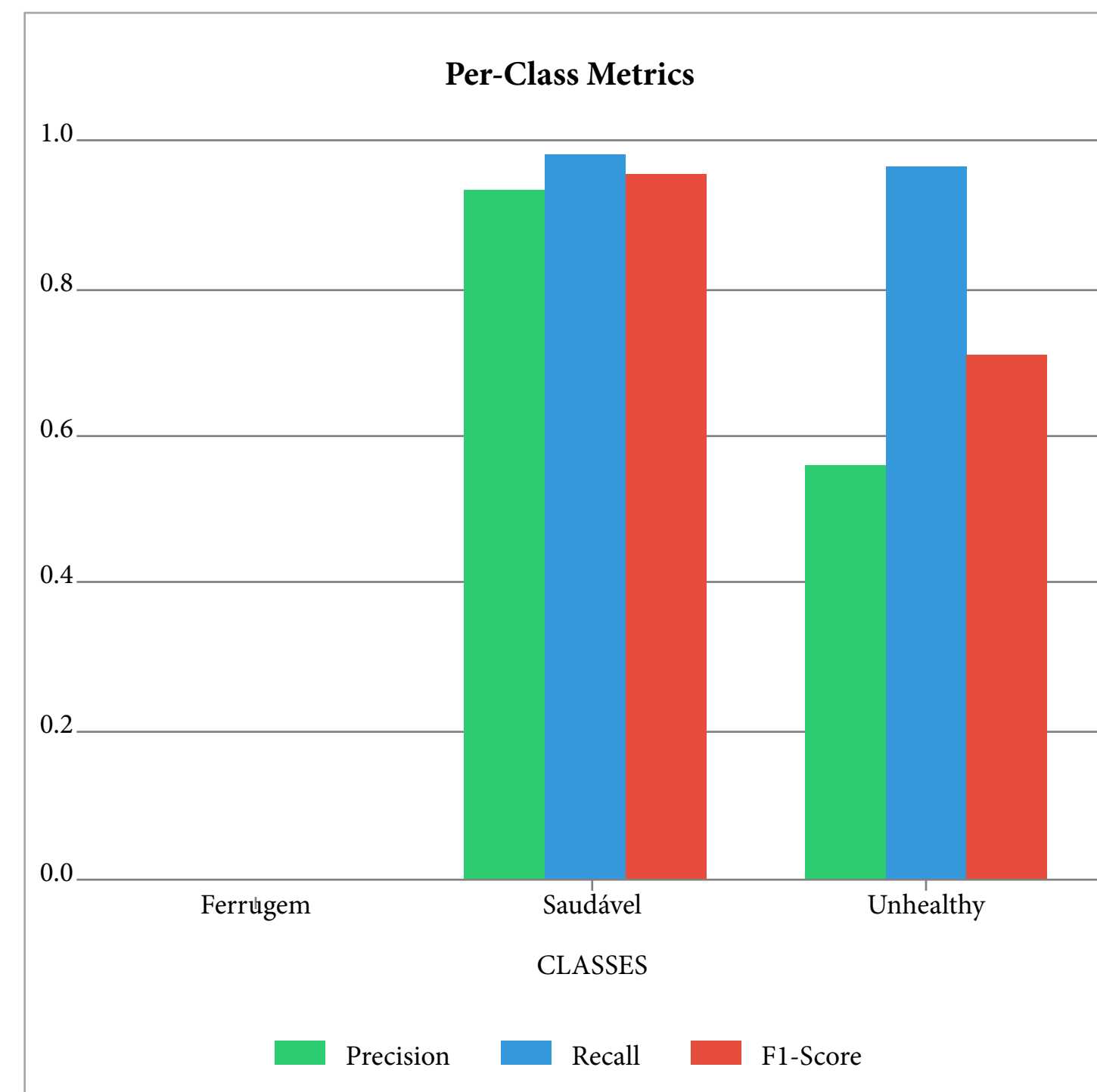


Fonte: Os autores (2026).

## Análise Quantitativa e Métricas de Classificação

Para validar a eficácia do modelo, utilizou-se um subconjunto de teste composto por imagens do dataset BraCol não apresentadas durante o treinamento. A Tabela 1 sumariza o desempenho do modelo na tarefa de classificação binária (Saudável vs. Ferrugem).

Figura 3 – Métricas de Desempenho do Modelo



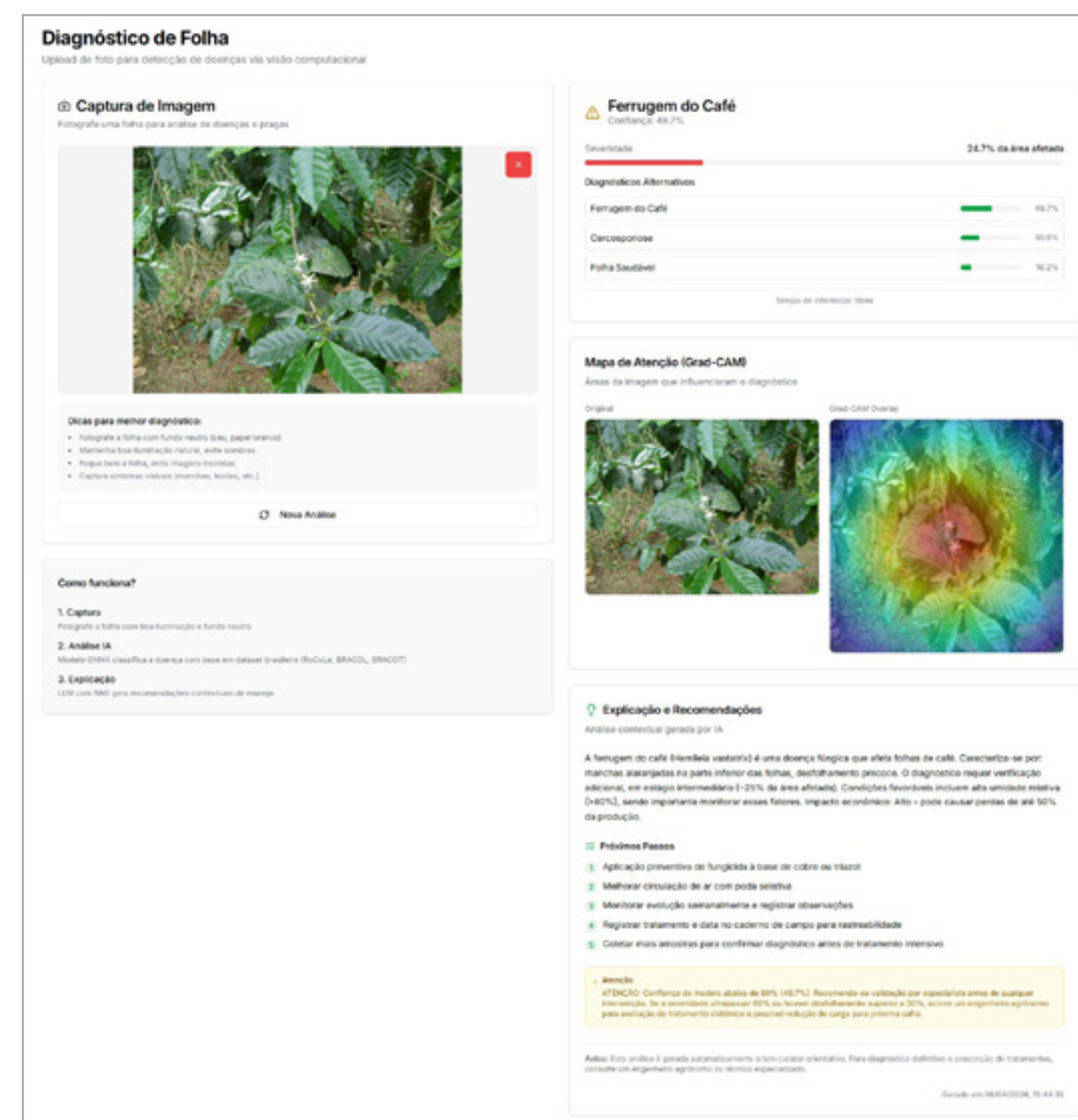
Fonte: Os autores (2026).

Os resultados evidenciam que o modelo atingiu um equilíbrio robusto entre precisão e sensibilidade (recall). A alta taxa de acerto na classe "Ferrugem" é crítica para o contexto agrícola, pois garante que plantas doentes não passem despercebidas (falsos negativos), permitindo intervenção precoce.

## Análise Qualitativa e Capacidade Multimodal

O diferencial da arquitetura LLaVA em relação às CNNs tradicionais (como ResNet ou YOLO) reside na explicabilidade. A Figura 3 demonstra a capacidade do modelo de realizar "Inclusão Visual" (Visual Grounding), onde a IA não apenas rotula a imagem, mas descreve os sintomas observados.

Figura 4 – Comparativo: Imagem de Entrada vs. Diagnóstico Gerado



Fonte: Os autores (2026).

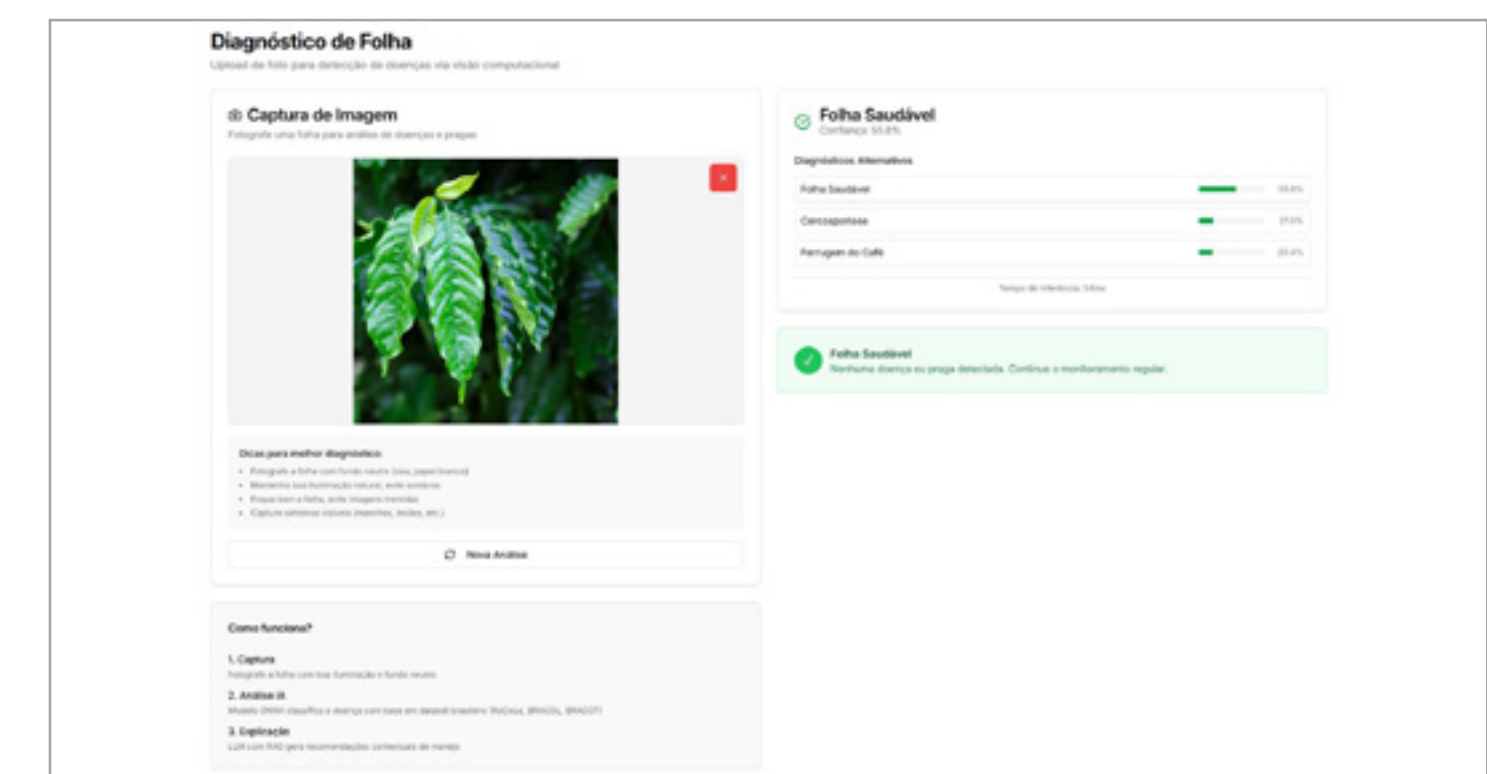
Observa-se que o modelo identifica corretamente as pústulas de coloração alaranjada/amarelada características do fungo *Hemileia vastatrix*, fornecendo uma justificativa técnica para o diagnóstico. Essa característica gera maior confiança (trustworthiness) para o usuário final, que pode validar a análise da IA com sua própria observação visual.

## Aplicação Prática: Interface de Diagnóstico (Front-end)

Visando transpor a barreira entre a pesquisa acadêmica e o uso em campo, foi desenvolvida uma interface web responsiva. A aplicação atua como um client que consome a inferência do modelo treinado via API.

A Figura 4 ilustra o funcionamento do sistema em ambiente de produção simulado. O usuário realiza o upload da folha e recebe instantaneamente o diagnóstico estruturado, demonstrando a viabilidade técnica de disponibilizar modelos massivos (LMMs) através de interfaces amigáveis.

Figura 5 – Interface Web para Diagnóstico Fitossanitário



Fonte: Os autores (2026).

## Discussão

### Generalização e Potencial de Reuso

Os resultados obtidos transcendem o escopo da cafeicultura. A principal contribuição deste estudo não se limita à alta acurácia na detecção da ferrugem, mas reside na validação de um **pipeline agnóstico de domínio**. A metodologia desenvolvida — que combina a geração sintética de datasets via oráculos (GPT-4o) com o ajuste fino de modelos menores (LLaVA) — demonstrou ser altamente replicável.

Esta arquitetura apresenta plasticidade suficiente para ser transposta para outros cenários biológicos com adaptações mínimas. O mesmo fluxo de trabalho pode ser aplicado, por exemplo, na identificação de:

- **Outras Culturas:** Detecção de pragas em soja, milho ou citros, onde a escassez de dados rotulados por agrônomos é um gargalo similar.
- **Saúde Animal:** Reconhecimento de dermatopatologias em bovinos ou identificação de parasitas externos em rebanhos, utilizando a mesma lógica de visão computacional para monitoramento veterinário.

Portanto, o sistema desenvolvido atua como um framework base. Ao substituir apenas o conjunto de imagens de entrada e ajustar o prompt do oráculo, é possível treinar novos modelos especialistas para diversos setores do agronegócio, mitigando a dependência de datasets públicos que muitas vezes são inexistentes para problemas de nicho.

## Trabalhos Futuros

Diante da versatilidade comprovada, o estudo aponta caminhos para evoluções estratégicas:

1. **Expansão Multi-classe:** Ampliar o dataset para incluir outras patologias prevalentes no



Brasil, como a Cercosporiose e o Bicho-mineiro.

**2. Otimização para Borda (Edge AI):** Aplicar técnicas de quantização mais agressivas (4-bit) para permitir que o modelo rode localmente em dispositivos móveis, eliminando a dependência de internet.

**3. Validação em Outros Domínios:** Testar o pipeline na detecção de doenças em animais de produção, validando a hipótese de generalização para a pecuária de precisão.

### Conclusão

O presente trabalho cumpriu integralmente seu objetivo ao desenvolver, validar e implementar um sistema de Visão Computacional baseado em Inteligência Artificial Generativa para o diagnóstico da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*). A hipótese inicial de que Modelos de Linguagem e Visão (LMMs) poderiam oferecer diagnósticos mais ricos que as redes convolucionais tradicionais foi confirmada.

A estratégia metodológica adotada, fundamentada no fine-tuning do modelo LLaVA com a técnica Low-Rank Adaptation (LoRA), demonstrou-se eficaz. A orquestração de técnicas avançadas de otimização — especificamente o uso de *DeepSpeed (ZeRO-3)* e *Gradient Checkpointing* — permitiu a convergência estável do modelo, superando as limitações de memória (GPU VRAM) e provando que o treinamento de modelos massivos é viável com infraestrutura acessível.

Mais do que uma solução pontual para o café, a pesquisa consolidou um protocolo metodológico reutilizável. A estratégia de utilizar oráculos (como GPT-4o) para a anotação automática de dados provou ser uma solução robusta para a "escassez de rótulos" (label scarcity), um dos maiores entraves da IA aplicada. Conclui-se que o pipeline aqui descrito possui alta plasticidade, podendo ser replicado com adaptações mínimas para criar assistentes virtuais em diversos outros cenários, desde o monitoramento de outras culturas agrícolas (soja, milho) até o diagnóstico veterinário (dermatopatologias em animais).

A implementação bem-sucedida da interface de usuário (Front-end) finalizou o ciclo de desenvolvimento, transformando a teoria acadêmica em uma ferramenta prática. O sistema entrega ao produtor rural não apenas um rótulo binário, mas uma ferramenta de apoio à decisão capaz de descrever visualmente a patologia, democratizando o acesso à tecnologia de ponta no campo.

Para trabalhos futuros, sugere-se a expansão do escopo para um sistema multi-patologia e a investigação de técnicas de quantização agressiva (4-bit). Tais avanços permitirão a portabilidade do modelo para dispositivos de borda (Edge AI), viabilizando diagnósticos em tempo real diretamente na lavoura, independentemente de conectividade com a internet.

## Referências

ALBUQUERQUE, L. D.; GUEDES, E. B. **Coffee Plant Leaf Disease Detection for Digital Agriculture**. Journal on Interactive Systems, v. 15, n. 1, p. 220, mar. 2024.

ALOM, M. Z. et al. **State-of-the-art deep learning: Evolving machine intelligence past, present and future**. Distributed and Parallel Databases, v. 37, n. 3, p. 539-593, 2019.

BARBEDO, J. G. A. **A review on the main challenges in automatic plant disease identification based on visible range images**. Biosystems Engineering, v. 144, p. 52-60, 2016.

BOA SORTE, L. X. et al. **Coffee leaf disease recognition based on deep learning and texture attributes**. Procedia Computer Science, v. 159, p. 135–144, 2019.

ESGARIO, J. G. M.; KROHLING, R. A.; VENTURA, J. A. **Deep learning for classification and severity estimation of coffee leaf biotic stress**. Computers and Electronics in Agriculture, v. 169, p. 105162, 2020.

FACELI, K. et al. **Inteligência Artificial: Uma Abordagem de Aprendizado de Máquina**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2021.

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION. **Total production by all exporting countries**. 2019. Disponível em: <http://www.ico.org>. Acesso em: 15 jan. 2026.

LECUN, Y.; BENGIO, Y.; HINTON, G. **Deep learning**. Nature, v. 521, p. 436-444, 2015.

LISBOA, E.; LIMA, G.; QUEIROZ, F. **Coffee Leaf Diseases Identification and Severity Classification Using Deep Learning**. 2021. Disponível em: <http://sibgrapi.sid.inpe.br>. Acesso em: 20 jan. 2026.

OLIVEIRA, C. M. et al. **A importância da cafeicultura para o agronegócio brasileiro**. Revista de Política Agrícola, v. 23, n. 1, p. 12-25, 2014.

SANTANA, Allen et al. **Doenças do cafeeiro**. In: Manual de Fitopatologia. 5. ed. São Paulo: Agromônica Ceres, 2018.

VENTURA, J. A. et al. **Doenças do cafeeiro: etiologia, sintomatologia e controle**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 38, n. 298, p. 35-48, 2017.

# Reaproveitamento de isopor e garrafas PET para produção de filamentos de impressora 3D junto a Coopervida de São Carlos

Sergio Akinobu Yoshioka<sup>1</sup>  
Daniela Fachini<sup>2</sup>

## Resumo

Foi desenvolvida uma atividade extracurricular (AEX – AEX00015-01) com o objetivo de promover a valorização de resíduos plásticos de baixa reciclabilidade, como o poliestireno expandido (isopor) e garrafas PET de coloração vermelha ou rosa, que geralmente não apresentam saída comercial em cooperativas de reciclagem, como é o caso da COOPERVIDA (São Carlos). Os alunos participantes foram capacitados para orientar processos de reaproveitamento desses materiais, envolvendo etapas de limpeza, seleção, trituração e extrusão a quente para a produção de filamentos plásticos com diâmetro aproximado de 1,70 mm. Os filamentos produzidos foram destinados ao uso em impressoras 3D para a fabricação de objetos, promovendo a geração de produtos com valor agregado e incentivando a economia circular. A atividade apresentou caráter multidisciplinar, envolvendo estudantes das áreas de Química, Engenharias, Arquitetura e Computação, fortalecendo a integração entre teoria e prática. Os resultados parciais indicam potencial de replicação da iniciativa em outras cooperativas, contribuindo para a educação ambiental, a inovação tecnológica e a sustentabilidade. Embora o projeto contemple também o reaproveitamento de garrafas PET coloridas, os resultados apresentados neste trabalho concentram-se na produção de filamentos a partir de poliestireno expandido (EPS), em função do tempo de execução da atividade.

**Palavras-chave:** sustentabilidade, inclusão social, inovação, reciclagem, circularidade

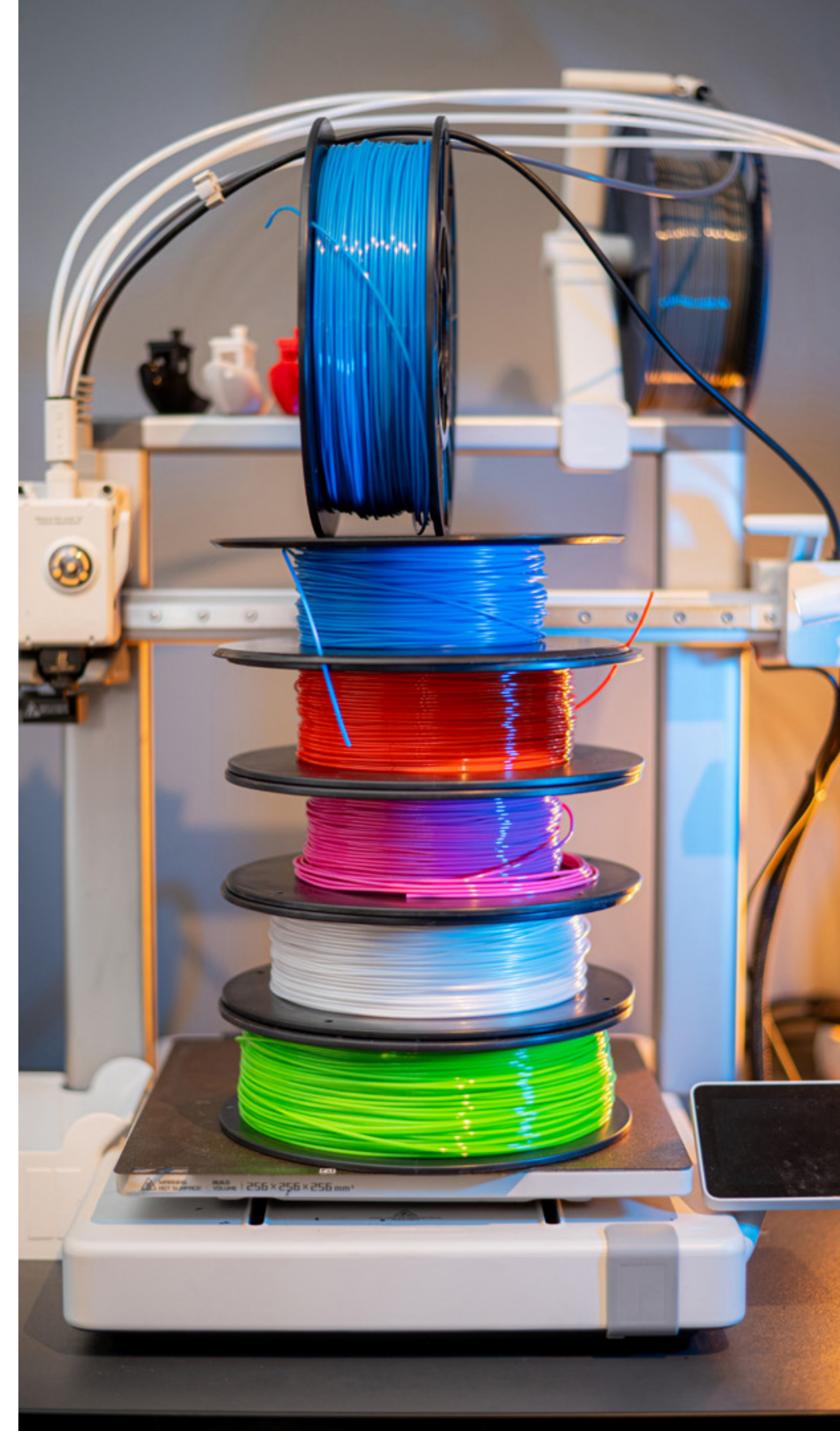
## Abstract

An extracurricular activity (AEX – AEX00015-01) was developed with the objective of promoting the valorization of low-recyclability plastic waste, such as expanded polystyrene (styrofoam) and red or pink PET bottles, which generally do not have a commercial outlet in recycling cooperatives, as is the case with COOPERVIDA (São Carlos). Participating students were trained to guide the reuse processes of these materials, involving cleaning, selection, shredding, and hot extrusion to produce plastic filaments with an approximate diameter of 1.70 mm. The filaments produced were intended for use in 3D printers to manufacture objects, promoting the generation of value-added products and encouraging the circular economy. The activity had a multidisciplinary character, involving students from the areas of Chemistry, Engineering, Architecture, and Computer Science, strengthening the integration between theory and practice. Partial results indicate the potential for replicating the initiative in other cooperatives, contributing to environmental education, technological innovation, and sustainability. Although the project also includes the reuse of colored PET bottles, the results presented in this work focus on the production of filaments from expanded polystyrene (EPS), due to the activity's execution time.

**Keywords:** sustainability, social inclusion, innovation, recycling, circularity

<sup>1</sup>Professor Doutor no Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia da Universidade de São Paulo.  
[sergioy@iqsc.usp.br](mailto:sergioy@iqsc.usp.br)

<sup>2</sup>Doutoranda no Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia da Universidade de São Paulo.  
[dfachini@usp.br](mailto:dfachini@usp.br)





## Introdução

A poluição plástica é um dos grandes desafios ambientais contemporâneos, afetando negativamente os ecossistemas e a saúde humana. Entre os resíduos sólidos urbanos, os plásticos se destacam pela alta durabilidade (mais de 100 anos), descarte inadequado e lenta degradação, contribuindo para a formação de microplásticos — partículas com menos de 5 mm — presentes em solos, corpos hídricos e até na cadeia alimentar. No Brasil, apesar da crescente geração de resíduos plásticos, a taxa de reciclagem ainda é extremamente baixa, inferior a 5%, reflexo da falta de políticas públicas efetivas, da baixa valorização de certos tipos de plásticos e da insuficiência de tecnologias acessíveis para reaproveitamento.

Materiais como isopor e garrafas PET coloridas, por exemplo, têm baixa viabilidade de comercialização em cooperativas de reciclagem, sendo frequentemente descartados ou acumulados sem destinação adequada. Diante desse cenário, surge a necessidade de estratégias inovadoras e sustentáveis que promovam a valorização desses resíduos. Uma das alternativas promissoras está na transformação desses plásticos em filamentos para impressoras 3D, o que possibilita não apenas o reaproveitamento de materiais rejeitados pelo mercado reciclador, mas também a produção de objetos com alto valor agregado, integrando conceitos de economia circular, educação ambiental e inovação tecnológica.

Além do aspecto ambiental, essa abordagem possui forte potencial educativo, ao engajar estudantes de diferentes áreas — como Química, Engenharias, Arquitetura e Computação

— em atividades práticas, interdisciplinares e voltadas para a solução de problemas reais. Através do contato direto com cooperativas, como a COOPERVIDA (São Carlos), os alunos vivenciam o ciclo completo de reaproveitamento, desde a triagem e preparação do material, antes resíduo, até o processamento e a impressão 3D de novos produtos. Essa experiência fomenta a consciência ambiental, o desenvolvimento de competências técnicas e a articulação entre universidade, comunidade e setor de reciclagem, assim o Município como todo.

## Metodologia

A atividade foi desenvolvida como uma ação de extensão universitária, com caráter interdisciplinar, envolvendo estudantes dos cursos de Química, Engenharias, Arquitetura e Computação. O trabalho foi conduzido em parceria com a cooperativa COOPERVIDA, localizada em São Carlos (SP), e orientado pelo docente responsável, Prof. Dr. Sergio A. Yoshioka do Instituto de Química de São Carlos.

A metodologia adotada pode ser dividida em quatro etapas principais:

### 1. Capacitação teórica e prática dos estudantes

Inicialmente, os alunos participantes receberam treinamento técnico e conceitual sobre os tipos de plásticos utilizados (isopor e garrafas PET coloridas), suas propriedades físico-químicas, desafios de reciclabilidade e possibilidades de reaproveitamento. Também foram introduzidos ao funcionamento básico de extrusoras e impressoras 3D, com foco na produção e uso de filamentos reciclados.

### 2. Coleta, limpeza e preparação dos resíduos plásticos

Em conjunto com a cooperativa, os resíduos plásticos de difícil comercialização foram separados. Em seguida, passaram por processos de amassamento ou trituração para reduzir seu volume e

facilitar a alimentação na extrusora. Os materiais plásticos devem estar limpos e secos.

### 3. Produção dos filamentos reciclados

Os materiais preparados foram inseridos em uma extrusora de bancada (Filmaq 3D) para a produção de filamentos com diâmetro aproximado de 1,75 mm, adequados para impressão 3D. Durante o processo de extrusão do poliestireno expandido (EPS), a temperatura foi ajustada em uma faixa entre aproximadamente 170 °C e 200 °C, conforme o comportamento térmico do material reciclado. A velocidade de tracionamento foi ajustada manualmente, buscando a padronização da espessura do filamento, sendo observadas variações dimensionais durante os testes iniciais.

### 4. Testes e impressão de objetos em 3D

Com os filamentos reciclados, estão sendo realizados testes de impressão de modelos simples em uma impressora 3D. Os modelos utilizados são previamente selecionados e adaptados por meio de softwares de modelagem de cada impressora, visando a avaliação da qualidade do filamento e a viabilidade do processo.

Além da parte técnica, os estudantes também foram incentivados a propor aplicações úteis para os objetos impressos, reforçando o propósito de agregar valor ao resíduo reciclado e didático. A metodologia adotada permitiu uma abordagem prática, colaborativa e contextualizada, promovendo o engajamento dos alunos com os temas de sustentabilidade, inovação e responsabilidade social.

## Referencial Teórico

A crescente geração de resíduos plásticos e sua inadequada destinação têm colocado a gestão desses materiais como um dos principais desafios ambientais do século XXI. De acordo com o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA, 2018), mais de 300 milhões de toneladas de plástico são produzidas anualmente no mundo, sendo que grande parte acaba em aterros, ambientes naturais ou nos oceanos. No Brasil, a reciclagem de plásticos ainda é incipiente: apenas 1,28% dos resíduos plásticos pós-consumo são reciclados de forma mecânica (ABRELPE, 2022), o que evidencia a baixa reciclabilidade de diversos tipos de polímeros, como o poliestireno expandido (isopor®) e garrafas PET coloridas.

A reciclabilidade dos materiais depende de fatores técnicos (composição, contaminação, mistura de resinas) e mercadológicos (demanda da indústria recicladora). Plásticos de difícil reprocessamento ou com baixo valor comercial são frequentemente rejeitados pelas cooperativas de reciclagem, como destaca Silva et al. (2020), reforçando a importância de alternativas que agreguem valor a esses resíduos.

Neste contexto, a economia circular surge como um modelo estratégico que visa romper com a lógica linear de extração-produção-descarte, promovendo o uso mais eficiente dos recursos naturais, a reutilização de materiais e o redesenho de produtos. A proposta da economia circular busca "manter o valor dos produtos, materiais e recursos na economia pelo maior tempo possível" (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2015), e está diretamente conectada com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente o ODS 12 — Consumo e Produção Responsáveis.

A tecnologia de impressão 3D tem ganhado destaque como ferramenta para a valorização de

resíduos plásticos, permitindo transformar materiais reciclados em objetos úteis com valor agregado. Segundo Hopewell et al. (2009), tecnologias emergentes podem viabilizar o reaproveitamento de resíduos de baixa demanda comercial, quando associadas a práticas educacionais e de inovação social.

Além do aspecto tecnológico, destaca-se a importância da inclusão social na cadeia de reciclagem. As cooperativas de catadores desempenham papel essencial na triagem e reaproveitamento de resíduos sólidos no Brasil, e sua valorização está prevista na Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010). Projetos que envolvem cooperativas, como o desenvolvido com a COOPERVIDA (São Carlos), promovem não apenas o reaproveitamento de resíduos, mas também o fortalecimento da cidadania, da economia local e da educação ambiental.

Assim, ações interdisciplinares que integram universidades, cooperativas e tecnologia promovem o avanço em direção a um modelo mais sustentável, justo e participativo, alinhando-se aos princípios da Agenda 2030 da ONU e contribuindo com diversas metas dos ODS, como educação de qualidade (ODS 4), trabalho decente e crescimento econômico (ODS 8), indústria, inovação e infraestrutura (ODS 9) e redução das desigualdades (ODS 10).

## Resultados

Até o momento, os alunos demonstram grande engajamento com a atividade proposta. Após a abordagem teórica inicial, que envolveu discussões sobre resíduos plásticos, impactos ambientais e a problemática dos microplásticos no meio ambiente e na saúde humana, teve início a etapa prática em laboratório voltada à preparação da matéria-prima para a produção de filamentos.

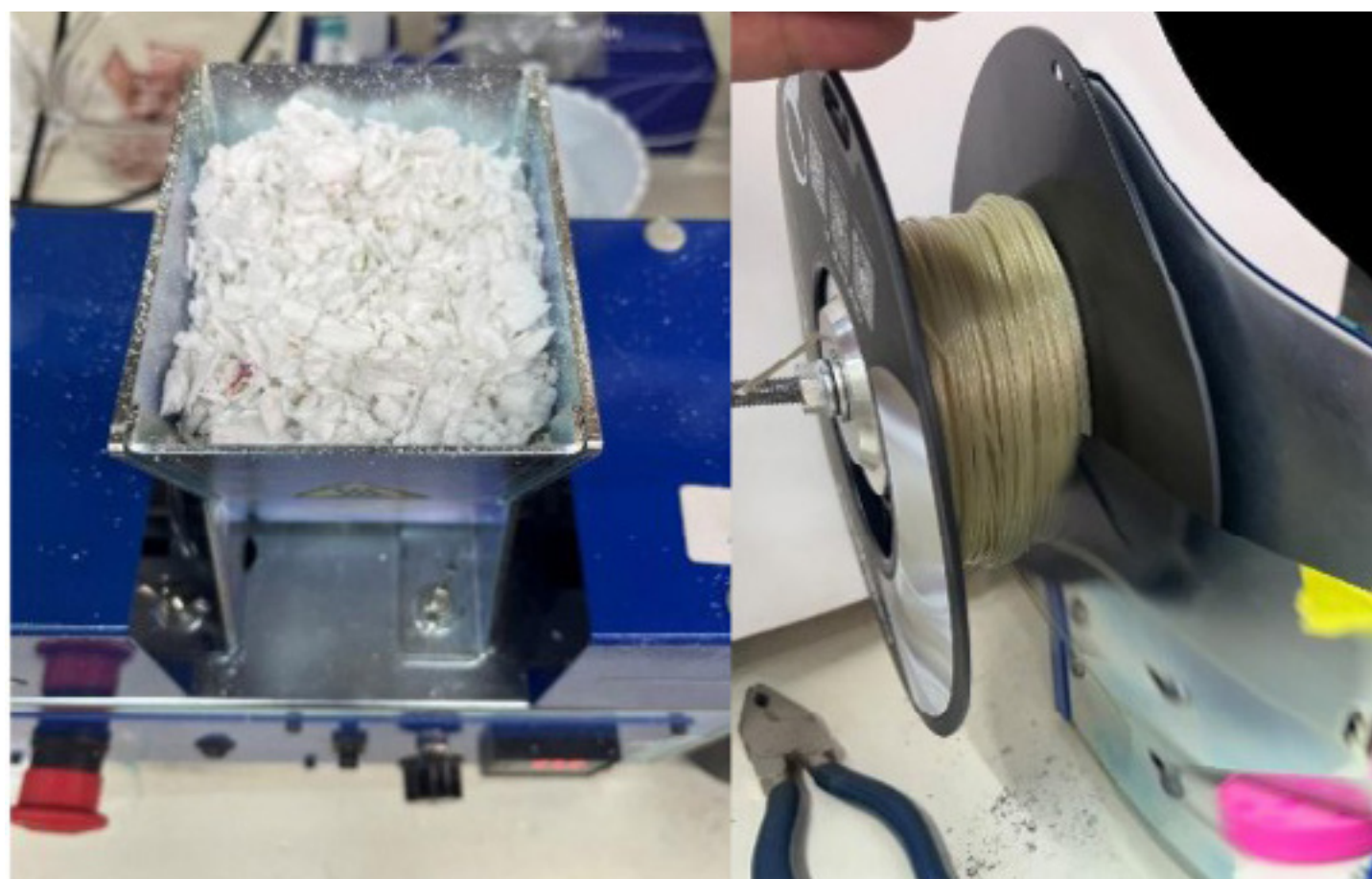
Os estudantes já foram introduzidos ao funcionamento da extrusora Filmaq 3D e começaram os testes com poliestireno expandido (EPS), proveniente de embalagens de marmita, escolhido por ser um material de fácil acesso, com boa disponibilidade no laboratório e facilidade de limpeza e secagem. Após a higienização, o EPS é prensado em temperaturas entre 100 °C e 200 °C, resfriado e posteriormente triturado em liquidificador. O material resultante é então alimentado na extrusora, com os parâmetros devidamente ajustados para a produção de filamento com aproximadamente 1,75 mm de diâmetro. A figura 01 demonstra o EPS triturado e o filamento gerado.

Até o momento, os alunos conseguiram produzir mais de 300 metros de filamento. O foco atual está na padronização da espessura do filamento, etapa essencial para garantir a compatibilidade com a impressora 3D e viabilizar a impressão dos objetos.

Em paralelo, os estudantes já realizaram impressões utilizando filamentos comerciais de PLA, como forma de familiarização com a tecnologia e validação dos modelos. Foram confeccionados dois tipos de objetos: um modelo livre, escolhido pelos próprios alunos como exemplo ilustrativo, e um modelo educacional/didático, com aplicação direta no contexto da cooperativa e/ou dos cursos de origem dos participantes.

O próximo passo do projeto consiste na realização de testes de impressão com os filamentos reciclados de EPS já produzidos, consolidando os conhecimentos técnicos adquiridos e avaliando o desempenho do material reciclado em aplicações reais.

**Figura 01:** EPS triturado e filamento gerado.



Fonte: Os autores (2025).

### Discussão

A atividade desenvolvida demonstrou grande potencial de articulação entre teoria e prática, integrando conceitos de sustentabilidade, economia circular e inclusão social por meio de uma abordagem interdisciplinar. O forte engajamento dos alunos participantes revela o impacto positivo da proposta, especialmente por envolver atividades práticas que extrapolam a sala de aula e proporcionam contato direto com tecnologias de transformação de resíduos, como a extrusão e a impressão 3D.

Do ponto de vista ambiental e tecnológico, a transformação do poliestireno expandido (EPS), um resíduo de difícil reciclabilidade e baixo valor de revenda, em filamentos utilizáveis em impressoras 3D exemplifica um caso concreto de aplicação da economia circular. O reaproveitamento de materiais tradicionalmente excluídos das cadeias de reciclagem comerciais é fundamental para a redução do volume de resíduos plásticos destinados a aterros ou ao descarte irregular, contribuindo para a mitigação dos impactos ambientais causados pelo acúmulo de microplásticos no ambiente.

Além disso, o projeto dialoga diretamente com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) propostos pela ONU. A experiência favorece o ODS 4 (Educação de Qualidade), ao promover práticas pedagógicas inovadoras e contextualizadas; o ODS 9

(Indústria, Inovação e Infraestrutura), pela introdução de tecnologias de manufatura digital acessíveis em ambiente acadêmico; o ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis), ao incentivar o reaproveitamento de resíduos; e o ODS 17 (Parcerias e Meios de Implementação), ao envolver a cooperativa COOPERVIDA no processo.

A atuação conjunta com a cooperativa também reforça o papel social do projeto, promovendo o

diálogo entre universidade e comunidade e contribuindo para a valorização de grupos do sistema formal de reciclagem. Ao propor alternativas para o reaproveitamento de materiais sem saída comercial, o projeto abre possibilidades de geração de renda e estímulo à inovação local.

Entre os principais desafios enfrentados, destaca-se a padronização da espessura dos filamentos de EPS, condição essencial para a boa performance do material nas impressoras 3D. Ainda que os testes com PLA tenham servido de base para o domínio da tecnologia, a adequação de materiais reciclados requer ajustes contínuos e maior controle dos parâmetros da extrusora. Esses obstáculos técnicos, no entanto, também funcionam como oportunidade de aprendizagem e aperfeiçoamento do processo, e podem fomentar novos estudos envolvendo diferentes resíduos plásticos, como o PET. Embora esteja detalhado o tratamento das garrafas na atividade, até o presente momento não foi possível aplicar a produção do filamento devido ao tempo da atividade.

Com base nos resultados parciais obtidos, observa-se que a iniciativa pode ser replicada em outros contextos educativos e sociais, contribuindo tanto para a formação técnica dos estudantes quanto para a disseminação de práticas sustentáveis. A continuação do projeto, com a produção e avaliação de objetos impressos a partir de filamentos reciclados, será essencial para validar a viabilidade da proposta em larga escala e ampliar seus impactos.

## Referências

JONES, Frances. **A ameaça dos microplásticos**. Revista Pesquisa FAPESP. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/a-ameaca-dos-microplasticos/>. Acesso em: 15 jan. 2025.

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2022**. São Paulo: ABRELPE, 2023.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União, Brasília, 2010.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Towards the circular economy: economic and business rationale for an accelerated transition**. Cowes, UK: Ellen MacArthur Foundation, 2015.

**ESTUDANTES DE SP SÃO PREMIADOS POR RECICLAGEM DE ISOPOR**. Disponível em: <https://www.reciclasampa.com.br/artigo/estudantes-de-sp-sao-premiados-por-reciclagem-de-isopor>. Acesso em: 15 jan. 2025.

HOPEWELL, J.; DVORAK, R.; KOSIOR, E. **Plastics recycling: challenges and opportunities**. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, v. 364, n. 1526, p. 2115–2126, 2009.

PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **Single-use plastics: a roadmap for sustainability**. Nairobi: UNEP, 2018.

SILVA, M. E.; COSTA, J. F.; NASCIMENTO, R. M. **Desafios da reciclagem de plásticos no Brasil: uma análise a partir das cooperativas de catadores**. Revista Tecnologia e Sociedade, v. 16, n. 42, p. 53–67, 2020.

# Projeto Composnana: unindo automação e sustentabilidade na produção de microverdes

João Henrique Fernandes Gadea<sup>1</sup>  
Weverton de Souza Araujo<sup>2</sup>  
Clara Ayume Ito de Lima<sup>3</sup>

## Resumo

A presença da tecnologia na agricultura contribui para o aumento no rendimento e qualidade da produção agrícola, além do uso eficiente de insumos e de recursos. Diferentes formas de tecnologia podem ser usadas, como a inteligência artificial, drones, equipamentos de robótica e a automação. No caso específico do uso da automação na irrigação, sua aplicação contribui para a criação de sistemas produtivos sustentáveis e com menor desperdício de água, pois os métodos convencionais de irrigação fazem uso de equipamentos manuais e que não são precisos em relação às necessidades reais da planta. Desse modo, o presente trabalho tem como objetivo descrever a construção do protótipo de um microcontrolador Arduino para monitoramento da umidade do solo para ser aplicado em um plantio de microverdes. Foi utilizado o sistema Arduino e a construção do protótipo foi montado com materiais e dispositivos eletrônicos que incluíram sensores de umidade do solo. O funcionamento do sistema era influenciado de acordo com a porcentagem de umidade do substrato e quando apresentava umidade inadequada (abaixo de 40%) acionava uma bomba que realizava a distribuição da água por todo o substrato do recipiente. Com o aumento do teor de água no substrato, a bomba era desligada e se encerrava o processo. Pode-se concluir que a proposta de construção do protótipo foi atendida e este foi desenvolvido utilizando materiais de baixo custo e com fácil aplicação no plantio, podendo ser uma alternativa de solução tecnológica acessível e sustentável para o uso eficiente da água no processo de irrigação para produtores.

**Palavras-chave:** Arduino, agricultura de precisão, irrigação automatizada.

## Abstract

The presence of technology in agriculture contributes to increased yield and quality of agricultural production, in addition to efficient use of inputs and resources. Different forms of technology can be used, such as artificial intelligence, drones, robotic equipment and automation. In the specific case of using automation in irrigation, its application contributes to the creation of sustainable productive systems with less water waste, as conventional irrigation methods use manual equipment that is not precise in relation to the plant's real needs. Thus, this study aims to describe the construction of an Arduino microcontroller prototype for monitoring soil moisture to be applied in microgreens cultivation. Arduino system was used, and the prototype was built with electronic materials and devices, including soil moisture sensors. The system's operation was influenced by the substrate's moisture percentage, and when it presented inadequate moisture (below 40%), it activated a pump that distributed water throughout the container's substrate. As the water content in the substrate increased, the pump was turned off, and the process ended. It can be concluded that the proposed prototype construction was successful, and it was developed using low-cost materials and easy to apply in cultivation, making it a potential technological solution that is accessible and sustainable for efficient water use in irrigation processes for producers.

**Keywords:** Arduino, Precision Agriculture, Automated Irrigation.

<sup>1</sup>Aluno do curso técnico em Informática e Bolsista Fapes, Centro Técnico Criativo - Centro Estadual de Educação Tecnológica Giuseppe Altoé. [joaohgadea@gmail.com](mailto:joaohgadea@gmail.com)

<sup>2</sup>Aluno do curso técnico em Informática e Bolsista Fapes, Centro Técnico Criativo - Centro Estadual de Educação Tecnológica Giuseppe Altoé. [weverton7055@gmail.com](mailto:weverton7055@gmail.com)

<sup>3</sup>Professora de Ensino Profissional - Centro Estadual de Educação Tecnológica Giuseppe Altoé. [claraayume@gmail.com](mailto:claraayume@gmail.com)



## Introdução

As agroindústrias atuam na preparação e transformação de matérias primas oriundas da pecuária, aquicultura, silvicultura e agricultura (VAZ JUNIOR, 2020). A sua produção tem grande participação da economia brasileira, mas também são responsáveis pela produção de um volume significativo de resíduos. O município de Vargem Alta está situado no Sul do Espírito Santo e segundo dados do INCAPER (2020) possui 23 agroindústrias, produzindo diferentes produtos como embutidos, pó de café, cerveja artesanal e doces em geral. No caso específico das agroindústrias de mariola, a matéria prima utilizada é principalmente a banana, que utiliza apenas a polpa e as cascas são descartadas ou utilizadas na alimentação animal (TORREZAN, 1999). Araújo et al. (2019) estimam uma produção anual de cascas de banana no Brasil em cerca de 94,5 mil toneladas.

O aproveitamento de resíduos de frutas como matéria prima para produção de novos materiais ou produtos é de grande importância para o meio ambiente pois reduz os resíduos descartados de forma inadequada e os impactos ambientais que produz, além do interesse econômico pois o reaproveitamento desses subprodutos agrega valor à indústria. Diferentes aplicações do resíduo da casca de banana têm sido apresentadas, como na produção de álcool (Tewari et al., 1986), na adsorção de metais (Martins et al., 2015) e na alimentação de animais (Araújo et al., 2019).

O projeto “Composnana” foi criado como uma proposta de solução sustentável ao destino das cascas de banana descartadas pelas fábricas de mariola de Vargem Alta, para a produção de biofertilizantes e compostos orgânicos produzidos a partir da compostagem desses resíduos e sua aplicação no cultivo de microverdes. Essa iniciativa une tecnologia e sustentabilidade, pois o plantio dos microverdes usará a automação como ferramenta de controle de umidade do solo e temperatura. Para realizar a irrigação de seu plantio, o agricultor familiar tem contado com um sistema de irrigação convencional que possui controle manual e que não tem controles de variáveis importantes como temperatura e a umidade do solo, podendo gerar alguns inconvenientes devido à má distribuição e monitoramento de água no cultivo (CUNHA e ROCHA, 2016). Dessa forma, o uso da automação pode contribuir para o uso da água na irrigação de forma mais sustentável, pois o uso de sensores auxilia o pequeno produtor a medir parâmetros para que a irrigação ocorra de forma adequada e com valores precisos, consequentemente reduzindo o desperdício de água e energia.

Por abordar o uso sustentável da água na agricultura, o presente trabalho está alinhado com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 06, referente ao aumento da eficiência de uso da água em todos os setores produtivos, pois através da produção de ferramentas tecnológicas é possível estimular e intensificar a presença da agricultura sustentável.

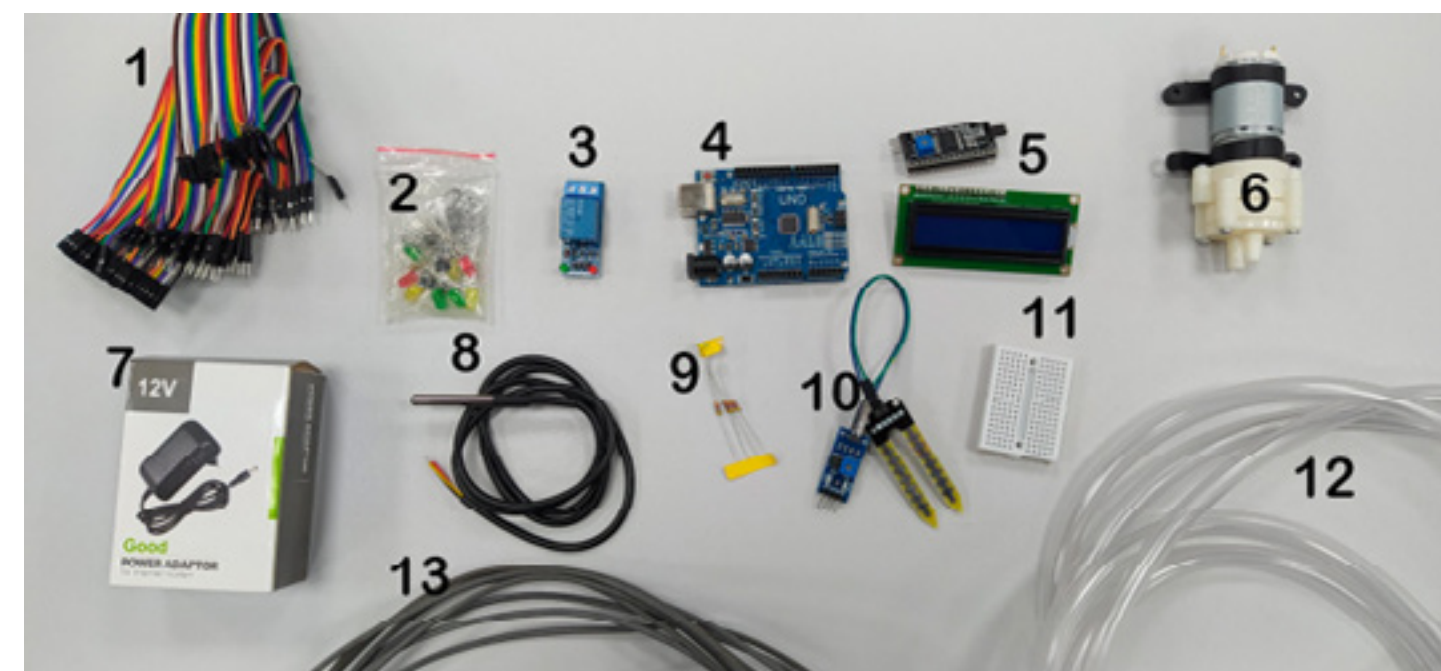
O presente estudo tem como objetivo descrever a construção e a aplicação de um microcontrolador Arduino para monitoramento da umidade do solo em um plantio de microverdes, contribuindo para propor uma solução tecnológica e sustentável para o uso eficiente da água no processo de irrigação.

## Metodologia

O trabalho foi desenvolvido no Centro Estadual de Educação Tecnológica Giuseppe Altoé, localizado em Vargem Alta, Espírito Santo. O projeto Composnana é desenvolvido a partir de uma iniciativa de inovação e pesquisa chamada Centro Técnico Criativo, para a realização de atividades de extensão, empreendedorismo inovador e desenvolvimento tecnológico e social nos Centros Estaduais de Educação Técnica, promovida pela Secretaria de Estado da Ciência, Tecnologia, Inovação e Educação Profissional - SECTI e da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo - FAPES.

Para o desenvolvimento da primeira etapa do projeto, que é apresentada neste trabalho, foi construído um sistema de irrigação utilizando a plataforma de prototipagem eletrônica Arduino (Figura 01).

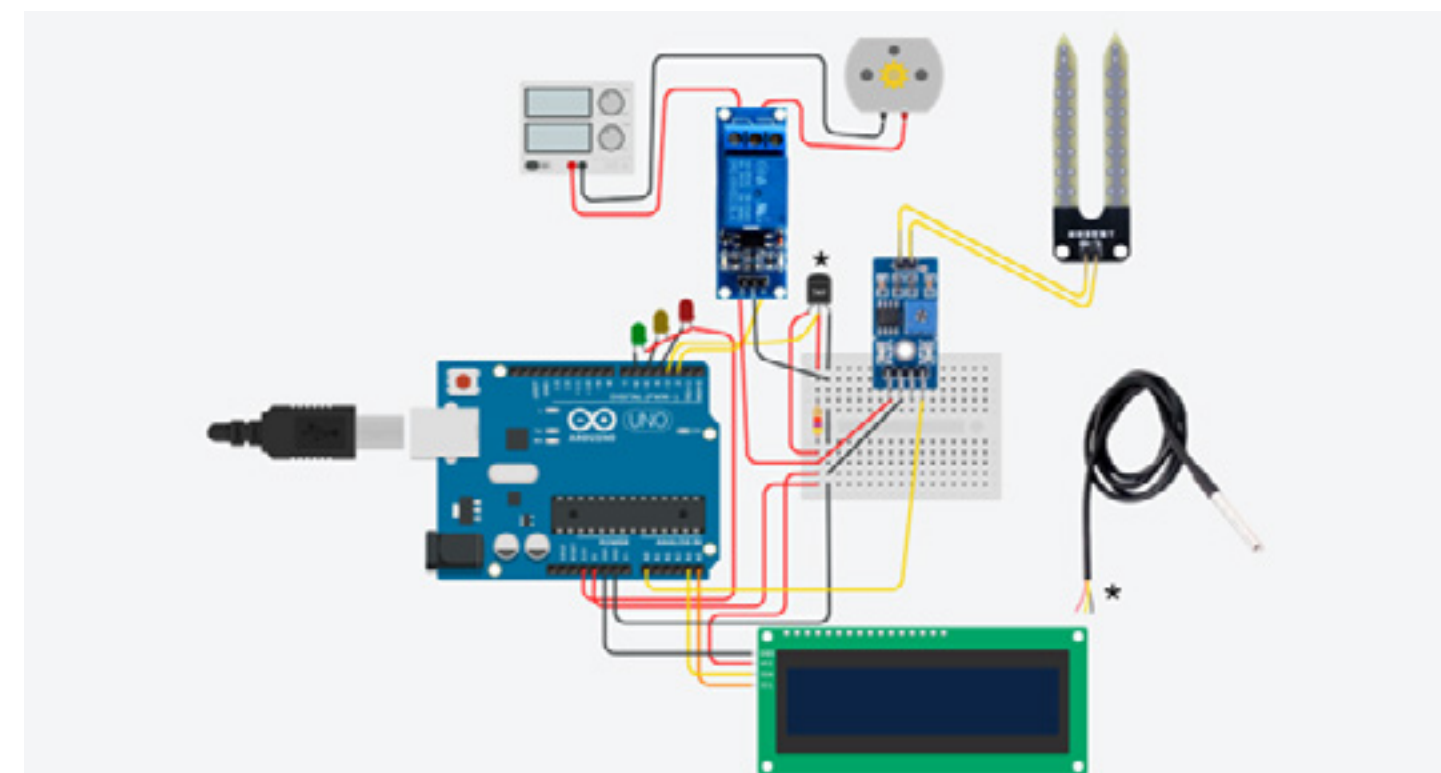
**Figura 01** - Peças e materiais utilizados na construção do sistema de irrigação Arduino. 1 - Conectores jumpers macho/macho e macho/fêmea; 2 - Leds; 3 - Módulo relé 1 canal; 4 - Arduino uno R3; 5 - Display LCD 16x2 com módulo para arduino; 6 - Bomba d' água 12V; 7 - Fonte 12 volts 1,5 A; 8 - Sensor de temperatura Ds18b20 à prova d' água; 9 - Resistor 4.7K para ligação do Ds18b20; 10 - Higrômetro sensor de umidade + módulo conversor; 11 - Mini protoboard para as ligações; 12 - Mangueira de nível 5/16 miolo 4mm e mangueira de aquário 4mm; 13 - Fio telefônico cci 1 par .



Fonte: O próprio autor.

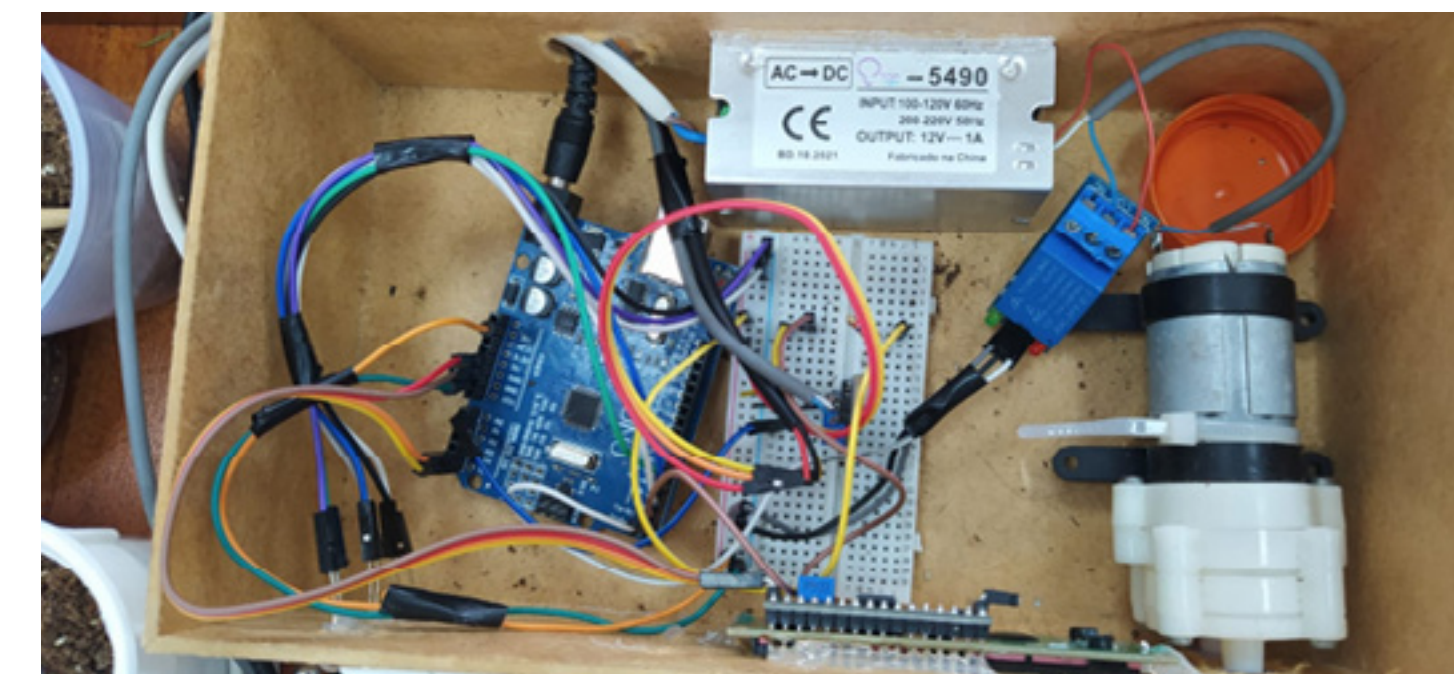
A montagem do sistema seguiu o esquema elétrico representado na Figura 02:

**Figura 02** - Esquema elétrico utilizado no projeto, onde o “\*” representa onde será feita a ligação do sensor de temperatura.



Fonte: O próprio autor.

**Figura 03** - Montagem do circuito dentro de uma caixa de MDF para maior proteção dos componentes.



Fonte: O próprio autor.

## Referencial Teórico

### Microverdes

Os microverdes são produzidos a partir de sementes de vegetais, ervas ou grãos, sendo pequenas plantas onde os cotilédones estão totalmente desenvolvidos e possuem uma grande quantidade de nutrientes e vitaminas na sua composição (FREITAS, 2020; XIAO et al., 2012). Embora menores que os vegetais convencionais, possuem uma variedade de sabores intensos, cores diversas e texturas, podendo ser consumidos de diferentes formas.

O uso dos microverdes surgiu na Califórnia no início da década de 1980, aplicados na ornamentação de pratos “gourmets” (FREITAS et al., 2020). No Brasil, esses vegetais ganharam destaque a partir de 2018, porém os microverdes ainda são muito pouco conhecidos, possuindo um grande potencial de expansão e rentabilidade para o produtor. Atualmente, seu uso é variado como em saladas cruas ou na ornamentação de pratos, visto que são vegetais com alto valor nutricional, com concentrações mais altas de vitaminas e carotenóides do que plantas maduras (XIAO et al., 2012). Além disso, devido ao seu tamanho e forma atrativa, os microverdes vêm se apresentando com uma grande aceitação na alimentação saudável infantil (DOMINGUES e LADEIRA, 2024).

Outra vantagem do plantio dos microverdes é sua facilidade e praticidade, sendo possível seu cultivo em estufas ou em pequenos espaços como varandas e prateleiras, além de desenvolver a agricultura urbana sustentável, promovendo a agroecologia e contribuindo para a saúde o bem-estar através do contato com as plantas (DODE et al., 2021).

### Contribuições da automação na agricultura sustentável

Quando se discute o futuro da agricultura, cada vez mais estão presentes questões voltadas à preocupações com a sustentabilidade, havendo a necessidade de mudanças no sistema convencional de produção atual. Dentre os principais desafios da agricultura atual, pode-se citar o aumento da população mundial, que demanda uma maior produção de alimentos com qualidade e produzidos com o uso sustentável dos recursos naturais e a necessidade de mais matérias primas para as



demandas nos diversos setores de produção (LOPES e CONTINI, 2012; SOUSA, 2022). Sendo assim, para atender as necessidades da sociedade serão necessárias tecnologias e inovações em diversas áreas para trazer soluções que permitam a agricultura brasileira avançar na segurança, qualidade e produtividade.

No caso da agricultura, a automação pode englobar desde o funcionamento de tratores até a implementação de sistemas tecnológicos que usam inteligência artificial, programação e robótica para realizar tarefas, permitindo a construção de sistemas de precisão no uso de água, fertilizantes, sementes e energia. A implementação de sistemas em estufas que controlam a temperatura e umidade pode contribuir para diminuir o desperdício de água e insumos, contribuindo para uma produção mais sustentável (SOUSA e ROCHA, 2020). Embora a utilização dessas ferramentas tecnológicas contribua para a agricultura, ainda são recursos que não são acessíveis a todos, pois possuem custo elevado, além de ser necessário um conhecimento prévio para manipulação dos equipamentos. Sendo assim, há a necessidade de desenvolver dispositivos mais acessíveis, tanto em relação ao seu custo quanto para o seu uso pelo agricultor. Um exemplo foi o estudo desenvolvido por Sousa e Rocha (2020), que construíram um protótipo com valor reduzido utilizando o Arduino, sensores e atuadores de automação para o monitoramento da temperatura e umidade do solo em plantas de morangueiro e controle dos processos de irrigação, adubação e iluminação. Segundo Bolignani e Lucca Filho (2025), é necessário que haja um esforço de vários setores para que os desafios técnicos, financeiros e sociais relacionados ao uso dessas tecnologias nos cultivos agrícolas possam ser superados, promovendo uma agricultura que produza alimentos com qualidade, sustentáveis e de forma eficiente. Vieira (2024) desenvolveu uma cabine para cultivo indoor de microverdes com auxílio de luz artificial, mas destacou a necessidade de também implementar um sistema automático eficiente e de baixo custo para realizar a irrigação desse cultivo.

## Resultados

O Arduino é uma placa microcontroladora de prototipagem eletrônica de fácil acesso e aprendizado e de baixo custo, podendo ser utilizado para automação em diversas áreas, inclusive na agricultura. A placa Arduino pode receber dados de vários tipos de sensores, sendo analógicos ou digitais, e gerar uma resposta programável para cada situação. Os sensores também são acessíveis e de baixo custo e devido a ampla disponibilidade de tutoriais na Internet, bibliotecas de códigos e comunidades ativas, qualquer pessoa pode aprender e aplicar, mesmo sem um grande conhecimento técnico. No contexto agrícola o Arduino possibilita o desenvolvimento de sistemas voltados para o monitoramento ambiental, controle automatizado de irrigação, medição da umidade do solo, luminosidade, temperatura, dentre outros parâmetros relevantes à produção (SOUSA e ROCHA, 2020). Essas aplicações se tornam muito vantajosas para pequenas e médias propriedades rurais promovendo a utilização da prática da agricultura de precisão e a otimização do uso de recursos naturais (FERNANDES et al., 2017).

O valor gasto para montagem do sistema utilizado no presente projeto está descrito no quadro 01.

### Quadro 01 - Listagem dos materiais (unidade e valor) utilizados para a montagem do sistema Arduino para irrigação e controle da umidade do solo.

Materiais	Unidade	Preço
Diversas Cores Com 100 Leds De 5mm Alto Brilho 20un Cada Luz Colorido 3v	1	R\$ 24,07
Mini Protoboard Com 170 Pontos Projetos Pic Arduino 5 Cores	1	R\$ 11,90
Kit Jumper 10cm 120 Peças Mxf Mxm Fxf Arduino Cabinho Wire	1	R\$ 32,60

Fonte De Alimentação 12v 2a Para Câmeras E Fitas De Led	1	R\$ 16,10
Mini Bomba 6v A 12v Água / Ar / Vácuo / Aquário Rs-385	1	R\$ 33,85
Sensor De Temperatura Ds18b20 A Prova D'água 3 Metros	1	R\$ 33,90
Placa Compatível Com Arduino Uno R3 Atmega328	1	R\$ 47,14
Display Lcd 16x2 1602 Fundo Azul Módulo I2c Soldado Arduino	1	R\$ 31,59
Oceantech Mangueira Siliconada 4mm Aquário Compressores- 10m	1	R\$ 25,65
Módulo Shield Relé 1 Canal 5v Para Arduino E Raspberrry	1	R\$ 14,60
Higrômetro Sensor Umidade Do Solo Arduino Pic Raspberrry Arm	1	R\$ 13,89
<b>Total</b>		<b>R\$ 285,29</b>

Fonte: o próprio autor.

## Discussão

Analisando os resultados preliminares obtidos até o momento, o objetivo da construção do protótipo do sistema automatizado da irrigação dos microverdes foi alcançado de forma satisfatória e a utilização desse sistema contribuiu para a gestão da irrigação no cultivo, pois esse processo só ocorria nos momentos necessários. Dessa forma, ao usar o nível de umidade do solo para manter as necessidades de água da planta atendidas, o sistema desenvolvido respondeu adequadamente aos objetivos da pesquisa, proporcionando uma maior eficiência no manejo da irrigação evitando por exemplo, irrigar a planta em excesso ou até mesmo o oposto deixando o solo muito seco ocasionando na morte das plantas. Além disso, o fácil processo de instalação do Arduino, sua flexibilidade e seu baixo custo-benefício mostram-se alinhadas às demandas da agricultura familiar, onde o recurso financeiro e o acesso à tecnologia geralmente são limitados. O valor do custo de implementação do sistema foi de cerca de R\$280, similar ao valor obtido no protótipo desenvolvido por Falcão et al (2024), demonstrando que este protótipo é economicamente viável, em face de outras formas de tecnologia de irrigação disponíveis e que exigem um investimento elevado (SIQUEIRA e FERREIRA, 2023).

Frente aos desafios socioambientais atuais como as mudanças climáticas e a segurança alimentar da população, novas abordagens são necessárias contribuindo para que as cidades se tornem espaços de produção de alimentos através da agricultura urbana (PURQUERIO et al., 2018). A agricultura urbana, através do cultivo vertical ou indoor nas cidades, ainda é pouco explorada no Brasil, e pode ser promovida a partir da implementação de tecnologias como a automação e a hidroponia. O uso da tecnologia da informação no campo está associada à agricultura de precisão, que traz soluções a partir de novas tecnologias para cada ambiente de produção e suas demandas, aumentando a produção e reduzindo os efeitos no meio ambiente (BERNARDI et al., 2014).

Apesar de conter apenas resultados preliminares, o presente estudo indica que o uso do Arduino é uma alternativa acessível e viável (mesmo para indivíduos sem experiência na automação) para o plantio de microverdes e de outros tipos de hortaliças e plantas. O uso de automação no cultivo possui um grande potencial para transformar a agricultura urbana, construindo um ambiente para o desenvolvimento de uma horta autônoma, que une a sustentabilidade, promove a produção local e o uso eficiente dos recursos, pois utiliza a água de forma de acordo com as demandas da planta e do ambiente. Como próximos passos, nosso projeto irá iniciar a fase de testes em campo, para avaliar a eficiência e funcionamento do sistema desenvolvido em um plantio real, determinando a vazão do sistema para irrigação e sua resistência às intempéries.

## Referências

ARAÚJO, L. F. et al. **Enriquecimento nutricional da casca de banana por processo biotecnológico para obtenção de ração animal peletizada**. Revista de Agroecologia no semiárido, v. 3, n. 2, p. 1-10, 2019.

BEZERRA DA CUNHA, K. C.; DA ROCHA, R. V. **Automação no processo de irrigação na Agricultura Familiar com plataforma Arduino**. Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar, Tupã, São Paulo, Brasil, v. 1, n. 2, p. 62-74, 2016. Disponível em: <https://owl.tupa.unesp.br/recodaf/index.php/recodaf/article/view/13> . Acesso em: 3 abr. 2025.

BOLIGNANI, E. A.; LUCCA FILHO, J. de. **Integração de tecnologias de automação na agricultura: desafios e oportunidades**. Revista Interface Tecnológica, Taquaritinga, SP, v. 21, n. 1, p. 150-159, 2025. DOI: 10.31510/infa.v21i1.1919. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/1919>. Acesso em: 4 abr. 2025.

DODE, L. B. et al. **Microverdes: cultivo doméstico na promoção da saúde e bem-estar**. Expressa Extensão, v. 26, n. 1, p. 172-181, 29 dez. 2020.

DOMINGUES, R.; LADEIRA, P. **Cultivo de microverdes como ferramenta lúdico-pedagógica em instituição de ensino infantil**. Anais do XII Congresso Brasileiro de Agroecologia, v. 19, n. 1, 2024.

EMBRAPA. **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Embrapa Instrumentação, Brasília, DF: Embrapa, 596 p, 2014.

FALCÃO, J. F.; SOUZA, B. M.; AMORIM FILHO, D. B.; VIEIRA, J. E. O.; LIMA, R. S. **Custo de produção de um sistema de irrigação inteligente com Arduino**. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, v.10., n.05., Maio, 2024.

INCAPER. Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural, Vargem Alta PROATER 2020-2023. 47 p., 2020.

LOPES, M. A.; CONTINI, E. **Agricultura, sustentabilidade e tecnologia**. Agroanalysis, v. 32, p. 28-34, 2012.

MARTINS, W. A. et al. **Reaproveitamento de resíduos agroindustriais de casca banana para tratamento de efluentes**. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 10, n. 1, p. 96-102, 2015. DOI: 10.18378/rvads.v10i1.3361. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/3361>. Acesso em: 3 abr. 2025.

RUELLA, Priscilla Rodrigues. **Produção de mudas de hortaliças orgânicas e de microverdes em substratos formulados com composto de casca de banana**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 52 p. 2021.

SIQUEIRA, A. S. de; FERREIRA, A. F. **Sistema de irrigação automatizada para estufas de cultivo de tomate utilizando a plataforma Arduino**. Revista Ibero-Americana De Humanidades, Ciências E Educação, 9(2), 1121–1129, 2023. <https://doi.org/10.51891/rease.v9i2.8608>

SOUSA, A. V.; ROCHA, R. V. **Automação na agricultura: tecnologia acessível aos pequenos produtores rurais**. VII Encontro Internacional Competências Digitais para Agricultura Familiar, p. 9-33, 2020.

SOUSA, G. A. **Produção de microverdes no Brasil: inovação tecnológica na produção de mini hortaliças**. Monografia (Especialização em Sistemas Produtivos Sustentáveis Para o Semiárido), Universidade Estadual da Paraíba, Catolé do Rocha, 29 f., 2022.

TORREZAN, R.; FREIRE JUNIOR, M.; CORRÊA, T. B. S. **Aproveitamento de cascas de banana para produção de farinha**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústrias de Alimentos, 16 p., 1999.

VAZ JUNIOR, S. **Aproveitamento de resíduos agroindustriais: uma abordagem sustentável**. Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 26 p., 2020.

VIEIRA, L. B. L. **Smart grow light: sistema de internet das coisas para manejo de alfaces e microverdes em cultivo indoor com iluminação artificial**. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologias Ambientais) - Instituto Federal de Alagoas, Campus Marechal Deodoro, 153f., Marechal Deodoro, 2024.

# Educação, Sociedade e Inclusão

O fator humano: do desenvolvimento de lideranças às práticas pedagógicas sustentáveis.



## CAPÍTULO 4

# Lab Futuros Inovativos: redes de inovabilidade e lideranças negras e periféricas nos negócios de impacto

Priscila Ricardo<sup>1</sup>  
Priscila Gama<sup>2</sup>  
Fabiana Franco<sup>3</sup>

## Resumo

O Lab Futuros Inovativos é uma jornada pré-aceleradora híbrida voltada para o fortalecimento da inovação social e sustentabilidade, com foco na criação de negócios de impacto nos territórios vulnerabilizados do Estado do Espírito Santo. O programa promove ciclos de formações técnicas, pesquisa, compartilhamento público e a criação de modelos de negócios que aliam a preservação do planeta, impactos socioambientais e ganhos financeiros, todos alinhados à agenda ESG (ambiental, social e de governança). Tem como objetivo a criação de modelos de negócios integrativos, com impacto direto no desenvolvimento sustentável das periferias capixabas. A metodologia do Lab Futuros se baseia em inovabilidade, utilizando tecnologias sociais e vocação territorial para promover soluções locais e escaláveis. O programa prioriza a inclusão de atores periféricos e as iniciativas compostas por comunidades locais, promovendo o acesso ao conhecimento e às oportunidades para a criação de negócios sustentáveis. Por meio de uma parceria técnica e científica entre o Instituto Das Pretas e o ICCA (Instituto de Inovação, Conhecimento e Ciências Aplicadas), o projeto visa capacitar 20 empreendimentos nos territórios atendidos pelo Programa Estado Presente, focando na educação empreendedora e no fortalecimento de iniciativas socioambientais. O objetivo é estimular o empreendedorismo periférico, formando novos empreendedores e gerando oportunidades sustentáveis para comunidades vulneráveis. Ao integrar o ecossistema de inovação capixaba, o Lab Futuros amplia as possibilidades de um futuro sustentável para todos, ao mesmo tempo que fortalece o potencial de inovação nas periferias, com foco na diversidade, inclusão e empoderamento social.

**Palavras-chave:** inovação social; sustentabilidade; inovabilidade; negócios de impacto; ESG; empreendedorismo periférico, Lab Futuros Inovativos

## Abstract

Lab Futuros Inovativos is a hybrid pre-acceleration program aimed at strengthening social innovation and sustainability, with a focus on creating impactful businesses in the vulnerable territories of Espírito Santo. The program promotes technical training cycles, research, public sharing, and the creation of business models that combine planet preservation, socio-environmental impacts, and financial gains, all aligned with the ESG agenda (Environmental, Social, and Governance). Its goal is to create integrative business models with a direct impact on the sustainable development of peripheral areas in the state. The methodology of Lab Futuros is based on innovability, using social technologies and territorial vocations to promote scalable, locally-driven solutions. The program prioritizes the inclusion of peripheral actors and initiatives composed mainly of local communities, providing access to knowledge and opportunities for the creation of sustainable businesses. Through a technical and scientific partnership between Instituto Das Pretas and ICCA (Institute of Innovation, Knowledge, and Applied Sciences), the project aims to empower 20 businesses in the territories covered by the Estado Presente Program, focusing on entrepreneurial education and the strengthening of socio-environmental initiatives. The goal is to stimulate peripheral entrepreneurship, forming new entrepreneurs and creating sustainable opportunities for vulnerable communities. By integrating with the capixaba innovation ecosystem, Lab Futuros expands the possibilities for a sustainable future for all, while strengthening the innovation potential in peripheral areas, with a focus on diversity, inclusion, and social empowerment.

**Keywords:** social Innovation; sustainability; innovability, impactful businesses; ESG; peripheral entrepreneurship; Lab Futuros Inovativos

<sup>1</sup>Priscila Ricardo dos Santos da Silveira, Doutora em Administração. [priscila@icca.org.br](mailto:priscila@icca.org.br)

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9564-7090>

<sup>2</sup>Priscila Gama, Mestre em Sociologia Política. [priscila@daspretas.com.br](mailto:priscila@daspretas.com.br)

<sup>3</sup>Fabiana Franco, Doutora em Comunicação. [fabiana.franco@daspretas.com.br](mailto:fabiana.franco@daspretas.com.br)

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5692-0859>





## Introdução

A periferia, muitas vezes estigmatizada e negligenciada pelas políticas públicas, é, paradoxalmente, um espaço de intensa inovação social. Os habitantes das comunidades periféricas, ou "quebradas", têm desenvolvido soluções inovadoras para enfrentar os desafios econômicos e sociais impostos pela exclusão e pela falta de infraestrutura. De acordo com o Censo Demográfico 2010 do IBGE, cerca de 25% da população brasileira vive em áreas periféricas, onde o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é significativamente menor que nas áreas urbanas centrais. Contudo, apesar das adversidades, as comunidades periféricas têm mostrado uma capacidade de adaptação e inovação que vai além da simples sobrevivência: elas criam suas próprias soluções, construindo infraestruturas resilientes, implementando tecnologias locais e utilizando métodos de inovação aberta que envolvem a criatividade e a capacidade empreendedora de seus moradores.

Esse potencial de inovação das periferias é amplamente subestimado e não é reconhecido como um recurso capaz de transformar as realidades socioeconômicas e ambientais desses territórios. O conceito de inovabilidade – a capacidade de inovar de maneira estratégica e sustentável, alinhada às necessidades locais – surge como um caminho para reverter essa marginalização. Nesse contexto, o projeto Lab Futuros Inovativos busca canalizar e fortalecer as iniciativas inovadoras dessas comunidades, promovendo transformações socioambientais positivas e sustentáveis, alinhadas aos princípios de ESG (ambiental, social e governança).

O Lab Futuros Inovativos se posiciona como uma plataforma estratégica para a criação de negócios de impacto socioambiental, com foco na capacitação de jovens empreendedores em territórios vulnerabilizados do Espírito Santo. O programa, por meio de um processo de pré-aceleração, oferece aos participantes as ferramentas necessárias para transformar suas ideias em negócios sustentáveis e inovadores, capazes de gerar não apenas valor econômico, mas também impacto social positivo. Essa iniciativa visa, portanto, fortalecer o ecossistema local e posicionar o Espírito Santo como um dos maiores hubs de startups de desenvolvimento sustentável no Brasil.

Por meio do programa, os jovens não só adquirem competências em gestão e inovação social, mas também têm a oportunidade de criar empregos para outros membros de suas comunidades, impulsionando a educação empreendedora e promovendo o desenvolvimento local. O programa está totalmente alinhado com a Agenda 2030 da ONU, contribuindo diretamente para o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), como Erradicação da Pobreza (ODS 1), Fome Zero e Agricultura Sustentável (ODS 2), Educação de Qualidade (ODS 4), Trabalho Decente e Crescimento Econômico (ODS 8) e Cidades e Comunidades Sustentáveis (ODS 11).

Além disso, a metodologia do Lab Futuros Inovativos integra os conceitos de urbanismo sustentável, abordando o uso de infraestruturas verdes e azuis, a gestão de resíduos, o uso de energias renováveis e a implementação de tecnologias de baixo carbono, com o objetivo de mitigar impactos ambientais enquan

to se busca reduzir desigualdades sociais. Ao integrar esses princípios, o projeto não apenas contribui para a transformação das realidades das periferias, mas também forma empreendedores preparados para enfrentar as exigências do mercado global, com foco na criação de negócios sustentáveis, escaláveis e alinhados com as melhores práticas de governança e responsabilidade social.

Por fim, este artigo visa detalhar o impacto do Lab Futuros Inovativos como um modelo de inovação social em territórios periféricos, destacando a importância da educação empreendedora, da capacitação técnica e do fortalecimento das economias locais para a promoção de desenvolvimento sustentável. A abordagem metodológica adotada no programa integra a Teoria da Mudança, a

Teoria U e os princípios da Lean Startup, visando criar um ciclo contínuo de aprendizado validado e transformação social.

## Referencial Teórico

A inovação social tem sido amplamente reconhecida como um fator essencial para a construção de soluções sustentáveis, particularmente em contextos de marginalização social e econômica. Como argumentam Ferrarini (2021) e Monteiro (2019), a inovação social vai além das inovações tecnológicas, sendo entendida como novos modelos organizacionais, abordagens colaborativas e processos sociais que geram transformação positiva nas comunidades, especialmente nas mais vulneráveis. Em seu conceito, a inovação social integra aspectos de sustentabilidade e empoderamento comunitário, ao buscar alternativas para problemas sociais estruturais. É, portanto, uma abordagem transformadora que se alinha diretamente com a necessidade de criar negócios de impacto, especialmente nas regiões periféricas e marginalizadas.

A sustentabilidade, por sua vez, está profundamente entrelaçada com a inovação social. De acordo com Jackson (2009), a sustentabilidade não é apenas um objetivo de preservação ambiental, mas um princípio orientador para o desenvolvimento econômico e social, especialmente em um contexto de justiça territorial. Inovação social e sustentabilidade são práticas que devem ser aplicadas simultaneamente para garantir que as soluções criadas não apenas atendam às necessidades imediatas das populações, mas também promovam a resiliência a longo prazo das comunidades e do meio ambiente. Dzhunushalieva e Teuber (2024) destacam que a sustentabilidade em negócios de impacto não se limita à redução de danos ambientais, mas se expande para a construção de economias locais mais inclusivas e resilientes, alinhadas aos princípios de ESG (ambiental, social e de governança).

Nesse contexto, a aplicação de inovabilidade, como discutido por De la Vega e Barcellos (2020), surge como um conceito chave para entender como a inovação pode ser alavancada de forma estratégica para resolver problemas sociais e ambientais, mantendo um equilíbrio entre a viabilidade econômica e a transformação social. A inovabilidade é entendida como a capacidade de unir inovação com práticas sociais e ambientais sustentáveis. Quando aplicada em negócios de impacto, a inovabilidade permite que empresas sociais criem soluções que sejam não apenas viáveis no mercado, mas que também atendam às necessidades locais de maneira responsável, promovendo a inclusão social e a justiça territorial. Arruda et al. (2022) observam que a criação de negócios de impacto que incorporam a inovabilidade permite que as comunidades possam se beneficiar de soluções escaláveis e adaptáveis, assegurando sua autonomia econômica e fortalecendo a coesão social.

Esses negócios de impacto, como ressaltado por Leal (2010), são fundamentais para a transformação de territórios vulneráveis, pois buscam ir além da simples busca por lucro financeiro. Eles têm como objetivo criar valor social e ambiental, enquanto geram empregos, fortalecem a economia local e reduzem desigualdades. A ideia de negócios de impacto está diretamente ligada à capacidade das empresas de gerar benefícios tangíveis para as comunidades e o meio ambiente, enquanto mantém a sustentabilidade financeira. Para que esses negócios se consolidem, é imprescindível que adotem princípios de governança responsável, e por isso, a adoção de práticas ESG (ambiental, social e de governança) torna-se um pré-requisito para garantir a credibilidade e perpetuidade desses modelos no mercado. Goldenberg et al. (2009) afirmam que as empresas que aplicam princípios ESG não só geram impacto positivo, mas também se tornam mais resilientes, pois estão mais bem preparadas para enfrentar os desafios sociais e ambientais impostos pela sociedade contemporânea.

A ideia de empreendedorismo periférico surge como um motor crucial para a criação e desenvol-

vimento de negócios de impacto em territórios marginalizados. Farfus e Rocha (2007) destacam que o empreendedorismo periférico se caracteriza pela capacidade dos empreendedores locais em identificar as necessidades da comunidade e desenvolver soluções adequadas. Ao focar nas potencialidades e vocação local, os empreendedores periféricos não apenas criam negócios de impacto, mas também empoderam suas comunidades e fortalecem a economia local. A autonomia e a capacidade de adaptação das soluções criadas são aspectos essenciais para o sucesso desses empreendimentos, pois permitem que as soluções sejam resilientes e escaláveis dentro dos contextos locais.

Ademais, como defendido por Caron (2007), a metodologia de criação de negócios de impacto nos territórios periféricos deve considerar a integração de inovação social com práticas de economia solidária. A economia solidária oferece um modelo alternativo ao capitalismo tradicional, focado na cooperação, autogestão e redistribuição de riquezas, sendo uma prática que se alinha diretamente com a criação de negócios de impacto que promovem a justiça territorial. A interseção entre inovação social, economia solidária e empreendedorismo periférico permite que novos modelos econômicos e sociais sejam criados, visando a autonomia e resiliência das comunidades, ao mesmo tempo em que contribui para um desenvolvimento territorial mais justo e equilibrado.

A educação para inovabilidade emerge como um elemento central para o sucesso dos negócios de impacto em territórios vulneráveis. Como Ferrarini (2021) e Monteiro (2019) apontam, a capacidade de criar soluções sustentáveis e inovadoras nas periferias depende não apenas da vontade e da criatividade dos indivíduos, mas também do conhecimento técnico e das habilidades de gestão que são desenvolvidas ao longo de sua formação. A educação empreendedora se torna um alicerce indispensável para capacitar os futuros empreendedores a aplicar inovações que sejam sustentáveis e escaláveis. Nesse contexto, a inovabilidade não é uma qualidade inata, mas algo que pode ser desenvolvido por meio da educação.

## Metodologia

Este artigo caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa (Deslauriers, 1991, Goldenbergm 1997) de natureza descritiva, com aproximações metodológicas a um estudo de caso (Stake, 1994, Yin, 2010) ao analisar a concepção, a implementação e os resultados do projeto Lab Futuros Inovativos em territórios periféricos do Estado do Espírito Santo. A opção por esse delineamento metodológico justifica-se pelo objetivo de compreender, de forma aprofundada e contextualizada, os processos, práticas e dinâmicas sociais envolvidos na promoção da inovação social, da educação empreendedora e da criação de negócios de impacto socioambiental em contextos de vulnerabilidade social.

A construção dos dados empíricos ocorreu por meio de observação participante (Spradley, 1980), considerando que as autoras estiveram diretamente envolvidas no planejamento, na execução e no acompanhamento das atividades do programa, incluindo mentorias, oficinas formativas, ideathons e testes de produtos mínimos viáveis (MVPs). Essa inserção no campo permitiu o acompanhamento sistemático das interações entre os participantes, das estratégias metodológicas adotadas e dos desafios enfrentados ao longo da jornada de pré-aceleração, favorecendo uma análise crítica e reflexiva sobre os processos de inovabilidade e desenvolvimento endógeno observados.

De forma complementar, foi realizada análise documental (Sá-Silva, Almeida e Guindani, 2009), a partir do exame de documentos institucionais do projeto, tais como o edital de seleção, os formulários de submissão das propostas, os registros de avaliação das iniciativas, relatórios de acompanhamento e materiais metodológicos orientadores do programa. A análise dos dados seguiu uma abordagem interpretativa, articulando os achados empíricos com o referencial teórico sobre inovação social, sustentabilidade, empreendedorismo periférico e negócios de impacto, possibili-



tando a sistematização dos resultados e a discussão do Lab Futuros Inovativos como um modelo de intervenção com potencial de replicabilidade em outros contextos periféricos.

O desenho metodológico adotado no Lab Futuros Inovativos foi desenvolvido com o objetivo de criar uma jornada de pré-aceleração que favoreça a criação de negócios sustentáveis e inovadores em comunidades periféricas e vulnerabilizadas. O programa adota uma abordagem integrada, que combina inovabilidade, tecnologias sociais e vocação territorial para promover transformações sociais e ambientais de longo prazo. O foco é garantir que os negócios de impacto gerados atendam às demandas do mercado, ao mesmo tempo em que proporcionam impactos sociais e ambientais positivos, alinhados aos princípios de ESG (ambiental, social e governança).

A jornada de pré-aceleração do Lab Futuros Inovativos tem uma duração de 7 meses e é estruturada de forma híbrida, combinando atividades presenciais e online. Esse formato proporciona maior alcance e flexibilidade, garantindo que os participantes possam integrar as práticas de inovação no seu ritmo e conforme as realidades locais. A metodologia do programa é baseada em três componentes principais:

A formação técnica no Lab Futuros é estruturada em três eixos principais: sustentabilidade, desenvolvimento de negócios e mentorias especializadas. Esses eixos visam fornecer aos participantes não apenas o conhecimento necessário para implementar soluções inovadoras, mas também as competências técnicas para gerar negócios sustentáveis que possam atender às necessidades específicas de seus territórios.

O eixo de sustentabilidade explora temas como infraestrutura verde, gestão de resíduos e energias renováveis, capacitando os empreendedores a integrar práticas sustentáveis nos seus modelos de negócios. O eixo de desenvolvimento de negócios foca na gestão de startups, no uso de tecnologias de baixo carbono, e na aplicação dos conceitos de inovabilidade para gerar soluções que sejam viáveis no mercado, mas que também atendam a necessidades sociais e ambientais. Por fim, as mentorias são personalizadas para o estágio de desenvolvimento de cada negócio, garantindo que cada empreendedor receba o apoio necessário para avançar em seu projeto.

O programa oferece mentorias especializadas de forma contínua e personalizada, com foco nas necessidades específicas de cada uma das iniciativas selecionadas. Cada uma das 20 iniciativas recebe um mentor especializado nas áreas de gestão de negócios, finanças, marketing e governança sustentável. O objetivo das mentorias é proporcionar aos empreendedores a orientação necessária para refinar suas ideias, validar modelos de negócio e desenvolver estratégias de crescimento que possam ser sustentáveis no longo prazo.

Além das capacitações técnicas e das mentorias, os empreendedores terão a oportunidade de testar suas ideias no mercado por meio de eventos como ideathons e testes de MVPs (Produtos Mínimos Viáveis). O ideathon é um evento colaborativo que visa promover a criatividade e a inovação, permitindo que os participantes possam validar suas ideias, obter feedbacks valiosos e melhorar seus modelos de negócio. Durante os testes de MVPs, os empreendedores poderão colocar em prática as soluções desenvolvidas, testando sua aceitação no mercado e avaliando sua viabilidade. Esse componente permite que os participantes validem e ajustem suas propostas de maneira prática e eficaz.

A seleção das 20 iniciativas para o Lab Futuros Inovativos seguiu um processo rigoroso que garantiu a escolha de projetos com alto potencial de impacto social e ambiental. O processo incluiu as seguintes etapas:

**Submissão de Propostas:** Foi lançado um edital público que convidou empreendedores e iniciativas locais de territórios periféricos e vulnerabilizados a submeterem suas propostas de negócios de impacto. O foco do edital foi incluir, preferencialmente, lideranças negras e moradores de periferias, cujas soluções estivessem alinhadas às necessidades dessas comunidades.

**Avaliação das Propostas:** As propostas foram avaliadas com base em critérios de impacto social e ambiental, viabilidade técnica e financeira, alinhamento com os princípios do programa e potencial inovador. A avaliação foi conduzida por uma banca de especialistas em inovação social e sustentabilidade.

**Entrevistas e Seleção Final:** As 49 propostas mais bem classificadas passaram por entrevistas, onde foram avaliadas a motivação dos empreendedores e o potencial das iniciativas. Ao final, as 20 melhores propostas foram selecionadas para participar da jornada de pré-aceleração.

A metodologia do Lab Futuros Inovativos é centrada em práticas pedagógicas que estimulam a escuta ativa, o protagonismo comunitário e a aprendizagem colaborativa. Essas dinâmicas pedagógicas buscam engajar os participantes em um processo de co-criação e inovação compartilhada, permitindo que as soluções sejam construídas de forma colaborativa, com forte vínculo com as realidades locais.

#### **As dinâmicas incluem:**

**Oficinas Híbridas:** Realizadas tanto presencialmente quanto online, as oficinas cobrem temas como gestão de negócios sustentáveis, inovação social, impacto social e ambiental e estratégias de crescimento empresarial.

**Mentoria Personalizada:** Como mencionado anteriormente, cada uma das iniciativas recebe mentorias individualizadas, garantindo que as soluções propostas sejam ajustadas às necessidades do mercado e das comunidades atendidas.

**Ideathon:** Um evento colaborativo que visa testar e validar as ideias apresentadas pelos empreendedores, estimulando a criatividade e a inovação.

A metodologia do Lab Futuros Inovativos integra a Teoria da Mudança, a Teoria U e os princípios da Lean Startup para fornecer um caminho estruturado e eficaz para o desenvolvimento de negócios de impacto.

A Teoria da Mudança orienta o planejamento estratégico, identificando os resultados esperados e os passos necessários para alcançá-los, garantindo que o impacto seja medido de forma contínua. A Teoria U, por sua vez, introduz um processo de transformação profunda, focando no desenvolvimento de soluções emergentes a partir da colaboração ativa e da inovação. Ao longo do programa, os empreendedores aplicam a Teoria U ao trabalhar coletivamente para co-criar soluções de impacto com suas comunidades, permitindo que o processo de transformação social aconteça de forma organizada e sustentável.

A Lean Startup complementa esse processo ao fornecer uma abordagem prática e ágil para validar ideias de negócios rapidamente por meio do ciclo Construir-Medir-Aprender. Com essa abordagem, os empreendedores podem testar suas soluções no mercado real, ajustar suas estratégias e aprimorar seus modelos de negócios com base no feedback direto dos usuários. A integração desses métodos permite que os participantes desenvolvam negócios de impacto sustentáveis e escaláveis, enquanto fomentam a inovabilidade local e garantem que suas soluções

atendam às necessidades das comunidades e sejam viáveis no longo prazo.

Para garantir clareza quanto ao escopo do projeto, definimos as exclusões do programa, visando evitar expectativas equivocadas por parte dos participantes e das partes interessadas. O Lab Futuros Inovativos foca exclusivamente em capacitação empreendedora, promoção de oportunidades de trabalho e o fortalecimento de iniciativas locais, não abrangendo:

**Construção de infraestrutura física:** O projeto não inclui a construção de estruturas físicas, como prédios ou redes de distribuição. O foco está em capacitação e no desenvolvimento de negócios de impacto.

**Financiamento direto de empreendimentos:** O programa não fornece financiamento direto para os negócios, mas oferece orientação e capacitação para que os empreendedores possam buscar fontes externas de financiamento.

**Consultoria especializada em áreas específicas:** O programa não oferece consultoria em áreas como topografia, impressão 3D, etc., mas foca no fortalecimento das habilidades empreendedoras em gestão de negócios e inovação social.

**Soluções individuais para cada desafio específico:** O Lab Futuros oferece apoio coletivo e orientação geral, não sendo possível atender todas as necessidades individuais de forma personalizada para cada empreendedor.

Essas exclusões foram definidas para garantir que o programa se mantenha focado em capacitação e inovação, oferecendo soluções práticas e escaláveis para os empreendedores das comunidades periféricas, dentro dos limites e escopo do projeto.

#### **Resultados**

O Lab Futuros Inovativos constitui-se uma plataforma voltada para a promoção de negócios de impacto socioambiental em territórios vulnerabilizados do Espírito Santo, com a proposta de utilizar inovação social para transformar realidades e fomentar o desenvolvimento sustentável. A metodologia adotada pelo programa visa não apenas capacitar os empreendedores locais, mas também integrar soluções que atendam de forma estratégica às demandas socioambientais das comunidades periféricas, promovendo uma transformação socioeconômica duradoura.

As iniciativas selecionadas para o programa demonstram um alto potencial para gerar impactos significativos nos territórios, refletindo diretamente os objetivos da proposta metodológica do Lab Futuros Inovativos, que inclui a inovabilidade, a sustentabilidade e a aplicação de tecnologias locais. Essas iniciativas têm como foco principal a resolução de desafios ambientais, sociais e econômicos, oferecendo soluções inovadoras e sustentáveis que buscam transformar os territórios vulneráveis e fortalecer as economias locais.

O programa foca na criação de negócios de impacto que visem a redução das desigualdades, uma das principais metas de desenvolvimento sustentável. As iniciativas selecionadas abordam de forma direta as desigualdades sociais e econômicas, propondo soluções que, ao mesmo tempo, promovem a inclusão social, empoderam as comunidades locais e geram novas oportunidades de emprego e renda. A metodologia de capacitação empreendedora oferecida pelo Lab Futuros é centrada em tecnologias sustentáveis, e foca na criação de negócios responsáveis e escaláveis, que atendem não apenas às necessidades locais, mas também contribuem para a geração de riqueza dentro dos próprios territórios.



Esses projetos integram as potencialidades locais e exploram as vocação dos territórios, garantindo que as soluções desenvolvidas não sejam apenas soluções pontuais, mas estratégias sustentáveis e adaptáveis às especificidades de cada local. O resultado esperado é o fortalecimento das comunidades locais e a promoção de transformações positivas no nível social, econômico e ambiental, gerando empoderamento comunitário e promovendo a justiça territorial.

Uma das abordagens centrais do Lab Futuros Inovativos é a aplicação de infraestrutura verde e azul como estratégia para a mitigação dos impactos ambientais nas comunidades periféricas. As iniciativas selecionadas estão, em sua maioria, alinhadas com esse princípio, oferecendo soluções baseadas na natureza para a gestão de recursos hídricos, áreas verdes urbanas e sistemas sustentáveis de captação de água. Essas soluções de infraestrutura verde e azul são projetadas para melhorar a qualidade ambiental e promover a resiliência climática, abordando de forma direta as questões locais de poluição e escassez de recursos naturais.

O impacto dessas iniciativas é potencializado pela capacitação técnica oferecida aos participantes, com foco na implementação de soluções de baixo custo, mas de alto impacto, que podem ser replicadas e adaptadas conforme as necessidades de cada território. O Lab Futuros Inovativos tem como foco preparar os empreendedores para pensar de maneira criativa e sustentável, criando soluções escaláveis que integram a infraestrutura verde e azul de forma eficaz nas realidades locais.

As tecnologias de baixo carbono e as energias renováveis também são foco das iniciativas do programa. As soluções desenvolvidas buscam reduzir a pegada de carbono e promover o uso de fontes de energia sustentáveis, como energia solar, energia eólica e tecnologias limpas. Essas soluções são projetadas para atender às necessidades locais de forma econômica e eficiente, ao mesmo tempo em que preservam o meio ambiente.

A aplicação dessas tecnologias é uma das maiores inovações sociais do programa, pois permite que as comunidades periféricas não apenas se tornem autossustentáveis, mas também que gerem riqueza localmente por meio de novos negócios verdes. A capacitação técnica dos empreendedores e as mentorias especializadas fornecidas ao longo do programa garantem que as inovações propostas sejam eficazes e viáveis, contribuindo para a redução de emissões e fortalecendo a economia local.

A gestão de resíduos é outro ponto de destaque nas iniciativas selecionadas, que abordam a necessidade de melhorar a gestão de resíduos sólidos nas comunidades periféricas. As soluções apresentadas não se limitam à reciclagem de materiais, mas também incluem práticas de compostagem, reaproveitamento de materiais e o desenvolvimento de modelos de negócios sustentáveis baseados na economia circular. A gestão de resíduos não só contribui para a redução do impacto ambiental, mas também gera novas oportunidades de emprego e renda.

Essas iniciativas mostram como é possível implementar práticas sustentáveis no nível local, transformando resíduos em produtos reutilizáveis e valor econômico, ao mesmo tempo em que se contribui para a preservação ambiental. O Lab Futuros Inovativos também oferece aos empreendedores as ferramentas e os conhecimentos necessários para inovar no reaproveitamento de recursos, criando soluções que atendem diretamente às necessidades ambientais e sociais das comunidades.

O empreendedorismo periférico é, sem dúvida, um dos principais motores da transformação nos territórios vulnerabilizados. As iniciativas do Lab Futuros Inovativos se concentram em fomentar a criação de negócios locais, que respeitam as vocações e potencialidades de cada território. O empreendedorismo nas periferias é caracterizado pela capacidade de adaptação e pela inovação

local, com soluções que atendem diretamente aos desafios cotidianos enfrentados pela população.

O programa capacita empreendedores das periferias, majoritariamente negros, a se tornarem líderes locais, com habilidades técnicas e gestão empreendedora que permitem o desenvolvimento de modelos de negócios sustentáveis e escaláveis. O impacto esperado dessas iniciativas é não apenas a transformação local, mas também o fortalecimento das economias periféricas, com a geração de emprego, renda e a circulação de riqueza nas comunidades atendidas.

O Lab Futuros Inovativos busca não apenas criar negócios de impacto, mas também garantir que as soluções desenvolvidas sejam escaláveis e replicáveis em outras comunidades. O sucesso do programa está em sua capacidade de fomentar negócios sustentáveis, com impacto social e ambiental, que possam crescer e se expandir para outros territórios do Espírito Santo e além. O ecossistema de inovação sustentável criado pelo Lab Futuros visa não apenas a solução local dos desafios enfrentados pelas periferias, mas também contribuir para um modelo de desenvolvimento sustentável que possa ser replicado em diversas regiões do Brasil.

Ao capacitar os empreendedores e ao conectar as soluções locais com tendências globais de inovação social, o Lab Futuros se posiciona como um facilitador de mudanças positivas, ampliando as possibilidades de desenvolvimento sustentável e criando um futuro mais justo e equitativo para as comunidades periféricas.

### Discussão

O Lab Futuros Inovativos desempenha um papel crucial na educação para inovabilidade nas comunidades periféricas, ao integrar inovação social, desenvolvimento sustentável e capacitação empreendedora. A metodologia adotada pelo programa oferece uma plataforma estratégica para o fortalecimento das capacidades locais e o desenvolvimento de negócios inovadores e sustentáveis, alinhados às necessidades específicas de cada território. O objetivo central é criar um ciclo contínuo de aprendizagem e adaptação, permitindo que os empreendedores locais possam desenvolver soluções práticas e escaláveis para os desafios sociais e ambientais enfrentados em suas comunidades.

O conceito de inovabilidade - a capacidade de inovar de forma estratégica e sustentável, de acordo com as realidades locais - está no cerne do Lab Futuros. A inovação, neste contexto, não é apenas tecnológica, mas envolve modelos de negócios inovadores, práticas sociais e ambientais sustentáveis e estratégias de governança responsáveis. O Lab Futuros não apenas capacita os participantes em gestão empreendedora e inovação social, mas também os ajuda a integrar esses conceitos ao seu cotidiano, promovendo uma mudança cultural em direção a soluções sustentáveis e adaptáveis. A educação para inovabilidade é um dos pilares da metodologia, pois permite que os empreendedores não apenas adquiram competências técnicas, mas também desenvolvam a mentalidade e as habilidades necessárias para agir de forma inovadora, mesmo em condições de restrição de recursos.

### 5.1. Fortalecimento de Capacidades Locais e Desenvolvimento Endógeno

Uma das maiores contribuições do Lab Futuros Inovativos é o fortalecimento das capacidades locais e o fomento ao desenvolvimento endógeno nas comunidades periféricas. Em um contexto histórico de negligência das políticas públicas, a capacidade de inovação e adaptação das comunidades periféricas tem sido constantemente subestimada. O projeto busca inverter esse processo, reconhecendo e potencializando as soluções locais, muitas vezes desenvolvidas de maneira informal, para criar negócios de impacto sustentáveis que possam gerar valor econômico e social de maneira perene.

O desenvolvimento endógeno, neste caso, refere-se à utilização dos recursos e potencialidades

locais para o fortalecimento da economia local. Ao incentivar os jovens empreendedores a criar negócios que atendam às necessidades específicas de suas comunidades, o Lab Futuros ajuda a desenvolver soluções que não são apenas adequadas ao contexto local, mas também resilientes e sustentáveis a longo prazo. Isso significa que os empreendedores não estão apenas criando negócios rentáveis, mas também fortalecendo a economia local, gerando emprego e renda, e promovendo a autonomia das comunidades. A criação de modelos de negócios sustentáveis que possam ser replicados e escalados é um dos maiores legados desse processo de desenvolvimento, pois garante que as inovações locais se expandam para outras regiões, multiplicando os benefícios sociais e ambientais de forma ampla.

Ao integrar os princípios de ESG (ambiental, social e de governança) com a inovabilidade local, o Lab Futuros contribui significativamente para o fortalecimento das capacidades locais e para a promoção de uma educação empreendedora que vai além da simples geração de lucros. A proposta é criar negócios que gerem valor para as comunidades, respeitando as limitações ambientais e promovendo a justiça social. Ao oferecer mentorias especializadas, capacitações técnicas e oportunidades de testar ideias no mercado por meio de eventos como ideathons e testes de MVPs (Produtos Mínimos Viáveis), o programa cria um ambiente propício para que os jovens empreendedores possam aprender na prática, desenvolver suas ideias e transformá-las em soluções inovadoras para os desafios de suas comunidades.

### 5.2. Possibilidades de Ampliação e Replicabilidade em Outros Contextos Periféricos Brasileiros

Embora o Lab Futuros Inovativos tenha sido projetado para atuar no Estado do Espírito Santo, a sua abordagem metodológica e os resultados obtidos até o momento demonstram um grande potencial de ampliação e replicabilidade em outros contextos periféricos do Brasil. A ideia central do programa — capacitar jovens para que se tornem empreendedores locais inovadores, com foco na sustentabilidade e inclusão social — pode ser facilmente adaptada e aplicada em diferentes realidades regionais. O modelo de pré-aceleração com foco em mentorias, capacitação técnica e testes de mercado oferece uma estratégia replicável que pode ser adotada em outros territórios vulneráveis, promovendo a inclusão social e a geração de riqueza local.

A experiência do Lab Futuros já demonstra como a educação empreendedora pode se tornar um vetor de transformação social, com impactos sociais, ambientais e econômicos, que reverberam nas comunidades atendidas. Com a metodologia híbrida, que combina atividades presenciais e online, o programa oferece flexibilidade para ser adaptado a diferentes territórios periféricos, considerando as particularidades locais e as necessidades de cada comunidade. Além disso, a formação contínua e a integração de práticas de inovação aberta, que envolvem os próprios moradores na construção de soluções, tornam a metodologia ainda mais relevante e aplicável a diferentes contextos.

A replicabilidade do programa se apoia não apenas na sua abordagem pedagógica, mas também na sua capacidade de mobilizar atores locais, como lideranças comunitárias, entidades governamentais e parceiros do ecossistema de inovação, criando um ambiente colaborativo que favorece a cocriação de soluções inovadoras e sustentáveis. Ao fortalecer as redes locais de empreendedores, mentores e investidores, o Lab Futuros pode ajudar a replicar os modelos de negócio desenvolvidos nas periferias do Espírito Santo em outras regiões, ampliando o impacto social e gerando novos hubs de inovação sustentável.

Esse processo de replicação não só amplia os benefícios das iniciativas, mas também contribui para o fortalecimento da economia circular e a criação de novos negócios verdes em outras regiões do Brasil. Os negócios de impacto que emergem do programa têm um alto potencial de escalabi-



lidade, não só porque atendem às necessidades locais, mas também porque são alinhados às tendências globais de sustentabilidade e responsabilidade social. A agenda ESG, que tem se tornado um critério fundamental para o sucesso de novos negócios no Brasil e no mundo, é um elemento-chave que torna o modelo do Lab Futuros particularmente replicável e atrativo para investidores e outros stakeholders que buscam projetos sustentáveis com impacto positivo.

Em resumo, o Lab Futuros Inovatives representa uma aproximação inovadora e estratégica para o desenvolvimento de negócios sustentáveis nas comunidades periféricas, com um modelo de educação empreendedora que pode ser adaptado a diversos contextos periféricos do Brasil. A ampliação e replicabilidade do programa são viáveis, pois sua metodologia integra capacitação técnica, inovabilidade e sustentabilidade, promovendo transformações sociais e ambientais com impactos tangíveis e duradouros. O projeto tem, assim, o potencial de se expandir para outras regiões do país, ampliando sua contribuição para a construção de um futuro mais justo, inclusivo e sustentável.

## Referências

LOPES CASTRO, Ana Paula Ferreira; LOPES, Maria Márcia Ferreira; SILVA, Glória Maria Marinho. **Empreendedorismo Social: o papel da inovação social como ferramenta de política pública no desenvolvimento socioeconômico em comunidades subdesenvolvidas**. Cadernos de Prospecção, v. 17, n. 5, p. 1271-1285, out./dez. 2024. DOI: <https://doi.org/10.9771/cp.v17i5.58151>.

CORREIA, Suzanne Érica Nóbrega; OLIVEIRA, Verônica Macário de; GOMÉZ, Carla Regina Pasa. **Inovação Social para o Desenvolvimento Sustentável: um caminho possível**. Revista Brasileira de Gestão de Negócios, 2024. Disponível em: <http://www.apgs.ufv.br>.

ARRUDA, Carlos; BRAGA, Carlos; SARDENBERG, Dalton; PITTA, Edgard; BARCELLOS, Erika; SPITZECK, Heiko; GUIMARÃES, Stephania (Orgs.). **Inovação: o motor do ESG**. Nova Lima: Fundação Dom Cabral, 2022. ISBN: 978-1-84407-894-3.

DESLAURIERS J. P. **Recherche qualitative: guide pratique**. Québec (Ca): McGrawHill, Éditeurs, 1991.

GOLDENBERG, M. **A arte de pesquisar**. Rio de Janeiro: Record, 1997.

MONTEIRO, Alcides. **O que é inovação social? Maleabilidade conceitual e implicações práticas**. Revista de Sociologia e Economia, v. 62, n. 3, p. 1-34, 2019. DOI: 10.1590/001152582019187.

JACKSON, Tim. **Prosperity without growth: economics for a finite planet**. London: Earthscan, 2009. ISBN: 978-1-84407-894-3.

GOLDENBERG, Mark; KAMOJI, Wathira; ORTON, Larry; WILLIAMSON, Michael. **Social Innovation in Canada: an update**. Canadian Policy Research Networks, 2009. Disponível em: <http://www.cprn.org>.

DE LA VEGA, Maria; BARCELOS, Paula. **Scientific mapping on the convergence of innovation and sustainability (innovability) (1990–2018)**. Journal of Business Research, v. 110, p. 1–11, 2020. DOI: 10.1016/j.jbusres.2019.10.056.

ADAMS, Richard; JEANRENAUD, Sally; BESSANT, John; DENYER, David; OVERY, Patrick. **Sustainability-oriented innovation: A systematic review**. International Journal of Management Reviews, v. 00, p. 1–26, mai. 2015. DOI: 10.1111/ijmr.12068.

DZHUNUSHALIEVA, Gulnara; TEUBER, Ramona. **Roles of innovation in achieving the Sustainable Development Goals: A bibliometric analysis**. Journal of Environmental Management, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.03.011>. Acesso em: 21 mar. 2024.

FERRARINI, Adriane. **Inovação social transformadora e economia solidária**. 2021. Disponível em: [https://abpes.org/abpes/wp-content/uploads/2021/10/FERRARINI\\_Adriane.pdf](https://abpes.org/abpes/wp-content/uploads/2021/10/FERRARINI_Adriane.pdf). Acesso em: 7 maio 2025.

GOMES, Carla Regina Pasa; OLIVEIRA, Verônica Macário de; CORREIA, Suzanne Érica Nóbrega. **Inovação social para o desenvolvimento sustentável: um caminho possível**. 2024. Disponível em: <https://www.apgs.ufv.br>. Acesso em: 7 maio 2025.

STAKE, R.E. **Handbook of qualitative research**. London: Sage, 1994.

SPRADLEY, John P. **Participant observation**. New York: Holt, Rinehart & Winston, Inc., 1980

SÁ-SILVA, J. R.; ALMEIDA, C. D.; GUINDANI, J. F. **Pesquisa documental: pistas teóricas e metodológicas**. Revista Brasileira de História e Ciências Sociais, São Leopoldo, RS, Ano 1, n.1, Jul., 2009.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 4. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

# Entre Práticas Instituídas e Percepções Vividas: Uma Análise da Gestão Sustentável de Recursos Humanos

Raíssa Luchi<sup>1</sup>  
Annor da Silva Junior<sup>2</sup>  
Kátia Cyrlene de Araujo Vasconcelos<sup>3</sup>

## Resumo

Com o objetivo de compreender como as práticas de Gestão Sustentável de Recursos Humanos são articuladas em organizações varejistas e como são percebidas por seus trabalhadores, esta pesquisa utilizou pressupostos teóricos que tratam sobre sustentabilidade na gestão de pessoas. Trata-se de uma pesquisa qualitativa, de caráter descritivo e interpretativo, sob a estratégia de investigação de estudo de casos múltiplos, combinando técnicas de análise documental e entrevistas semiestruturadas a três grupos de participantes: gestão estratégica de RH, representantes táticos de RH e trabalhadores. Os dados passaram por Análise Temática, resultando na criação de temas e subtemas que direcionaram a discussão. Os casos Alfa (setor varejista) e Beta (setor automotivo) foram selecionados considerando suas manifestações públicas em prol da sustentabilidade e o porte das empresas. O desenvolvimento da pesquisa aponta que os direcionadores estratégicos do RH nas organizações ainda são ligados a objetivos financeiros e que a integração da sustentabilidade aos RH ainda é um processo em construção. As empresas demonstram esforços contínuos para internalizar a sustentabilidade em seus processos e os trabalhadores percebem as práticas implementadas. No entanto, destacam-se como principais barreiras a compreensão limitada sobre sustentabilidade e a falta de reconhecimento (e de atuação) do RH como parceiro estratégico.

**Palavras-chave:** Gestão Sustentável de Recursos Humanos. Práticas de RH. Percepção. Sustentabilidade.

## Abstract

In order to understand how the practices of Sustainable Human Resource Management are articulated in retail organizations and how they are perceived by their workers, this research used theoretical assumptions that deal with sustainability in people management. It is a qualitative research, descriptive and interpretative, under the strategy of multiple case study investigation, combining documentary analysis techniques and semi-structured interviews to three groups of participants: strategic HR management, HR tactical representatives and workers. The data went through Thematic Analysis, resulting in the creation of themes and sub-topics that directed the discussion. The cases Alfa (retail sector) and Beta (automotive sector) were selected considering their public manifestations in favor of sustainability and the size of the companies. The development of the research points out that the strategic HR directors in organizations are still linked to financial objectives and that the integration of sustainability into HR is still a process under construction. Companies demonstrate continuous efforts to internalize sustainability in their processes and workers perceive the practices implemented. However, the main barriers are the limited understanding of sustainability and the lack of recognition (and performance) of HR as a strategic partner.

**Keywords:** Sustainable Human Resource Management. HR policies and practices. Perception. Sustainability.

<sup>1</sup>Raíssa Luchi: Mestre em Administração pela Universidade Federal do Espírito Santo; [luchiraiassa@gmail.com](mailto:luchiraiassa@gmail.com)

<sup>2</sup>Annor da Silva Júnior: Doutor em Administração pela Universidade Federal de Minas Gerais, Docente e Pesquisador; [annorsj@gmail.com](mailto:annorsj@gmail.com)

<sup>3</sup>Kátia Cyrlene de Araújo Vasconcelos: Doutora em Administração pela Universidade Federal do Espírito Santo, Docente e Pesquisadora; [katiacavasconcelos@gmail.com](mailto:katiacavasconcelos@gmail.com)





## Introdução

As organizações são consideradas modelos de exemplo replicáveis em nível coletivo e devem se conduzir a objetivos comuns (Mascarenhas; Barbosa, 2019; Zanon; Oliveira, 2023), admitindo-se que não é possível conquistar uma sociedade sustentável sem envolvimento organizacional (Schaltegger; Hansen; Lüdeke-Freund, 2016). Por meio de imperativos distintos, agentes de controle social podem exigir ações e práticas empresariais sustentáveis (Delmas; Toffel, 2011; Zanon; Oliveira, 2023), assim como emergem movimentos e agendas globais, como o Environmental, Social and Governance (ESG) e a Agenda 2030, que propõe um plano de ação pautado por 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (Belmonte-Ureña, 2021; Mpabanga; Sesa, 2020; Silva, 2021; Vieira, 2019).

Integrar plenamente a sustentabilidade à estratégia corporativa, constitui um desafio, pois implica transformações culturais e de mentalidade (Stahl et al., 2020). O mercado, por sua vez, continua priorizando a dimensão econômica (Kantamara; Saratun, 2017), enquanto a dimensão social tem sido apontada como fragilizada ou ausente (Adomako et al., 2019; Ajmal et al., 2018; Siman et al., 2020). Nesse contexto, a Gestão de Recursos Humanos (GRH) desempenha papel central, considerando que as pessoas são agentes essenciais para o alcance dos objetivos organizacionais (Cooke; Dickmann; Parry, 2022; Hanashiro; Teixeira; Zaccarelli, 2013; Zanon, 2020).

Para que a GRH integre a sustentabilidade, é necessário adotar estratégias alinhadas à chamada Gestão Sustentável de Recursos Humanos (GSRH) (Kramar, 2014; Lopez-Cabrales; Valle-Cabrera, 2020; De Prins et al., 2014). No entanto, o conceito de GSRH ainda carece de maior clareza (Stahl et al., 2020) e são escassas as pesquisas nacionais que o tratam diretamente no contexto organizacional (Schio et al., 2019). A literatura identifica diferentes modelos de GSRH, os quais variam conforme o foco em resultados internos ou externos (Aust; Matthews; Muller-Camen, 2020; Kramar, 2014). Independentemente da abordagem adotada, a efetividade dessas práticas depende de um sistema de GRH robusto, pautado em consenso, distinção e consistência (Baluch, 2017; Bowen; Ostroff, 2004), uma vez que os trabalhadores formam percepções próprias sobre as práticas organizacionais, que podem divergir das intenções institucionais (Jesus; Rowe, 2015; Rousseau, 1995).

A GRH opera por meio de um conjunto de políticas e práticas orientadas à conciliação dos interesses organizacionais e individuais, com foco no aproveitamento das capacidades dos trabalhadores (Teixeira et al., 2010). Segundo Demo (2012), políticas estabelecem o referencial teórico que viabiliza o êxito dos objetivos organizacionais, enquanto as práticas correspondem às ações específicas voltadas aos resultados. Demo (2012) defende que políticas e práticas devem favorecer o bem-estar e a satisfação das pessoas, sendo este papel da GRH que torna tangíveis as ações organizacionais à percepção dos trabalhadores. A percepção desses, por sua vez, é marcada pela subjetividade, sendo compreendida como o processo individual de organização e interpretação de impressões sensoriais para construção de sentido sobre o ambiente (Robbins; Judge, 2020; Jesus; Rowe, 2015).

Nesse sentido, a pergunta norteadora desta pesquisa é: como as práticas de Gestão Sustentável de Recursos Humanos são articuladas em organizações do setor de varejo e como são percebidas por seus trabalhadores?

Seu objetivo geral é compreender como as práticas de Gestão Sustentável de Recursos Humanos são articuladas em organizações do setor de varejo e como são percebidas por seus trabalhadores. Os objetivos específicos são: (i) descrever as práticas de GSRH implementadas em duas organizações varejistas capixabas; (ii) analisar a orientação das empresas à luz dos modelos de GSRH;

(iii) identificar a percepção dos trabalhadores sobre essas práticas; e (iv) analisar a relação entre as práticas declaradas pelas organizações e a percepção dos trabalhadores.

Metodologicamente, trata-se de uma pesquisa qualitativa, de caráter descritivo e interpretativo, com base em estudo de casos múltiplos. Adotou-se triangulação metodológica, que combinou análise documental e entrevistas semiestruturadas a três públicos: gestores estratégicos de RH, representantes táticos e trabalhadores. Essa estratégia buscou ampliar a compreensão sobre os resultados obtidos.

Considerando que o planeta e o mercado continuarão acometido por transformações, é imprescindível compreender como as empresas articulam objetivos financeiros, sociais e ambientais a longo prazo (Ehnert et al., 2015; Kramar, 2014; Müller-Christ; Remer, 1999; Pires; Fischer, 2014; Randev; Jha, 2019; Zanon, 2020). A sustentabilidade deve ser encarada como um fenômeno (Ehnert, 2008), o que enfatiza a relevância prática desta pesquisa. Além disso, Amrutha e Geetha (2020) destacam a criticidade na relação entre seres humanos e sustentabilidade, pois envolve mentalidade, atitudes, valores e crenças. No plano teórico, os autores apontam a dificuldade de identificação de boas práticas e de meios eficazes para sua implementação. Assim, este estudo contribui para o avanço do conhecimento sobre a GSRH, tanto no campo empírico quanto conceitual.

## Referencial Teórico

### Gestão Sustentável de Recursos Humanos: Modelos E Práticas

Mascarenhas e Barbosa (2019) destacam que a Gestão de Recursos Humanos (GRH) é uma área em constante evolução. Contudo, críticos apontam sua vulnerabilidade ética, dado que suas ações podem ser moldadas por interpretações subjetivas e interesses estratégicos dos gestores (Mascarenhas; Barbosa, 2019). Kramar (2021) observa que os impactos negativos das organizações sobre indivíduos, sociedade e meio ambiente intensificam a necessidade de repensar modelos de gestão, para além da busca por desempenho e resultados financeiros.

A inserção da sustentabilidade no contexto corporativo decorre do entendimento de que não é possível alcançar uma sociedade sustentável sem o efetivo envolvimento das empresas (Schaltegger; Hansen; Lüdeke-Freund, 2016). Essa preocupação influencia diretamente o comportamento organizacional, promovendo a adaptação de práticas de comunicação, atração e retenção de trabalhadores, relacionamento com os clientes e a proposta de valor no mercado (El-Fekey; Mostafa, 2023). Essa abordagem estratégica da GRH é referida por Kramar (2014) como Gestão Sustentável de Recursos Humanos (GSRH) (Lopez-Cabrales; Valle-Cabrera, 2020; De Prins et al., 2014).

A GSRH se fundamenta nos pilares econômico, social e ambiental, adaptando políticas e práticas de RH para reduzir os impactos negativos das organizações sobre a sociedade e o meio ambiente (Kramar, 2014; Mishra, 2017). Seu alcance ultrapassa as fronteiras organizacionais, gerando valor sobre a rede produtiva e social com a qual interage (Genari; Macke, 2022). Entretanto, pesquisadores identificam a falta de reconhecimento da GRH como parceira estratégica nas iniciativas de sustentabilidade (Westerman et al., 2020). Para os autores, é necessário que a área esteja estrategicamente posicionada e comprometida com a integração dos pilares sustentáveis aos processos organizacionais e com o engajamento dos trabalhadores. Nesse sentido, Mascarenhas e Barbosa (2019) afirmam que profissionais GRH devem atuar como agentes de desenvolvimento, promovendo reflexões que contribuam para o enriquecimento de vida das partes interessadas.

Do ponto de vista teórico, a GSRH apresenta um potencial promissor (Ehnert et al., 2015; De

Prins et al., 2014), assumindo responsabilidade relevante no contexto da sustentabilidade, ao possibilitar a integração sistêmica de objetivos e valores sustentáveis, com participação ativa dos trabalhadores nesse processo (Jerónimo; Lacerda; Henriques, 2020). Espera-se, assim, que a GSRH concentre esforços em práticas voltadas ao bem-estar e envolvimento dos trabalhadores, com impacto direto nos contextos social e ecológico (Aust; Matthews; Muller-Camen, 2020).

No entanto, revisões de literatura apontam fragilidades. Kramar (2014) e Randev e Jha (2019) identificam que muitas práticas de GSRH continuam orientadas exclusivamente à otimização de desempenho, com mensuração atrelada a indicadores financeiros, como produtividade e rotatividade. Genari e Macke (2022) argumentam que o papel social das organizações contribui para o seu próprio desempenho econômico, uma vez que práticas voltadas à saúde e ao bem-estar dos trabalhadores podem reduzir o absenteísmo, custos com indenizações e despesas médicas. Além disso, ao promover ambientes saudáveis, as empresas tornam-se mais atrativas para profissionais que buscam desenvolvimento de carreira.

Nesse sentido, práticas de GSRH se associam ao comprometimento dos indivíduos com as empresas, impactadas pelos valores institucionais, tratamento justo e valorização individual (Rego; Cunha, 2008). Ademais, práticas de GSRH provocam relações positivas, bem-estar dos trabalhadores, diversidade, condições de trabalho apropriadas e oportunidades de desenvolvimento (Boudreau; Ramstad, 2005; Ehnert, 2009; Järlström; Saru; Vanhala, 2018).

Cooke, Dickmann e Parry (2022) defendem que uma abordagem centrada no ser humano se torna fundamental à construção de uma sociedade sustentável. De acordo com a ONU (2015), a adesão à abordagem de GSRH está alinhada aos ODS que devem ser alcançados até 2030, transformando-a em um potencial agente para o alcance da sustentabilidade. A OIT orienta sobre três pilares de ação: investir na capacidade e habilidades das pessoas, assim como nas instituições do trabalho e no trabalho decente e sustentável (OIT, 2019).

Ainda assim, Gomes (2022) alerta que determinadas práticas, como ações afirmativas em recrutamento e seleção, podem assumir caráter meramente simbólico, desprovidas de estratégias efetivas voltadas à equidade e inclusão. Para a autora, essas políticas podem ser analisadas sob diferentes perspectivas: como instrumento de justiça compensatória, visando corrigir desigualdades e ampliar oportunidades; ou como ferramenta de justiça distributiva, promovendo mobilidade e ascensão de grupos historicamente excluídos.

A efetividade da sustentabilidade organizacional depende da adesão prática aos seus princípios, reconhecendo os trabalhadores como investimentos de longo prazo e não como custos operacionais (Ehnert et al., 2015). É esperado que as organizações promovam o bem-estar de forma abrangente, garantindo segurança e justiça no ambiente de trabalho (Guest, 2017; Rupp et al., 2017; Van De Voorde; Paauwe; Van Veldhoven, 2012). A literatura aponta diferentes modelos de GSRH, os quais se distinguem conforme a ênfase em resultados internos ou externos (Aust; Matthews; Muller-Camen, 2020; Kramar, 2014), conforme apresentado no Quadro 1.

### Quadro 1 – Síntese dos modelos de GSRH

Modelo	Caracterização	Autores
GRH Socialmente Responsável (GRH-SR)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dimensões: econômica e social</li> <li>Práticas de desenvolvimento dos trabalhadores; processos de feedbacks contínuos e avaliação de desempenho; iniciativas de saúde e bem-estar</li> </ul>	Aust; Matthews; Muller-Camen, 2020; Duarte, 2014; Randev; Jha, 2019



GRH Verde	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dimensões: econômica e ambiental</li> <li>Treinamentos para gerar conhecimento ambiental; recrutamento de trabalhadores para atividades ambientais e prática de remuneração verde (benefícios e/ou bonificações atreladas a metas ambientais)</li> </ul>	Aust; Matthews; Muller-Camen, 2020; Pabian, 2015; Randev; Jha, 2019; Renwick et al., 2016
GRH de Resultado Triplo (GRH-RT)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dimensões: econômica, social e ambiental</li> <li>Práticas de trabalho flexíveis; desenvolvimento de trabalhadores; treinamentos sobre questões ambientais e sociais; indicadores e metas socioambientais</li> </ul>	Aust; Matthews; Muller-Camen, 2020; Elkington, 1997; Randev; Jha, 2019
GRH de Bem Comum (GRH-BC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Revisão de processos e práticas organizacionais, priorizando interesses coletivos em detrimento de objetivos comerciais organizacionais</li> <li>Práticas de dignidade, justiça social, relações de trabalho de confiança, democracia, proteção ambiental e direitos humanos</li> </ul>	Aust; Matthews; Muller-Camen, 2020; Frémeaux; Michelson, 2017

Fonte: elaborada pela autora.

### Percepção de trabalhadores sobre as práticas

Robbins e Judge (2020) definem percepção como o “processo pelo qual os indivíduos organizam e interpretam suas impressões sensoriais para dar sentido ao seu ambiente” (p. 193). Nesse contexto, entende-se que a percepção pode ser moldada ou distorcida por diferentes fatores, uma vez que é composta por crenças e convicções sobre as obrigações organizacionais para com os trabalhadores, frequentemente ancoradas em expectativas individuais e marcadas pela subjetividade (Costa; Oliveira, 2022; Jesus; Rowe, 2015). Tais fatores podem estar relacionados ao indivíduo que percebe, ao objeto da percepção, na ação percebida ou no contexto no qual ela ocorre (Robbins; Judge, 2020).

Em uma relação de trabalho, o contexto em que surgem expectativas dos trabalhadores é também aquele onde se materializam as obrigações organizacionais, evidenciando a relevância da percepção sobre o vínculo (Cooke, 2018; Persson; Wasieleski, 2015; Zhang et al., 2022). No campo das políticas e práticas de GRH, esse processo perceptivo é influenciado pela distinção entre as práticas efetivamente implementadas e a forma são interpretadas e vivenciadas pelos trabalhadores (Jesus; Rowe, 2015; Rousseau, 1995). A expectativa positiva dos trabalhadores em relação à organização tem relação com sua capacidade e percepção de justiça (Braganza et al., 2021; Nedkovski et al., 2017).

Sob a ótica da GRH, o desempenho organizacional está relacionado ao cumprimento das obrigações contratuais, com ênfase na gestão das expectativas dos trabalhadores (Kutaula; Gillani; Budhwar, 2020). As práticas de GRH ganham significado a partir da percepção individual dos trabalhadores, influenciando seu comportamento - como no caso de respostas negativas frente à percepção de exploração ou cortes de custos, em oposição à valorização do bem-estar e da qualidade do trabalho (Baluch, 2017). A equidade na condução de informações e processos, como a oferta de salários justos, também se mostra essencial (Delmotte; Winne; Sels, 2012).

No entanto, a implementação das práticas pode gerar ambiguidade e dificultar construção de entendimentos compartilhados, configurando um sistema de RH considerado como fraco (Piening; Baluch; Ridder, 2014). Bowen e Ostroff (2004) identificam três características essenciais de um sistema de GRH forte: consistência, distinção e consenso. A consistência refere-se à estabilidade das práticas ao longo do tempo, permitindo que sua recorrência seja interpretada como válida e coerente (Baluch, 2017). A distinção está relacionada à clareza no conteúdo e na aplicação das práticas, bem como à sua relevância percebida pelos trabalhadores. Já o consenso envolve o reconhecimento da atuação imparcial da GRH, com aceitação entre os tomadores de decisão, sendo fortalecido por uma comunicação clara que alinha expectativas à realidade.

Adicionalmente, pode haver divergências de percepção entre diferentes níveis hierárquicos, resultando em compreensões distintas sobre as práticas adotadas (Mierlo; Bondarouk; Sanders, 2018). Assim, além da comunicação e da forma de implementação das práticas de GRH, a personalidade de cada trabalhador contribui para criação de percepções, de acordo com sua concepção de mundo, com o que consideram importante para si e em termos de igualdade ou desigualdade entre as pessoas da organização. Wang et al. (2019) reforçam que lideranças e trabalhadores frequentemente desenvolvem percepções distintas sobre as práticas de RH, sendo a experiência individual com essas práticas um fator determinante para os resultados organizacionais.

### Metodologia

Orientada pelo objetivo geral da pesquisa, optou-se por uma abordagem qualitativa, em razão de sua capacidade de aprofundar a compreensão e descrever o contexto do problema e os resultados obtidos (Tuzzo; Braga, 2016; Vergara, 2016). Como estratégia metodológica, adotou-se o estudo de casos múltiplos, com o objetivo de ampliar a compreensão do fenômeno investigado (Stake, 1995). A seleção das organizações considerou como critério principal a manifestação pública de compromissos com a sustentabilidade. Foram, assim, identificadas duas empresas participantes, denominadas Alfa, do setor varejista, e Beta, do setor automotivo.

As organizações participantes foram solicitadas a indicar possíveis entrevistados conforme os critérios definidos pela pesquisa: (1) representantes estratégicos de RH, atuantes em agendas de planejamento e formulação de direcionadores organizacionais; (2) representantes táticos de RH, responsáveis pela implementação de processos e práticas de gestão de pessoas; e (3) trabalhadores, atuantes em diferentes setores, exceto RH. A coleta de dados combinou entrevistas semiestruturadas e análise documental (Gil, 2021; Silva; Russo, 2019). Quanto à análise documental, após a negativa ao pedido de acesso a documentos internos das organizações, recorreu-se exclusivamente a fontes públicas, localizadas por meio de mecanismos de busca online, conforme detalhado no Apêndice A.

Para a análise, organizou-se os dados em uma planilha Excel, em abas específicas para cada perfil (1. RH estratégico; 2. RH tático; 3. trabalhadores). Nas entrevistas, os participantes foram previamente apresentados ao Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). As gravações de áudio foram realizadas com autorização prévia, via aplicativo WhatsApp, para posterior transcrição. O anonimato foi garantido através de um código alfanumérico: a letra “E” (entrevistado), seguida da inicial da organização (Alfa ou Beta) e de um número sequencial correspondente à ordem da entrevista (conforme detalhado no Apêndice A). A Análise Temática, conforme proposta de Braun e Clarke (2006), seguiu as etapas: (1) coleta; (2) transcrição; (3) ambientação; (4) acomodação; (5) identificação da unidade de contexto; (6) identificação do núcleo de sentido; e (7) definição dos temas (Dias; Mishima, 2023). O resultado está representado no mapa temático apresentado na Figura 1.

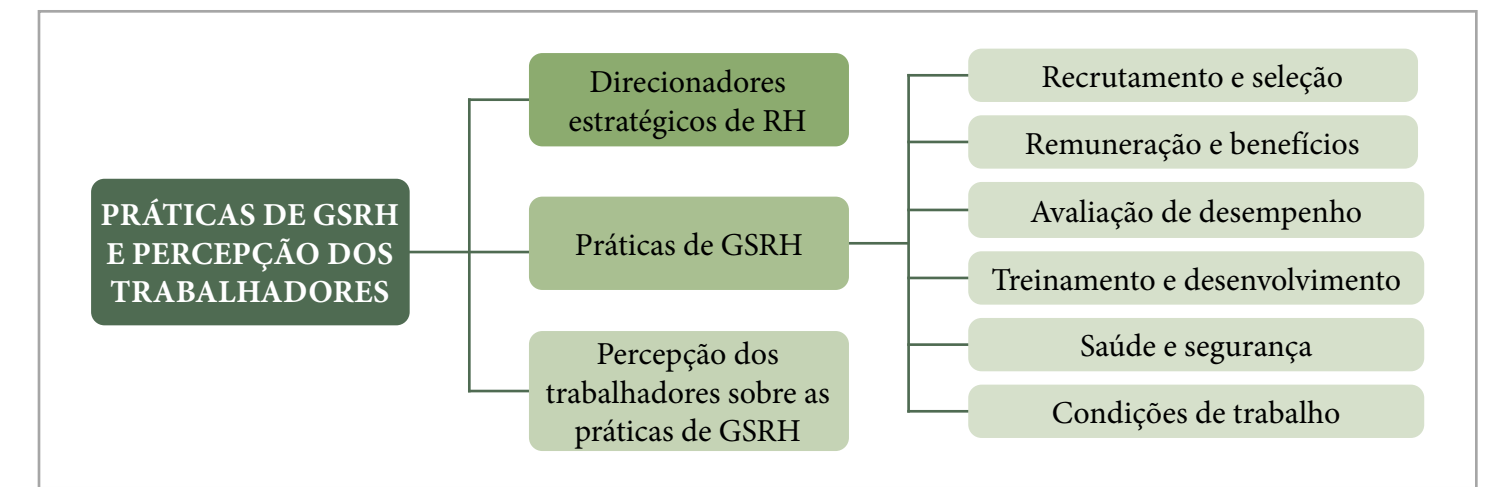


Figura 1 – Mapa Temático da Pesquisa

Fonte: elaborado pela autora

### Resultados

#### Direcionadores Estratégicos

A partir das entrevistas com os representantes estratégicos do RH, foram extraídos dados dos discursos para retratar o posicionamento estratégico em cada organização, como está na Figura 2.

Alfa	Beta
<p>“[...] a gente precisa <b>ter pessoas na quantidade prevista</b>, [...] de acordo com as <b>competências necessárias</b>, [...], manter as pessoas engajadas, preparadas, treinadas [...] para os nossos <b>clientes</b>” (EA<sub>1</sub>),</p> <p>“Ações sociais, ambientais, com as comunidades, [...] são tocadas pelo marketing” (EA<sub>1</sub>),</p> <p><b>Indicadores:</b> absenteísmo, turnover, índice de competência na avaliação de desempenho.</p>	<p>“[...] garantir os recursos humanos <b>no lugar certo</b>, na <b>hora certa</b>, devidamente capacitados e ofertar [...] os cuidados, [...] remunerar corretamente, saúde e segurança e por ai vai (EB<sub>1</sub>).</p> <p>“No Brasil, a gente sempre vai falar da <b>qualidade da mão de obra</b>, né? Então, a gente ainda tem, enquanto direcionamento estratégico, como eu ofereço e como eu crio condições ‘pra’ <b>sanar essa lacuna</b> que existe entre a necessidade do negócio e o que lá fora existe” (EB<sub>1</sub>).</p>

Figura 2 – Direcionadores estratégicos

Fonte: elaborado pela autora

### Práticas de GSRH

Este resultado está estruturado na Figura 3 considerando os subtemas, que representam os principais processos de RH.

	Recrutamento e Seleção	Remuneração e benefícios	Avaliação de Desempenho	Condições de trabalho	Treinamento e desenvolvimento	Saúde e segurança
<b>ALFA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Contratação: idosos, pessoas 50+ e de regiões vulneráveis</li> <li>Recrutamento interno</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bonificações: assiduidade, metas e produtividade</li> <li>Bicicleta como “presente”</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Campanha de feedback</li> <li>Conversas cotidianas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Híbrido (pouca abrangência)</li> <li>Ambiente de trabalho</li> <li>Sala de descanso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Universidade corporativa</li> <li>Oportunidades internas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ações/palestras sobre saúde</li> <li>Apoio psicológico e plano de saúde</li> <li>SESMT   SIPAT</li> </ul>
<b>BETA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recrutamento interno</li> <li>Preza pela meritocracia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plano de cargos e salários</li> <li>Bonificação financeira para lideranças e comercial</li> <li>Bonificação simbólica por engajamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ciclo de avaliação formal</li> <li>Conversas cotidianas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Híbrido (mais frequente)</li> <li>Sala de amamentação</li> <li>Café da manhã e da tarde</li> <li>Massagem no trabalho</li> <li>Espaço terapêutico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Educação Corporativa</li> <li>Plano de Desenvolvimento Individual</li> <li>Meritocracia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ações e palestras sobre saúde</li> <li>Suporte médico, psicológico, segurança e plano de saúde</li> <li>Semana da segurança</li> </ul>

Figura 3 – Síntese das Práticas de GSRH em Alfa e Beta

Fonte: elaborado pela autora



## Percepção dos trabalhadores

Estes resultados foram sintetizados considerando as percepções mais presentes nos relatos dos entrevistados e estão representados nos Quadros 2 e 3 – Alfa e Beta, respectivamente.

### Quadro 2 – Síntese das percepções dos trabalhadores sobre as práticas de GSRH em Alfa

<b>Recrutamento interno</b>	“a empresa dá muita oportunidade, [...] para as pessoas”
<b>Ambiente seguro</b>	“te dão total segurança e te dão liberdade para você se expressar, falar o que quer, agir da melhor forma, te deixar apto a fazer seu trabalho, [...], não te pressiona, não te sufoca”
<b>Feedback</b>	“quase toda semana, então dá para se preparar mais, (...) a cada dia buscar ser melhor”
<b>Flexibilidade / trabalho híbrido</b>	“para algumas pessoas, porque nem tem disponibilidade de notebooks para todo mundo”
<b>Saúde</b>	“investe bastante em palestras, treinamentos, em cuidados e dinâmicas” Projeto Bicicleta
<b>Bonificações</b>	“parte dos lucros da empresa é dividido com os colaboradores, [...] temos [...] programa de produtividade, [...] de assiduidade” “um incentivo que [...], se eu dei a ideia, eu vou ganhar uma premiação em cima disso”

Fonte: elaborado pela autora

### Quadro 3 – Síntese das percepções dos trabalhadores sobre as práticas de GSRH em Beta

<b>Remuneração e benefícios</b>	“a maioria das pessoas quer estar aqui [...] justamente por isso” “percebo que a empresa tem buscado, sim, ter uma equiparação, dentro das equipes, de salários e cargos” “os benefícios são os mesmos para todo mundo, [...], só acima de supervisão, [...], que tem o PR, que os demais colaboradores não têm”
<b>Avaliação de desempenho</b>	Processo formal para todos os trabalhadores, com frequência anual, além de rotinas de feedback
<b>T&amp;D, CEC, PDI</b>	Treinamentos de gestão ambiental obrigatórios - Desenvolvimento profissional baseado no PDI (todos) - People review
<b>Saúde e segurança</b>	“é uma empresa que, de fato, cuida e preza pela sua saúde e pelo seu bem-estar” “não consigo participar de muitas, mas eu sei que chega um e-mail avisando ‘pra’ gente que tem várias iniciativas lá embaixo”
<b>Trabalho híbrido e ambiente</b>	“flexível a ponto de, se você quiser ficar com 100%, tudo bem. Se você quiser ficar meio a meio, tudo bem também” “[...] te dá a liberdade para você trabalhar, ela não é uma empresa rígida”

Fonte: elaborado pela autora

## Discussão

A integração da sustentabilidade às práticas de RH é desafiadora para as organizações por exigir uma transformação genuína de processos e cultura corporativa (Stahl et al., 2020). Observa-se que as organizações estudadas têm movimentado ações para amenizar os impactos de seus negócios, embora os dados analisados possibilitem a compreensão de que seus direcionadores estratégicos ainda estão balizados na dimensão econômica. De forma geral, nota-se que a sustentabilidade pode aludir ao caminho pelo qual organizações têm se apoiado para lograr seus objetivos financeiros e de posicionamento no mercado, visando tornar-se referência para seu público.

No caso da empresa Alfa, pode-se observar que o RH busca articular práticas que corroborem o atendimento ao direcionador estratégico organizacional (determinado apenas entre lideranças) - que também está declarado em primeiro lugar nos valores organizacionais: prestar um bom serviço aos seus clientes. Isto foi observado em vista da definição sobre o principal objetivo do RH, traduzido em Alfa como “ter [...] a quantidade de pessoas previstas, de acordo com as competências necessárias para esses cargos, [...], no sentido de manter as pessoas engajadas, preparadas, treinadas [...] para os nossos clientes” (EA1). Dessa forma, é possível compreender Kantamara e Saratun (2017), que identificaram a predominância de foco na dimensão econômica por grande parte do mercado.

De acordo com os dados da pesquisa, Alfa declarou realizar adaptações em suas práticas e, sobretudo, em sua forma de comunicar com os trabalhadores, em uma tentativa de ampliar sua compreensão – como, por exemplo, a gamificação da Avaliação de Desempenho que foi bastante presente no discurso dos trabalhadores entrevistados. Esta conduta converge ao pressuposto de que há influência da comunicação e da forma de aplicação das práticas sobre a percepção, além da personalidade individual, que também contribui para criação de percepções (Baluch, 2017).

A percepção também é afetada pelo que cada indivíduo considera importante quando se observa a igualdade (ou desigualdade) entre as pessoas da organização (Baluch, 2017). Nesse aspecto, a pesquisa revela que algumas práticas não são aplicadas a todos na organização, como o PDI (apenas para lideranças) e o trabalho flexível, o que pode gerar percepção de desigualdade.

Ademais, ainda que Alfa declare ser parte do seu trabalho de responsabilidade social contemplar oportunidades de inclusão para pessoas das comunidades vizinhas, observa-se que nesta estratégia está implícito um benefício à organização a médio ou longo prazo na dimensão econômica. Este movimento foi reconhecido por EA1 ao dizer que “não é só filantropia”, já que “traz resultado financeiro”, uma vez que visam reduzir o absenteísmo e aumentar a permanência dos trabalhadores na organização, de modo a moderar os custos de turnover e recontração.

Este comportamento está previsto na literatura, conforme revisão de Randev e Jha (2019) e Kramar (2014), que observaram a predominância de práticas medidas por resultados financeiros. Além disso, os artifícios utilizados para elevar o comprometimento com assiduidade e produtividade, com remuneração complementar, favorecem a eficiência organizacional – indo ao encontro dos estudos de Genari e Macke (2022), que destacam que as práticas de GSRH podem favorecer o desempenho econômico organizacional, como a redução do absenteísmo.

Todavia, Alfa demonstra buscar uma nova adequação ao aplicar práticas afirmativas, divulgando oportunidades para pessoas com mais de 50 anos – o que não pode ser percebido pelo grupo de trabalhadores entrevistado, tanto por serem de faixas etárias menores, como por estarem na organização há mais tempo, quando não se praticava nenhuma ação afirmativa, de acordo com os relatos. Este pressuposto foi discutido por Gomes (2022), considerando que, por vezes, falta a

construção de estratégias para haver, de fato, absorção das demandas de equidade e inclusão.

Outra prática que demonstra o direcionador econômico como objetivo é a bonificação por metas de produtividade e indicadores de redução de custos, que são percebidas pelos trabalhadores. Por outro lado, há indícios de uma divergência observada na análise do discurso de equidade salarial entre gêneros que, em contraponto aos dados do relatório do Ministério do Trabalho, não está, de fato, equilibrado na realidade da organização. Nesse quesito, atenta-se para a importância de garantir de oportunidades iguais, inclusive salários justos quando em comparação a trabalhadores internos e externos (Delmotte; Winne; Sels, 2012).

Da mesma forma, pode-se inferir que, de acordo com os entrevistados, as oportunidades de desenvolvimento em Alfa estejam sendo atreladas somente a promoções, desconsiderando outras ações de capacitação, como a Universidade Corporativa. Nesse sentido, os dados podem indicar a necessidade de aprimorar a comunicação sobre essa prática, verificando o nível de atribuição de valor pelos trabalhadores e esclarecendo os meios pelos quais os trabalhadores podem desenvolver-se com o apoio da organização. Sendo assim, Delmotte, Winne e Sels (2012) sugerem que as empresas captem mais as individualidades para que seja possível promover iniciativas relevantes aos trabalhadores.

Por outro lado, conforme apresentado por Genari e Macke (2022), constata-se que a promoção de práticas que favoreçam a saúde e o bem-estar dos trabalhadores pode torná-la uma empregadora atrativa, despertando o desejo de pessoas para trabalhar e desenvolver suas carreiras. Em Alfa, isso pode ser observado sob duas óticas: pelo tempo de permanência dos trabalhadores na organização e pelo relato do entrevistado que declarou ter se interessado pela empresa devido seu renome no mercado. Já no quesito de proporcionar oportunidades iguais entre gêneros, o documento DA2 apresenta que quase 60% das unidades são compostas por mais homens que mulheres, ao passo que Alfa declara em DA1 que metade do quadro de trabalhadores de Alfa é formado por mulheres.

No que diz respeito à força do sistema de GRH, a análise da relação entre as práticas declaradas e a percepção dos trabalhadores revela uma possível fragilidade quanto à distinção das ações. A frequência mensal das ações de saúde ou, ainda, a anual para a campanha de feedback, por exemplo, pode indicar um padrão de comunicação que, se não acompanhado, pode ser percebido pelos trabalhadores como meramente simbólico. Delmotte, Winne e Sels (2012) orientam para a utilização de ferramentas de medição, tanto para analisar a eficiência quanto para a proposição de melhorias.

De toda forma, nota-se a influência da sustentabilidade sobre o comportamento de Alfa, visto que ajustam suas práticas de atração e retenção de trabalhadores, conforme discutido por El-Fekey e Mostafa (2023). Analisando à luz dos modelos de GSRH, há indicativos da predominância do modelo GRH Socialmente Responsável (GRH-SR), cujo propósito social serve ao econômico (Aust; Matthews; Muller-Camen, 2020). Esta aproximação pode ser associada à articulação de Alfa nas dimensões interna e externa, com o envolvimento de lideranças, trabalhadores e consumidores, em busca de amenizar os efeitos negativos da organização e, ainda, diminuir os riscos do negócio (Aust; Matthews; Muller-Camen, 2020; Duarte, 2014). Isso por que Alfa leva também ao público externo ações que associam sua imagem ao movimento socioambiental, como doações e conscientização sobre o meio ambiente – através da campanha semanal para redução do uso de sacolas plásticas.

Já na análise da empresa Beta, embora apliquem práticas do pilar social, nota-se maior aproximação do modelo GRH Verde, pela predominância de práticas e discursos ligados ao meio ambiente, como ações para ampliar o conhecimento ambiental e a estruturação de um setor específico para cuidar das atividades ambientais na organização (como o monitoramento de indicadores), movi-



mentos previstos na literatura (Aust; Matthews; Muller-Camen, 2020; Randev; Jha, 2019; Renwick et al., 2016). Esta relação pode ser inferida também pela essência do negócio: Beta trabalha com produtos que, se mal geridos em sua operação, têm um impacto significativo ao meio ambiente, podendo permanecer por milhares de anos até se decomporem em caso de descarte inadequado, causando diversos danos. Por outro lado, é muito apropriado à reciclagem, processo em que Beta investe de forma recorrente.

Além disso, foram observadas muitas iniciativas para recompensar o uso de recursos naturais, como o reaproveitamento da água de chuvas, geração de energia solar e outros. Ainda há de se destacar o investimento feito em práticas que conduzem o descarte adequado de resíduos gerados em suas operações, além da conscientização promovida por treinamentos internos e atividades externas, em comunidades vizinhas (como a promoção da limpeza de praias e doações para artesanato reciclável). Essas ações foram as mais citadas pelos participantes das entrevistas, além de ter relevante destaque nas informações publicadas por Beta em seus diferentes canais de comunicação. Tal conduta está alinhada aos estudos de Kramar (2014) e Mishra (2017), uma vez que adaptam as práticas de RH com o intuito de amenizar o impacto negativo das organizações na sociedade e no meio ambiente.

Por outro lado, a GRH Verde não se baseia somente no olhar ao meio ambiente, mas possui finalidade econômica e ambiental, o que direciona seus processos, assim como políticas e práticas (Aust; Matthews; Muller-Camen, 2020; Pabian, 2015). No entanto, a GRH se sujeita à interpretação de gestores e suas estratégias organizacionais (Mascarenhas; Barbosa, 2019) e, neste caso, o direcionamento estratégico orienta Beta à garantia de “recursos humanos no lugar certo, na hora certa, devidamente capacitados e ofertar, a esses recursos, os cuidados, enquanto eles estiverem aqui conosco. Aí esses cuidados passam por remunerar corretamente, por saúde e segurança [...]” (EB1).

Os esforços de sustentabilidade de Beta, iniciados há quase 20 anos, foram reforçados com a contratação de consultoria especializada para definir sua matriz de materialidade e maturidade. Apesar da importância das políticas afirmativas como justiça compensatória ou distributiva (Gomes, 2022), observa-se baixa compreensão dessas práticas no discurso meritocrático de Beta, além de certo viés de gênero, justificado pela predominância masculina no segmento do negócio.

Contudo, Beta busca se posicionar como marca empregadora, principalmente pela estratégia de remuneração, sendo vista como atrativa por salários e benefícios (EB7), reforçado por bonificações por participação em dinâmicas de proposição de melhorias, o que corrobora com os estudos de Genari e Macke (2022). Todavia, trabalhadores notam a ausência de bonificação por metas para todos (aplicada apenas a setores específicos e lideranças) e há uma possível falta de clareza na política de remuneração pois, ainda que compartilhada no portal, um entrevistado relatou desconhecer um percentual de seu salário.

De acordo com a literatura, a aplicação das práticas de GSRH geralmente está ligada à otimização do desempenho (Randev; Jha, 2019; Kramar, 2014). Quanto à Avaliação de Desempenho, ainda que não obtidas informações sobre os critérios de análise e nível de transparência com os trabalhadores, o que aparentemente não compromete a percepção desta prática, uma vez que os entrevistados relatam conhecer o processo e receber feedbacks de forma adequada, seja formal ou informalmente, com exceção de EB10 que julga como insuficiente as conversas com sua liderança nesse âmbito.

Em relação ao desenvolvimento, Beta se destaca pela definição estruturada do PDI, ferramenta

mencionada pelos entrevistados. Contudo, é preciso verificar se todos os trabalhadores conhecem as oportunidades de desenvolvimento e crescimento – devido o discurso orientado à meritocracia. Dada à existência do Centro de Educação Corporativa de Beta para padronizar treinamentos na integração, sugere-se revisar processos e/ou comunicação para destacar os serviços deste setor e ampliar o desenvolvimento organizacional.

Em linhas gerais, a partir da análise de ambos os casos (Alfa e Beta), depreende-se que dar luz à dimensão social da sustentabilidade é uma complexidade intrínseca aos negócios, uma vez que seus objetivos estão ligados aos resultados econômicos. Embora a dimensão econômica seja importante também no contexto da sustentabilidade, pela qual se pode alcançar a diminuição da pobreza (Garcia; Dettoni; Souza, 2020), entende-se que uma abordagem majoritariamente econômica e/ou ambiental não coopera para o efetivo entendimento e prática da sustentabilidade em todos os níveis nas organizações (Vasconcelos; Silva, 2021).

Embora as organizações priorizem práticas de contratar, motivar e desenvolver os trabalhadores, constata-se que, com suas particularidades, têm se orientado às práticas sustentáveis. No entanto, é possível compreender que a ausência de foco nas práticas do pilar social possa comprometer o alcance da GSRH plenamente. Tal análise é reforçada pela falta de investimento na qualificação das equipes de RH, para que sua atuação seja de um agente do desenvolvimento, o que contraria a orientação da OIT (2019) sobre investimento na capacidade e habilidades de pessoas, sendo preciso primeiramente desenvolver as estratégias e capacidades dos profissionais de RH (Mascarenhas; Barbosa, 2019).

Além disso, a hierarquização dos processos decisórios estratégicos constata a falta de reconhecimento da GRH como parceiro relevante na sustentabilidade (Westerman et al., 2020). O estudo levanta reflexões sobre o engajamento e a compreensão dos trabalhadores com conteúdos digitais de treinamento (acessíveis, mas nem sempre obrigatórios), e os dados apontam para a necessidade de treinamentos sobre questões ambientais e sociais.

As práticas de saúde apresentadas também são consideráveis, em especial as ações que marcam temas específicos, como “outubro rosa”, pois foram relatadas pelos entrevistados, em consonância ao que foi observado na análise documental e nas entrevistas com o RH. Quanto à percepção de segurança, as menções destacam a importância da promoção de ambientes físicos seguros, sem deixar de destacar o cuidado com a saúde e segurança mental, que se relaciona, ainda, com as práticas de condições de trabalho. Para esta, o grande destaque foi a flexibilidade do trabalho presencial, ainda que não esteja 100% disponível para todos os trabalhadores em ambas organizações.

De forma geral, compreender o êxito da implementação das práticas de sustentabilidade em uma organização está relacionada à percepção de que os trabalhadores não representam um custo financeiro, mas, sim, um investimento a longo prazo (EHNERT et al., 2015). Pode-se inferir que as ações de saúde, segurança e desenvolvimento corroboram para esta percepção, embora não seja esperada uma limitação a aspectos de saúde e segurança, mas que contemple, ainda, a justiça, o respeito e bem-estar dos trabalhadores (Guest, 2017; Rupp et al., 2017; Van De Voorde; Paauwe; Van Veldhoven, 2012). Este comportamento pode ser observado nos dois casos estudados, de acordo com os dados apresentados pelos entrevistados.

Destaca-se que condições de trabalho, geração de oportunidades internas e de reconhecimento também devem estar sob atenção das empresas, pois a expectativa positiva dos trabalhadores tem relação com sua capacidade e percepção de justiça (Braganza et al., 2021; Nedkovski et al., 2017), o que fortalece uma percepção de correspondência às suas expectativas de acordo com o trabalho

realizado. Isso porque o leque de práticas pode fazer com que trabalhadores percebam pouca valorização sobre seu trabalho, não sendo do interesse da empresa manter essa relação a longo prazo, considerando-os substituíveis (Baluch, 2017; Nishii; Lepak; Schneider, 2008).

Em uma visão para o futuro, resgata-se que o alinhamento dos objetivos organizacionais aos individuais favorece a associação ao trabalho, uma vez que trabalhadores são indivíduos que desejam criar vidas significativas para si mesmos (Silver, 2023). Portanto, importa que as organizações assumam, em seu propósito, a necessidade de ofertar oportunidades de atuação significativa aos seres humanos (Kim; Scheller-Wolf, 2022). Nesse contexto, espera-se que a Economia para o Bem Comum assuma a posição de modelo econômico buscado pelas organizações para colaborar com a construção de sociedades mais éticas e sustentáveis, conforme considerado na literatura (Epstein; Buhovac; Yuthas, 2015; Jennings; Velasquez, 2015; Ollé-Espluga; Muckenhuber; Hadler, 2021).

A pesquisa teve como limitações a compreensão do conceito de sustentabilidade, a negativa de outras organizações (fragilidade do mercado sobre o tema), restrição de acesso a documentos e aplicação de outros instrumentos de coleta nas organizações estudadas, e a definição não aleatória dos trabalhadores entrevistados (todos de cargos administrativos, apesar do grande número de operacionais). Embora não se possa afirmar o impacto da limitação imposta à pesquisa documental, entende-se que a triangulação de dados e grupos entrevistados foi capaz de gerar compreensão sobre o contexto das organizações estudadas. No entanto, por ser um estudo de caso, os dados e análises não representam amplamente as empresas, assim como não podem ser generalizados, sendo fruto de inferências interpretativas da pesquisadora baseadas em pressupostos teóricos e metodológicos sobre documentos e narrativas.

Contudo, o estudo buscou contribuir para a compreensão das articulações empresariais na implementação de práticas de GSRH e a percepção dos trabalhadores, indicando que a comunicação é o processo pelo qual se pode diminuir lacunas, ao considerar individualidades. A pesquisa deixa, ainda, um questionamento importante quando se trata da força do sistema de RH e sua estratégia: os profissionais de RH estão prontos para defender os pressupostos da sustentabilidade frente às organizações ou estão submetidos à busca pelo lucro, limitando-se à realização de ações dispostas ao longo de determinado calendário?

## Referências Bibliográficas

ADOMAKO, S. et al. **Environmental sustainability orientation and performance of family and nonfamily firms.** Business Strategy and the Environment, [S.l.], v. 28, n. 6, p. 1250-1259, 2019. DOI: 10.1002/bse.2314

AJMAL, M. M. et al. **Conceptualizing and incorporating social sustainability in the business world.** International Journal of Sustainable Development & World Ecology, [S.l.], v. 25, n. 4, p. 327-339, 2018. DOI: 10.1080/13504509.2017.1408714

AMRUTHA, V. N.; GEETHA, S. N. **A systematic review on green human resource management: Implications for social sustainability.** Journal of Cleaner Production, [S.l.], v. 247, p. 119131, 2020. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.119131

AUST, I.; MATTHEWS, B.; MULLER-CAMEN, M. **Common Good HRM: A paradigm shift in Sustainable HRM?** Human Resource Management Review, [S.l.], v. 30, n. 3, p. 100705, 2020. DOI: 10.1016/j.hrmr.2019.100705

BALUCH, A. M. **Employee perceptions of HRM and well-being in nonprofit organizations: Unpacking the unintended.** The International Journal of Human Resource Management, [S.l.], v. 28, n. 14, p. 1912-1937, 2017. DOI: 10.1080/09585192.2015.1136672

BELMONTE-UREÑA, L. J. et al. **Circular economy, degrowth and green growth as pathways for research on sustainable development goals: A global analysis and future agenda.** Ecological Economics, [S.l.], v. 185, p. 107050, 2021. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2021.107050

BOUDREAU, J. W.; RAMSTAD, P. M. **Talentship, talent segmentation, and sustainability: A new HR decision science paradigm for a new strategy definition.** Human Resource Management: Published in Cooperation with the School of Business Administration, The University of Michigan and in alliance with the Society of Human Resources Management, [S.l.], v. 44, n. 2, p. 129-136, 2005. DOI: 10.1002/hrm.20054

BOWEN, D. E.; OSTROFF, C. **Understanding HRM–firm performance linkages: The role of the “strength” of the HRM system.** Academy of Management Review, [S.l.], v. 29, n. 2, p. 203-221, 2004. DOI: 10.5465/amr.2004.12736076

BRAGANZA, A. et al. **Productive employment and decent work: The impact of AI adoption on psychological contracts, job engagement and employee trust.** Journal of Business Research, [S.l.], v. 131, p. 485-494, 2021. DOI: 10.1016/j.jbusres.2020.08.018

BRAUN, V.; CLARKE, V. **Using thematic analysis in psychology.** Qualitative Research in Psychology, [S.l.], v. 3, n. 2, p. 77-101, 2006. DOI: 10.1191/1478088706qp063oa

COOKE, F. L. **Concepts, contexts, and mindsets: Putting human resource management research in perspectives.** Human Resource Management Journal, [S.l.], v. 28, n. 1, p. 1-13, 2018. DOI: 10.1111/1748-8583.12163

COOKE, F. L.; DICKMANN, M.; PARRY, E. **Building sustainable societies through human-centred human resource management: emerging issues and research opportunities.** The International Journal of Human Resource Management, [S.l.], v. 33, n. 1, p. 1-15, 2022. DOI: 10.1080/09585192.2021.2021732

COSTA, N.; OLIVEIRA, C. **The Psychological Contract of Higher Education Teachers in Portugal - Confirmatory Factor Analysis.** Procedia Computer Science. [S.l.], v. 204, p. 952-960, 2022. DOI: 10.1016/j.procs.2022.08.116

DE PRINS, P. et al. Sustainable HRM: **Bridging theory and practice through the'Respect Openness Continuity (ROC)'**-model. Management revue, [S.l.], v. 25, n. 4, p. 263-284, 2014. DOI: 10.5771/0935-9915-2014-4-263

DELMAS, M. A.; TOFFEL, M. W. **Institutional pressures and organizational characteristics: Implications for environmental strategy.** In: P. Bansal, & A. J. Hoffman (Eds.), Oxford handbook of business and the natural environment, p. 229-247. Oxford, UK: Oxford University Press, 2011.

DELMOTTE, J.; WINNE, S.; SELS, L. **Toward an assessment of perceived HRM system strength: Scale development and validation.** The International Journal of Human Resource Management, [S.l.], v. 23, n. 7, p.1481-1506, 2012. DOI: 10.1080/09585192.2011.579921

DEMO, G. **Políticas de Gestão de Pessoas nas organizações: Estado da arte, Produção Nacional, Agenda de Pesquisa, Medidas e Estudos Relacionais.** 1ª ed. São Paulo: Atlas, 2012.

DIAS, E. G.; MISHIMA, S. M. **Análise temática de dados qualitativos: uma proposta prática para efetivação.** Revista Sustinere, v. 11, n. 1, 2023. DOI: 10.12957/sustinere.2023.71828

DUARTE, A. P. **Responsabilidade social das organizações.** Psicossociologia do trabalho e das organizações: Princípios e práticas, v. 18, p. 537-566, 2014.

EHNERT, I. **Strategien und Praktiken eines Nachhaltigen Human Resource Management.** UmweltWirtschaftsForum, [S.l.], v. 16, n. 4, p. 187-192, 2008.

EHNERT, I. et al. **Reporting on sustainability and HRM: A comparative study of sustainability reporting practices by the world's largest companies.** The International Journal of Human Resource Management, [S.l.], v. 27, n. 1, p. 88-108, 2015. DOI: 10.1080/09585192.2015.1024157

EL-FEKEY, S.F; MOSTAFA, B.A. **Human Resource Development within the Sustainability Science Framework.** European Journal of Sustainable Development, [S.l.], v. 12, n. 1, p. 199-220, 2023. EISSN: 2239-6101. DOI: 10.14207/ejsd.2023.v12n1p199

ELKINGTON, J. **Cannibals with forks: The triple bottom line of twentieth century business.** Capstone, Oxford, 1997.

FRÉMEAUX, S.; MICHELSON, G. **The common good of the firm and humanistic management: Conscious capitalism and economy of communion.** Journal of Business Ethics, [S.l.], v. 145, n. 4, p. 701-709, 2017. DOI: 10.1007/s10551-016-3118-6

GENARI, D.; MACKE, J. **Práticas de gestão sustentável de recursos humanos e os impactos no comprometimento organizacional.** Revista de Administração de Empresas, [S.l.], v. 62, n. 5, 2022. DOI: 10.1590/S0034-759020220502

GIL, A. C. **Como fazer pesquisa qualitativa.** 1. ed. Barueri: Atlas, 2021.

GOMES, D. **Entre as políticas afirmativas e as políticas para afirmação de direitos: o exem-**

**plo da Política Nacional de Trabalho no âmbito do Sistema Prisional - PNAT.** Revista Digital Constituição e Garantia de Direitos, [S. l.], v. 14, n. 1, 2022. DOI: 10.21680/1982-310X.2021v-14n1ID24935

GUEST, D. **Human resource management and employee well-being: Towards a new analytic framework.** Human Resource Management Journal, [S.l.], v. 27, n. 1, p. 22–38, 2017. DOI: 10.1111/1748-8583.12139

HANASHIRO, D. M. M.; TEIXEIRA, M. L. M.; ZACCARELLI, L. M. **Gestão do Fator Humano: Uma Visão Baseada em Stakeholders.** 2ª ed. Saraiva, 2013, p. 7.

JÄRLSTRÖM, M.; SARU, E.; VANHALA, S. **Sustainable human resource management with salience of stakeholders: A top management perspective.** Journal of Business Ethics, [S.l.], v. 152, p. 703-724, 2018. DOI: 10.1007/s10551-016-3310-8

JERÓNIMO, H. M.; LACERDA, T. C. de; HENRIQUES, P. L. **From sustainable HRM to employee performance: A complex and intertwined road.** European Management Review, [S.l.], v. 17, n. 4, p. 871-884, 2020. DOI: 10.1111/emre.12402

JESUS, R. G.; ROWE, D. E. O. **Percepção de políticas de gestão de pessoas e comprometimento organizacional: o papel mediador da percepção de justiça organizacional.** Tourism & Management Studies. [S.l.], v.11, n.2, p. 211-218, 2015. eISSN: 2182-8466

KANTAMARA, P.; SARATUN, M. **An analysis of CEO visions in Thailand.** International Journal of Business Innovation and Research, [S.l.], v. 12, n. 1, p. 23-40, 2017. eISSN: 1751-0260

KRAMAR, R. **Beyond strategic human resource management: Is sustainable human resource management the next approach?** The International Journal of Human Resource Management, [S.l.], v. 25, n. 8, p. 1069-1089, 2014. DOI:10.1080/09585192.2013.816863

KRAMAR, R. **Workplace performance: a sustainable approach.** Asia Pacific Journal of Human Resources, [S.l.], v. 59, n. 4, p. 567-581, 2021. DOI: 10.1111/1744-7941.12289.

KUTAULA, S.; GILLANI, A.; BUDHWAR, P. S. **An analysis of employment relationships in Asia using psychological contract theory: A review and research agenda.** Human Resource Management Review, [S.l.], v. 30, n. 4, p. 100707, 2020. DOI: 10.1016/j.hrmr.2019.100707

LOPEZ-CABRALES, A.; VALLE-CABRERA, R. **Sustainable HRM strategies and employment relationships as drivers of the triple bottom line.** Human Resource Management Review, [S.l.], v. 30, n. 3, p. 100689, 2020. DOI: 10.1016/j.hrmr.2019.100689

MASCARENHAS, A. O.; BARBOSA, A. C. Q. **Gestão de recursos humanos sustentável e responsabilidade socioambiental: uma agenda para debates.** Revista de Administração de Empresas, [S.l.], v. 59, p. 353-364, 2019. DOI: 10.1590/S0034-759020190505

MIERLO, J.; BONDAROUK, T.; SANDERS, K. **The dynamic nature of HRM implementation: a structuration perspective.** The International Journal of Human Resource Management, [S.l.], v. 29, n. 22, p. 3026-3045, 2018. DOI: 10.1080/09585192.2018.1443957

MISHRA, P. **Green human resource management: A framework for sustainable organizational**

**development in an emerging economy.** International Journal of Organizational Analysis, [S.l.], v. 25, n. 5, p. 762–788, 2017. DOI: 10.1108/IJOA-11-2016-1079

MPABANGA, D.; SESA, L. **Imperatives: The Five P’s: People, Planet, Prosperity, Peace and Partnerships and Sustainable Development Goals-The Need to Transform Public Administration and Management.** African Journal of Public Administration and Management, [S.l.], v. 17, n. 2, p. 44-58, 2020. ISSN: 2222-646X

MÜLLER-CHRIST, G.; REMER, A. **Umweltwirtschaft oder Wirtschaftsökologie? Vorüberlegungen zu einer Theorie des Ressourcenmanagements.** Betriebliches Umweltmanagement im 21. Jahrhundert: Aspekte, Aufgaben, Perspektiven, p. 69-87, 1999.

NEDKOVSKI, V.; et al. **Organizational ethical climates and employee's trust in colleagues, the supervisor, and the organization.** Journal of Business Research, [S.l.], v. 71, p. 19-26, 2017. DOI: 10.1016/j.jbusres.2016.11.004

OIT – Organização Internacional do Trabalho. **Trabalhar para um futuro melhor – Comissão Global sobre o Futuro do Trabalho.** Lisboa: OIT, p. 9-16, 2019.

PABIAN, S.; et al. **Dark Triad personality traits and adolescent cyber-aggression.** Personality and Individual Differences, [S.l.], v. 75, p. 41-46, 2015. DOI: 10.1016/j.paid.2014.10.045

PERSSON, S.; WASIELESKI, D. **The seasons of the psychological contract: Overcoming the silent transformations of the employer–employee relationship.** Human Resource Management Review, [S.l.], v. 25, n. 4, p. 368-383, 2015. DOI: 10.1016/j.hrmr.2015.02.003

PIENING, E. P.; BALUCH, A. M.; RIDDER, H. G. **Mind the intended-implemented gap: Understanding employees’ perceptions of HRM.** Human Resource Management, [S.l.], v. 53, n. 4, p. 545-567, 2014. DOI: 10.1002/hrm.21605

RANDEV, K. K.; JHA, J. K. **Sustainable Human Resource Management: A Literature-based Introduction.** NHRD Network Journal, [S.l.], v. 12, n. 3, p. 241–252. 2019. DOI: 10.1177/2631454119873495

REGO, A.; CUNHA, M. P. **Workplace spirituality and organizational commitment: An empirical study.** Journal of organizational change management, [S.l.], v. 21, n. 1, p. 53-75, 2008. DOI: 10.1108/09534810810847039

RENWICK, D. W.; et al. **Contemporary developments in Green (environmental) HRM scholarship.** International Journal of Human Resource Management, [S.l.], v. 27, n. 2, p. 114-128, 2016. DOI: 10.1080/09585192.2015.1105844

ROBBINS, S.P.; JUDGE, T.A. **Comportamento Organizacional.** São Paulo: Editora Pearson Education do Brasil S.A, ed. 18, 2020.

ROUSSEAU, D. M. **Psychological Contracts in Organizations: Understanding Written and Unwritten Agreements.** Thousand Oaks: Sage, 1995.

RUPP, D. E. et al. **A critical analysis of the conceptualization and measurement of organizational justice: Is it time for reassessment?** Academy of Management Annals, [S.l.], v. 11, n. 2, p.

919-959, 2017. DOI:

SCHALTEGGER, S.; HANSEN, E. G.; LÜDEKE-FREUND, F. **Business models for sustainability origins, present research, and future avenues.** Organization & Environment, [S.l.], v. 29, n. 1, p. 3-10, 2016. DOI: 10.1177/1086026615599806

SCHIO, N. S. et al. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e as empresas participantes do mercado acionário brasileiro.** In: Anais USP Internacional Conference in Accounting. 2019.

SILVA, C. H. G. **Por uma estratégia de efetividade ao direito fundamental ao meio ambiente ecologicamente equilibrado à luz do desenvolvimento sustentável e da agenda ESG: da definição à operacionalização do compliance ambiental.** 178 f. Dissertação (Mestrado em Direito) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Programa de Pós-Graduação em Direito, 2021.

SILVA, L. F.; RUSSO, R. F. S. M. **Aplicação de entrevistas em pesquisa qualitativa.** Revista de Gestão e Projetos – GeP - eISSN 2236-0972, [S.l.], v. 10, n. 1, 2019.

SIMAN, R. R.; et al. **Governance tools: Improving the circular economy through the promotion of the economic sustainability of waste picker organizations.** Waste Management, [S.l.], v. 105, p. 148-169, 2020.

STAHL, G. K.; et al. **Enhancing the role of human resource management in corporate sustainability and social responsibility: A multi-stakeholder, multidimensional approach to HRM.** Human Resource Management Review, [S.l.], v. 30, n. 3, 2020. DOI: 10.1016/j.hrmr.2019.100708

STAKE, R. E. **The art of case study research.** Sage, 1995.

TEIXEIRA, G. M.; et al. **Gestão estratégica de pessoas.** 2ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2010.

TUZZO, S. A.; BRAGA, C. F. **O processo de triangulação da pesquisa qualitativa: o metafenômeno como gênese.** Revista Pesquisa Qualitativa, v. 4, n. 5, p. 140–158, 2016.

VAN DE VOORDE, K.; PAAUWE, J.; VAN VELDHOVEN, M. **Employee well-being and the HRM–organizational performance relationship: a review of quantitative studies.** International Journal of Management Reviews, [S.l.], v. 14, n. 4, p. 391-407, 2012. DOI: 10.1111/j.1468-2370.2011.00322.x

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração.** 16ª ed. São Paulo: Atlas, 2016.

VIEIRA, R. S. **Desafios da implementação da sustentabilidade (Agenda 2030) no Brasil: um estudo sobre a importância do capital social e do capital financeiro.** Revista Saberes da Amazônia, [S.l.], v. 4, n. 09, p. 239-257, 2019.

WANG, Y. et al. **Employee perceptions of HR practices: A critical review and future directions.** The International Journal of Human Resource Management, v. 31, n. 1, p. 128-173, 2019. DOI: 10.1080/09585192.2019.1674360.

WESTERMAN, J. W. et al. **Sustainable human resource management and the triple bottom line: Multi-stakeholder strategies, concepts, and engagement.** Human Resource Management

Review, [S.l.], v. 30, n. 3, p. 100742, 2020. DOI: 10.1016/j.hrmr.2020.100742

ZANON, B. **Depois do pós-fordismo: as últimas décadas da razão material do trabalho.** Revista Estudos de Sociologia, [S.l.], v. 25, n. 48, 2020. DOI: 10.52780/res.13504

ZANONI, B. L.; OLIVEIRA, S. A. **Reflexões sobre o sentido de sustentabilidade em organizações.** Revista de Administração de Empresas, [S.l.], v. 63, p. e2022-0028, 2023. DOI: 10.1590/S0034-759020230203

ZHANG, L. et al. **Can Psychological Contracts Decrease Opportunistic Behaviors?** Frontiers in Psychology, [S.l.], v. 13, p. 911389, 2022. DOI: 10.3389/fpsyg.2022.911389



## Apêndice

Quadro 1: Programas de extensão do Ifes e a relação com os ODS

	Caso	Recurso	Codificação	Duração (min)	
<b>Pesquisa documental</b>	<b>Alfa</b>	Site organizacional	DA1	-	
		Relatório de Transparência e Igualdade Salarial	DA2	-	
		Rede social profissional – LinkedIn	DA3	-	
		Rede social de comunicação – Instagram	DA4	-	
	<b>Beta</b>	Site organizacional	DB1	-	
		Relatório de Gestão 2021	DB2	-	
		Relatório de Sustentabilidade 2022	DB3	-	
		Relatório de Sustentabilidade 2023	DB4	-	
<b>Representantes estratégicos do RH (Apêndice C)</b>	<b>Alfa</b>	Rede social profissional – LinkedIn	DB5	-	
		Rede social de comunicação – Instagram	DB6	-	
	<b>Beta</b>	Direção de Gente e Gestão	EA1	39	
		Gerente Desenvolvimento Humano Organizacional	EB1	23	
	<b>Representantes táticos de RH (Apêndice D)</b>	<b>Alfa</b>	Coordenação Gente e Gestão	EA2	38
			Analista Gente e Gestão	EA3	29
			Analista Treinamento e Desenvolvimento	EA4	61
			Coordenação Recrutamento e Seleção	EA5	17
<b>Beta</b>		Analista Recrutamento e Seleção	EB2	28	
		Analista Remuneração e Carreira	EB3	48	
		Analista Ambiental	EB4	13	
		Analista RH / Business Partner	EB5	30	
		Analista Departamento Pessoal	EB6	14	
		Assistente de Manutenção de Loja	EA6	37	
		Assistente de Contabilidade	EA7	31	
<b>Representantes do grupo de trabalhadores (Apêndice E)</b>	<b>Alfa</b>	Analista de Marketing	EA8	19	
		Analista de Contas a Pagar	EA9	40	
		Assistente administrativo / Logística	EA10	42	
		Estágio de Conteúdo e Marketing	EB7	44	
	<b>Beta</b>	Analista de Processos II	EB8	29	
		Desenvolvedor	EB9	25	
		Analista de Controladoria	EB10	17	
		Coordenação Relacionamento Comercial	EB11	22	

# Toque Sustentável: Educação Inclusiva com uso de Materiais Recicláveis

Cayo Henrique da Silva Freitas<sup>1</sup>  
Adriana Santana Ferreira<sup>2</sup>  
Anna Clara Ferreira Lins<sup>3</sup>  
Jousiclécia Almeida dos Santos<sup>4</sup>  
Lívia Francielly Lino<sup>5</sup>  
Mauro Santos da Paz<sup>6</sup>

## Resumo

O projeto “Toque Sustentável: Educação Inclusiva com uso de Materiais Recicláveis” desenvolveu e validou sete recursos pedagógicos táteis para pessoas com deficiência visual (cegos e baixa visão), utilizando garrafas PET, papelão, tampinhas e outros resíduos reaproveitados. Entre agosto e novembro de 2024, foram realizados oito workshops com grupos de adultos e de crianças da Associação dos Deficientes Físicos e Mentais de Arapiraca (ADFIMA), nas quais os alunos do IFAL – Campus Arapiraca, apresentaram protótipos prontos e coletaram feedback para refinamentos iterativos. Os materiais táteis criados e testados incluíram: lixeiras, cubo sensorial, jogo da memória, tabela periódica, relógio, alfabeto e o jogo “Acerte a Sequência”. Em cada oficina, avaliou-se a usabilidade, clareza do relevo, ergonomia e adequação ao ensino de conteúdos de alfabetização, ciências, matemática e meio ambiente. Observou-se alto grau de satisfação entre todos os participantes e notou-se que usuários com cegueira total demonstraram maior refinamento no reconhecimento tátil, superando até mesmo pessoas videntes com vendas nos olhos. Os ajustes resultantes aprimoraram a espessura de relevo, texturas diferenciadas e fixação dos componentes, garantindo durabilidade e eficácia pedagógica. Essa experiência confirmou que materiais recicláveis, aliados a um processo participativo, podem gerar ferramentas de ensino inclusivas, sustentáveis e de baixo custo.

**Palavras-chave:** Educação inclusiva; Deficiência visual; Materiais recicláveis; Aprendizagem tátil; Sustentabilidade.

<sup>1</sup>Graduando no curso de bacharelado em Sistemas de Informação do Instituto Federal de Alagoas, Campus Arapiraca. [chsf3@aluno.ifal.edu.br](mailto:chsf3@aluno.ifal.edu.br)

<sup>2</sup>Professora de Geografia do Instituto Federal de Alagoas, Campus Arapiraca. [adriana.ferreira@ifal.edu.br](mailto:adriana.ferreira@ifal.edu.br)

<sup>3</sup>Graduanda no curso de bacharelado em Sistemas de Informação do Instituto Federal de Alagoas, Campus Arapiraca. [acf2@aluno.ifal.edu.br](mailto:acf2@aluno.ifal.edu.br)

<sup>4</sup>Graduanda no curso de bacharelado em Sistemas de Informação do Instituto Federal de Alagoas, Campus Arapiraca. [jas103@aluno.ifal.edu.br](mailto:jas103@aluno.ifal.edu.br)

<sup>5</sup>Graduanda no curso de bacharelado em Sistemas de Informação do Instituto Federal de Alagoas, Campus Arapiraca. [lfl6@aluno.ifal.edu.br](mailto:lfl6@aluno.ifal.edu.br)

<sup>6</sup>Graduando no curso de bacharelado em Sistemas de Informação do Instituto Federal de Alagoas, Campus Arapiraca. [msp11@aluno.ifal.edu.br](mailto:msp11@aluno.ifal.edu.br)

## Abstract

The project ‘Sustainable Touch: Inclusive Education Using Recycled Materials’ developed and validated seven tactile educational resources for individuals with visual impairments (blindness and low vision), using repurposed PET bottles, cardboard, bottle caps, and other recyclable waste. Between August and November 2024, eight workshops were held with adult and children groups from the Association of Physically and Mentally Disabled of Arapiraca (ADFIMA), during which students from IFAL – Arapiraca Campus presented finalized prototypes and collected feedback for iterative improvements. The tactile materials tested included: recycling bins, sensory cube, memory game, periodic table, clock, alphabet, and the game ‘Get the Sequence Right’. Each session assessed usability, tactile clarity, ergonomics, and suitability for teaching subjects such as literacy, science, math, and environmental education. A high level of satisfaction was observed among all participants, with blind users demonstrating superior tactile recognition compared to sighted participants using blindfolds. Resulting refinements enhanced the raised elements’ thickness, introduced varied textures, and improved the stability of components, ensuring pedagogical effectiveness and durability. This experience confirmed that recycled materials, combined with a participatory approach, can produce inclusive, sustainable, and low-cost teaching tools.

**Keywords:** Inclusive education; Visual impairment; Recycled materials; Tactile learning; Sustainability.



## Introdução

A inclusão de pessoas com deficiência visual no contexto educacional brasileiro ainda é marcada por um acesso reduzido a recursos pedagógicos adaptados, muitas vezes restritos a tecnologias de alto custo ou a materiais convencionais de difícil manuseio tátil. Essa lacuna compromete o aprendizado e a autonomia de indivíduos com cegueira ou baixa visão, limitando sua participação plena no processo de ensino-aprendizagem. Em muitas escolas e instituições de apoio, a ausência de artefatos sensoriais acessíveis reforça a exclusão educacional, contrariando o princípio de equidade que deve nortear a educação pública.

Nesse cenário, a reutilização de materiais descartáveis – como garrafas PET, papelão e tampinhas – surge como uma estratégia de baixo custo e grande potencial pedagógico, capaz de articular sustentabilidade e inclusão. A confecção de objetos táteis a partir de materiais recicláveis não apenas reduz o impacto ambiental, mas também possibilita a criação de artefatos multissensoriais que fortalecem a mediação entre o conteúdo curricular e a experiência perceptiva por meio do tato. Segundo Vygotsky (1991, p. 38), “a mediação de ferramentas culturais e artefatos simbólicos é fundamental para o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores”, pois esses instrumentos concretos permitem construir conceitos abstratos a partir da interação direta com o objeto de estudo.

O projeto “Toque Sustentável: Educação Inclusiva com uso de Materiais Recicláveis” foi idealizado para responder a essas demandas, desenvolvendo e validando sete recursos táteis – lixeiras, cubo sensorial, jogo da memória, tabela periódica, relógio, alfabeto e o jogo “Acerte a Sequência” – por meio de oficinas com adultos e crianças da Associação dos Deficientes Físicos e Mentais de Arapiraca (ADFIMA). Além da aplicação prática, foi criada uma plataforma no GitHub Pages para documentar metodologias e distribuir instruções de montagem em um repositório aberto, ampliando o alcance da iniciativa e fomentando a replicação em outras comunidades. Neste trabalho, será apresentado os procedimentos metodológicos adotados, os principais resultados das oficinas e as reflexões finais sobre a integração entre tecnologia, sustentabilidade e inclusão social.

## Referencial teórico

A base conceitual deste trabalho articula diferentes aportes que enfatizam a importância de ferramentas culturais, sustentabilidade e tecnologia para a promoção da inclusão de pessoas com deficiência visual.

Para Vygotsky (1991, p. 38), “a mediação de ferramentas culturais e artefatos simbólicos é fundamental para o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores”. Partindo da Teoria Sociocultural proposta pelo autor mencionado, entende-se que a aprendizagem se constrói por meio da mediação de artefatos culturais, que ampliam as capacidades cognitivas dos indivíduos. No caso de usuários com cegueira ou baixa visão, esses artefatos assumem formato tátil, tornando possível a internalização de conceitos abstratos através do toque.

Em âmbito global, de acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU 2015), por meio da Agenda 2030, que trata dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), reforça a necessidade de práticas que integrem qualidade educacional e responsabilidade ambiental. Especialmente o ODS 4 enfatiza a educação inclusiva, equitativa e de qualidade visando promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos. Enquanto o ODS 12 incentiva o consumo e a produção responsáveis. Nesse sentido, o uso de materiais descartáveis – como PET, papelão e tampinhas – para a confecção de recursos didáticos responde diretamente a esses imperativos.

Ainda segundo Sasaki (1997, p. 40), “A verdadeira inclusão educacional ocorre quando todos os alu-

nos têm acesso às mesmas oportunidades de aprender e se desenvolver em um ambiente comum”. Desta forma, o autor, no campo específico da educação inclusiva alerta para a importância de um ambiente escolar verdadeiramente plural, no qual não haja segregação de alunos com necessidades específicas.

Por fim, a literatura sobre tecnologias educacionais destaca o papel das plataformas digitais na difusão de práticas inovadoras. A disponibilização de tutoriais, relatórios e materiais em repositórios abertos amplia o impacto social de projetos de extensão e facilita sua replicação em diferentes comunidades. Como pontua Selwyn (2011, p. 85), “as tecnologias digitais podem democratizar o acesso a práticas pedagógicas inovadoras, permitindo a documentação e disseminação abertas.”

## O primeiro contato com o público alvo do projeto

O primeiro encontro com os pacientes da ADFIMA aconteceu em 30 de agosto de 2024, em uma visita de aproximadamente três horas na sede da associação. Nesta etapa, a equipe do projeto foi apresentada a um grupo heterogêneo de pessoas com deficiência visual, incluindo tanto indivíduos com cegueira total quanto com baixa visão. Essa diversidade exigiu adaptações nas dinâmicas, pois enquanto alguns participantes exploravam superfícies apenas pelo tato, outros também faziam uso de indicações visuais em alto contraste para acompanhar os protótipos.

Inicialmente houve uma breve palestra expositiva, na qual foram detalhados os objetivos do projeto “Toque Sustentável”. Foram mostrados exemplos iniciais de texturas e meios alternativos de reutilização de resíduos recicláveis. Em seguida, convidamos cada pessoa a manusear livremente esses materiais, comparando diferentes espessuras e relevos. A experiência foi marcante para a equipe, que vivenciou na prática as limitações e possibilidades sensoriais de quem não enxerga ou enxerga de forma parcial.

Ao final do encontro, ficou evidente que a participação ativa dos pacientes da associação não só validou nossas hipóteses iniciais, mas também criou um vínculo de empatia e colaboração. Essa primeira experiência transformadora reforçou a importância de envolver pessoas com cegueira e baixa visão em todas as fases de desenvolvimento, garantindo que cada oficina subsequente fosse moldada de acordo com as necessidades específicas mapeadas.

Figura 1: Imagem da palestra inicial com os adultos participantes do projeto.



Fonte: Próprio autor, 2024.

## Metodologia

No decorrer do projeto, foram realizadas diversas oficinas práticas com o objetivo de validar e aprimorar materiais pedagógicos táteis desenvolvidos com recursos recicláveis, como garrafas PET, papelão, tampinhas, entre outros. Essas oficinas ocorreram com dois públicos distintos: adultos e crianças com deficiência visual – incluindo pessoas com cegueira total e com baixa visão – atendidas pela ADFIMA, em Arapiraca, Alagoas.

As oficinas tinham como principal função a apresentação dos objetos criados com os materiais recicláveis desenvolvidos pelos alunos do curso de Sistemas de Informação, do IFAL – Campus Arapiraca, que buscavam, nestes momentos, verificar a eficácia dos recursos no processo de ensino e aprendizagem em diferentes áreas do conhecimento. A intenção era compreender como os protótipos – elaborados com foco em acessibilidade e sustentabilidade – poderiam de fato contribuir para o aprendizado de conteúdos como alfabetização, noções de tempo, lógica, ciências e meio ambiente.

Figura 2: Imagem de um participante e uma discente do IFAL explorando informações através do cubo tátil.



Fonte: Próprio autor, 2024.

Entre os materiais táteis apresentados e testados durante as oficinas estavam: lixeiras (com texturas representando papel, plástico, vidro e metal, utilizadas para conscientização sobre separação de resíduos); cubo sensorial (com diferentes texturas e formas em cada face para estímulo multissensorial); jogo da memória (feito com papelão gerando figuras em alto relevo); tabela

periódica (com elementos em alto-relevo e agrupados por família); relógio tátil (com ponteiros móveis e marcações perceptíveis ao toque); alfabeto (feito com letras em relevo de papelão); e o jogo “Acerte a Sequência”, no qual os participantes organizaram peças táteis em determinada ordem lógica (feito com papelão e tampinhas).

Com o grupo de adultos, os materiais mais trabalhados foram a tabela periódica, o relógio e as lixeiras táteis, por apresentarem uma conexão direta com a vida cotidiana e com conteúdos escolares já conhecidos. Durante as atividades, os participantes exploraram os objetos com as mãos, comentando sobre a clareza do relevo, o tamanho das peças e a facilidade de interpretação, e promoveram reflexões sobre as origens dos materiais presentes, seu tempo de vida útil e as formas de descarte adequado, reforçando a consciência socioambiental.

**Figura 3:** Imagem dos adultos participantes do projeto explorando a tabela periódica tátil.



Fonte: Próprio autor, 2024.

As oficinas com as crianças assumiram um caráter marcadamente lúdico e interativo, criando um ambiente acolhedor e estimulante para a experimentação. Dentre os materiais apresentados, o jogo “Acerte a Sequência” e o cubo sensorial se destacaram pelo alto nível de engajamento. As crianças exploraram cada peça com entusiasmo, demonstrando curiosidade e autonomia ao identificar formas, texturas e padrões apenas por meio do tato. Um dos momentos mais marcantes ocorreu durante a aplicação do jogo “Acerte a Sequência”, em que foi possível observar um fenômeno curioso: participantes com cegueira total apresentaram desempenho superior na execução da tarefa em comparação a pessoas videntes que utilizaram vendas nos olhos para simular a ausência da visão.

**Figura 4:** Imagem das crianças participantes do projeto explorando o jogo “Acerte a Sequência” vendados.



Fonte: Próprio autor, 2024.

A atividade revelou que os usuários cegos possuíam maior refinamento na percepção tátil e mais confiança na leitura das peças, destacando como o tato, quando desenvolvido ao longo da vida, se torna uma ferramenta altamente precisa e eficaz de aprendizado e interação com o mundo. Essa observação só reforça a importância do desenvolvimento de recursos acessíveis pensados especificamente para o domínio sensorial de quem realmente os utiliza.

Esses momentos foram muito significativos para a equipe do projeto. Os discentes do IFAL, que até então haviam elaborado os protótipos baseando-se em pesquisas teóricas e referências técnicas, passaram a ter contato direto com a experiência real de uso dos materiais. Essa vivência trouxe aprendizados importantes: por exemplo, perceber que a espessura do relevo precisava ser maior para pessoas com sensibilidade reduzida nas mãos, ou que cores fortes deveriam ser mantidas para beneficiar participantes com baixa visão.

As oficinas não foram apenas espaços de avaliação dos recursos criados, mas também momentos de troca, escuta e construção conjunta do saber. A interação entre alunos do IFAL e pacientes da ADFIMA favoreceu a empatia, a consciência crítica e a valorização das diferenças. Para os discentes envolvidos, cada oficina representou uma aula prática sobre inclusão e acessibilidade, muito além do conteúdo técnico.

O encerramento do projeto “Toque Sustentável” foi marcado por um momento de celebração, acolhimento e partilha de aprendizados: a visita dos pacientes da ADFIMA ao Instituto Federal de Alagoas – Campus Arapiraca. A atividade aconteceu em novembro de 2024 e simbolizou a conclusão de um ciclo de trocas intensas entre estudantes e comunidade. Recebidos com carinho pela equipe do projeto e servidores do campus, os participantes vivenciaram uma tarde especial, repleta de dinâmicas, apresentações e interações significativas.

**Figura 5:** Imagem dos pacientes da ADFIMA, participantes do projeto, fazendo um tour pelo IFAL - Campus Arapiraca.



Fonte: Próprio autor, 2024.

Logo na chegada, os visitantes foram guiados por estudantes em um tour tátil pelos espaços do IFAL, adaptado com descrições orais e pontos de parada estratégicos, permitindo que todos pudessem conhecer o ambiente acadêmico de forma acessível. Em seguida, em uma sala de aula, ocorreu uma apresentação com relatos dos alunos sobre a trajetória do projeto, os aprendizados adquiridos e os desafios enfrentados. Os participantes da ADFIMA também compartilharam suas impressões sobre as oficinas e o uso dos materiais táteis, proporcionando um momento emocionante de escuta e reconhecimento mútuo.

Durante o encontro, os recursos desenvolvidos, foram apresentados em forma de exposição interna. Os responsáveis pelo projeto e os participantes do mesmo, interagiram mais uma vez com os jogos, painéis e materiais pedagógicos, agora em um ambiente diferente, o que gerou novas percepções e reflexões. Além disso, a tarde contou com atividades lúdicas e um lanche coletivo, promovendo a socialização e fortalecendo os vínculos criados ao longo dos meses de trabalho.

**Figura 6:** Discente do IFAL apresentando a tabela periódica durante a exposição dos materiais durante o encerramento do projeto.



Fonte: Próprio autor, 2024.

A visita ao IFAL foi mais do que um encerramento formal: foi a materialização dos princípios de inclusão, respeito e colaboração que nortearam o projeto desde o início. Para os discentes, foi a oportunidade de ver o impacto real de suas ações no cotidiano das pessoas. Para os pacientes da ADFIMA, representou o reconhecimento de sua participação ativa e fundamental em uma experiência transformadora, que valorizou suas vivências e protagonismo.

Após o encerramento das oficinas com os pacientes da ADFIMA e a visita ao IFAL, o projeto “Toque Sustentável” ganhou ainda mais visibilidade com sua participação na exposição Abril Marrom, realizada no dia 9 de abril de 2025, no Partage Arapiraca Shopping. O convite para participar da exposição partiu da própria ADFIMA, que reconheceu a relevância e o impacto do projeto, propondo à equipe de alunos idealizadora das atividades, a oportunidade de apresentar seus resultados a um público mais amplo. Para o evento, os estudantes do IFAL prepararam um estande atrativo, um banner institucional explicativo, registros fotográficos das oficinas e exposição dos principais materiais pedagógicos táteis desenvolvidos ao longo do projeto.

**Figura 7:** Discentes do IFAL, idealizadores do projeto, durante exposição no Partage Arapiraca Shopping.



Fonte: Próprio autor, 2025.

Durante todo o dia, o estande recebeu visitantes, dentre os quais crianças, adultos, professores, profissionais da educação inclusiva e curiosos que passavam pelo local. Muitos deles foram convidados a interagir com os materiais de olhos vendados, simulando a experiência sensorial vivida pelas pessoas com deficiência visual. Esse exercício gerou empatia e ampliou o entendimento do público sobre os desafios enfrentados por quem depende do tato como principal canal de aprendizagem.

Além da interação prática com os recursos, os alunos do IFAL, idealizadores do projeto, também explicaram ao público o processo de criação dos objetos, a escolha dos materiais recicláveis e os objetivos pedagógicos de cada protótipo. A troca de experiências com professores da rede pública e especialistas em inclusão foi extremamente enriquecedora, oferecendo novas ideias para futuras adaptações e ampliações das atividades do projeto.

A participação na exposição consolidou o reconhecimento do projeto “Toque Sustentável” como uma ação de extensão inovadora, capaz de articular acessibilidade, sustentabilidade e tecnologia social em uma proposta concreta e replicável. Mais do que uma vitrine de resultados, o evento foi um espaço de sensibilização, diálogo e valorização da inclusão como um compromisso coletivo. Para os discentes, estar em um espaço público, representando o IFAL e dialogando com a comunidade, foi uma experiência marcante e formativa, que reafirmou o propósito social da educação e do conhecimento construído na prática.

### Resultados

As sete oficinas realizadas entre agosto e novembro de 2024 envolveram diretamente 19 pacientes da ADFIMA – quatro encontros com adultos e três com crianças – todos com cegueira total ou

baixa visão. Esses participantes não só testaram e avaliaram os protótipos, como também passaram a utilizá-los em suas consultas, o que foi replicado com outros pacientes da associação, ampliando o alcance das ações para além dos encontros presenciais.

Foram produzidos e submetidos a teste, sete recursos táteis: lixeiras seletivas, cubo sensorial, jogo da memória, tabela periódica, relógio, alfabeto e o jogo “Acerte a Sequência”. Na avaliação final, 15 participantes declararam-se “muito satisfeitos” e 3 “satisfeitos” com a usabilidade, clareza tátil e pertinência pedagógica dos materiais. Destacou-se nos relatos a percepção ampliada sobre inclusão e sustentabilidade, bem como o entusiasmo em explorar cada protótipo.

Importante notar que, ao término das oficinas, todos os materiais permaneceram disponíveis na própria ADFIMA. Os profissionais da associação – incluindo terapeutas ocupacionais, fisioterapeutas e neuropsicopedagogos – incorporaram esses recursos ao atendimento diário, não apenas de pessoas com deficiência visual, mas também de pacientes com outras limitações, como condições neurodivergentes. Essa inserção permanente dos objetos criados no contexto de reabilitação e ensino, reforça o valor social e educacional do projeto, demonstrando que recursos de baixo custo, produzidos com recicláveis e testados em ambiente participativo, podem se tornar ferramentas contínuas de inclusão e desenvolvimento para a comunidade.

Outro aspecto de grande relevância foi o uso da tecnologia como ferramenta de democratização do conhecimento. Ao longo do projeto, foi desenvolvido um site hospedado no GitHub Pages (<https://cayohenrique250.github.io/Toque-Sustentavel>), que passou a funcionar como repositório aberto de todas as metodologias aplicadas, com textos, imagens, instruções de montagem dos objetos e relatos das oficinas. O site ampliou o alcance do projeto para além da comunidade atendida presencialmente, permitindo que outras instituições, educadores e familiares tivessem acesso aos conteúdos desenvolvidos, podendo adaptá-los e replicá-los conforme suas realidades. A iniciativa reforça o papel da extensão universitária não apenas como intervenção local, mas também como um espaço de produção e circulação de saberes abertos e acessíveis.

Os resultados demonstraram de forma clara que a combinação de mediação cultural, sustentabilidade e tecnologia digital é eficaz para promover inclusão de pessoas com deficiência visual. A alta satisfação dos pacientes e a adoção permanente dos protótipos na ADFIMA – agora utilizados também com indivíduos neurodivergentes – comprovam o valor social e pedagógico dos artefatos desenvolvidos.

### Discussão

O projeto “Toque Sustentável: Educação Inclusiva com uso de Materiais Recicláveis” representou uma experiência rica e transformadora tanto para os discentes do IFAL – Campus Arapiraca, quanto para os pacientes da ADFIMA. Mais do que a produção de recursos táteis com materiais recicláveis, o projeto foi uma vivência profunda de empatia, inclusão e responsabilidade ambiental, proporcionando aos envolvidos uma nova forma de enxergar – e de sentir – o mundo da acessibilidade.

A performance tátil superior observada em participantes cegos, comparável ou mesmo acima da de videntes vendados, reforça a tese de Vygotsky (1991, p. 38) de que “a mediação de ferramentas culturais e artefatos simbólicos é fundamental para o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores”. Ainda, ao utilizar resíduos descartáveis, o projeto responde aos ODS 4 e 12 da Agenda 2030, da Organização das Nações Unidas (ONU, 2015), demonstrando que materiais de baixo custo podem gerar instrumentos de aprendizagem de alto impacto e sustentabilidade.



A incorporação dos protótipos por terapeutas ocupacionais, neuropsicopedagogos e educadores da ADFIMA, beneficiando diferentes perfis de usuários, ilustra o princípio de Sasaki (1997, p. 40) de que “a verdadeira inclusão educacional ocorre quando todos os alunos têm acesso às mesmas oportunidades de aprender e se desenvolver em um ambiente comum”. Por fim, a disponibilidade de manuais, relatórios e vídeos em plataforma aberta no GitHub Pages consolida o caráter replicável da metodologia, alinhando-se à visão de Selwyn (2011, p. 85) de que “as tecnologias digitais podem democratizar o acesso a práticas pedagógicas inovadoras, permitindo a documentação e disseminação abertas”.

A construção de objetos táteis, utilizando materiais recicláveis, demonstrou na prática, que a educação inclusiva pode ser viabilizada com criatividade, escuta ativa e compromisso socioambiental. Cada protótipo foi pensado, testado e aprimorado a partir da interação direta com pessoas com cegueira e baixa visão, o que garantiu a efetividade dos recursos e reafirmou o protagonismo dos usuários no processo. Os jogos e instrumentos desenvolvidos mostraram-se eficazes no apoio ao ensino de conteúdos de diversas áreas, como alfabetização, ciências, lógica e educação ambiental.

A visita dos pacientes da ADFIMA ao IFAL - Campus Arapiraca e a participação do projeto na Exposição “Abril Marrom” simbolizaram a culminância de um processo construído com diálogo, respeito e colaboração. Mais do que encerrar uma etapa, esses momentos selaram os vínculos criados entre os envolvidos e evidenciaram o impacto positivo de ações que integram acessibilidade, sustentabilidade e tecnologia.

Conclui-se, portanto, que iniciativas como o projeto “Toque Sustentável” são fundamentais para transformar realidades, sensibilizar futuros profissionais e reafirmar o papel da educação pública como promotora da inclusão, da inovação e da cidadania. O legado do projeto não está apenas nos objetos produzidos, mas nas vivências construídas e no compromisso de continuar buscando caminhos acessíveis para todos.

## Referências

BRASIL. [Lei 13.146, de 6 de julho de 2015]. **Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência)**. Brasília, DF: Presidência da República, 2015. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2015/Lei/L13146.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/L13146.htm). Acesso em: 01 mai. 2025.

COELHO, Maria Cristina de Oliveira Cardoso. **Sustentabilidade: reaproveitamento de materiais recicláveis**. Recife: UFRPE, 2009.

DIAS, Cristiane Barbosa; SMILJANIC, Katya Bonfim Ataides. **Construção de brinquedos a partir de materiais recicláveis – uma proposta para a educação ambiental na educação infantil**. In: SEMANA UNIVERSITÁRIA, 10.; ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 9., 2015, Mineiros. Anais [...]. Mineiros: UNIFIMES, 2015.

ONU - Organização das Nações Unidas. **Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development**. 2015. Disponível em: <https://sdgs.un.org/2030agenda>. Acesso em: 01 mai. 2025.

SASSAKI, Romeu Kazumi. **Inclusão: Construindo uma sociedade para todos**. 2. ed. Rio de Janeiro: WVA, 1997.

SELWYN, Neil. **Digitally distanced learning: A study of international distance learners' (non) use of technology**. Distance Education, v. 32, n. 1, p. 85-99, 2011.

VYGOTSKY, Lev Semionovitch. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. 6. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

# Extensão, Educação Ambiental e ODS: Práticas para a Sustentabilidade no Ifes campus Vitória

Maria Claudia Lima Couto<sup>1</sup>  
Gutenberg de Almeida Nascimento<sup>2</sup>  
Artur Lima Couto de Souza<sup>3</sup>

## Resumo

Este estudo analisou como os projetos de extensão do Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes) — Campus Vitória integram a Educação Ambiental (EA) crítica e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), visando identificar convergências, lacunas e contribuições para a sustentabilidade. A metodologia dividiu-se em três etapas: (1) levantamento de 28 programas, 37 projetos (2023-2025); (2) análise qualitativa e quantitativa do alinhamento com os ODS; e (3) proposição de diretrizes para fortalecer a EA na extensão. Os resultados revelaram que 14 dos 17 ODS são abordados, com destaque para o ODS 4 (Educação de Qualidade), presente em 80% das iniciativas, atuando como eixo transversal. Clusters temáticos emergiram, como Sustentabilidade Ambiental (ODS 12, 13, 15), e Inovação e Desenvolvimento Econômico (ODS 8, 9) e o ODS 17 destacou-se como amplificador de impacto. Conclui-se que a extensão universitária, ao articular EA crítica e ODS, fortalece a formação cidadã e a ação local, porém requer políticas institucionais para equilibrar abordagens e integrar metas negligenciadas. O estudo oferece um modelo replicável para instituições de ensino, reforçando seu papel na implementação da Agenda 2030.

**Palavras-chave:** Educação Ambiental; Objetivos de Desenvolvimento Sustentável; Extensão universitária; Sustentabilidade; Ifes.

## Abstract

Campus integrate critical Environmental Education (EE) and the Sustainable Development Goals (SDGs), aiming to identify synergies, gaps, and contributions to sustainability. The methodology comprised three stages: (1) mapping 28 programs and 37 projects (2023-2025); (2) qualitative and quantitative analysis of their alignment with the SDGs; and (3) proposing guidelines to strengthen EE in extension. Results revealed that 14 of the 17 SDGs are addressed, with SDG 4 (Quality Education) standing out, present in 80% of initiatives, acting as a transversal axis. Thematic clusters emerged, such as Environmental Sustainability (SDGs 12, 13, 15) and Innovation and Economic Development (SDGs 8, 9). SDG 17 (Partnerships) was highlighted as an impact amplifier. The study concludes that university extension, by linking critical EE and SDGs, strengthens civic education and local action but requires institutional policies to balance approaches and integrate neglected targets. This work offers a replicable model for educational institutions, reinforcing their role in implementing the 2030 Agenda.

**Keywords:** Environmental Education; Sustainable Development Goals; University extension; Sustainability; Ifes.

<sup>1</sup>Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo - campus Vitória  
[maria.couto@edu.ifes.br](mailto:maria.couto@edu.ifes.br)

<sup>2</sup>Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo – campus Vitória  
[gnascimento@ifes.edu.br](mailto:gnascimento@ifes.edu.br)

<sup>3</sup>Graduando em Física pela Universidade Federal do Espírito Santo  
[arturlimacs@gmail.com](mailto:arturlimacs@gmail.com)





## Introdução

A Educação Ambiental (EA) configura-se como um eixo estratégico na construção de sociedades sustentáveis, transcendendo a mera transmissão de conhecimentos ecológicos para assumir um papel crítico na formação de sujeitos engajados com a justiça socioambiental. Ao provocar a reflexão sobre os modos de vida, de produção e de consumo, a EA crítica promove valores voltados à equidade, à solidariedade e à conservação ambiental. Nesse contexto, as instituições de ensino superior emergem como agentes transformadores, capazes de integrar ensino, pesquisa e extensão em práticas educativas alinhadas aos desafios globais contemporâneos.

O Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes) - Campus Vitória, por meio do Núcleo de Educação Ambiental (NEA), destaca-se ao fomentar projetos que articulam educação ambiental crítica, participação comunitária e sustentabilidade, em consonância com a Agenda 2030 e seus 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Desde 2013, o Ifes é signatário do Movimento Nacional ODS, assumindo compromisso público com a implementação local dessas metas. O NEA atua como catalisador de ações pedagógicas e sociais, promovendo a EA como eixo transversal das políticas de extensão.

A Agenda 2030 demanda ações integradas para enfrentar desafios como o aquecimento global, a perda de biodiversidade e a exclusão social. A extensão universitária ganha, assim, relevância ao conectar produção acadêmica e realidades comunitárias, contribuindo para a materialização dos ODS em práticas locais. Ainda que o Ifes desenvolva projetos emblemáticos — como os programas Gestão Ambiental e Sustentabilidade (GESA) e Ifes Ambiental —, persistem lacunas na sistematização dessas ações e em seu alinhamento com os indicadores internacionais.

Diante disso, o problema central desta pesquisa reside em compreender como os projetos de extensão do Ifes Campus Vitória abordam a Educação Ambiental e se articulam com os ODS, identificando convergências, desafios e oportunidades de aprimoramento. Para isso, foram analisados 28 programas e 37 projetos realizados entre 2023 e 2025, utilizando metodologia mista (qualitativa e quantitativa) com foco na aderência aos ODS e na proposição de diretrizes para fortalecimento da EA.

Os objetivos incluem: (1) analisar a presença da EA crítica nos projetos de extensão; (2) mapear as conexões com os ODS e suas metas específicas; e (3) subsidiar políticas institucionais que integrem extensão, ensino e pesquisa. A motivação da pesquisa reside na necessidade de alinhar práticas educativas locais aos compromissos globais de sustentabilidade, contribuindo para a consolidação de territórios educativos resilientes e inovadores.

Este estudo visa ampliar o debate sobre o papel das instituições federais de ensino na implementação da Agenda 2030, evidenciando a importância da extensão como catalisadora de transformações estruturais, especialmente em contextos urbanos marcados por desigualdades históricas

## Metodologia

O desenvolvimento deste estudo foi estruturado em três etapas metodológicas principais:

**Etapa 1 – Levantamento de dados:** Consistiu na identificação, junto à Diretoria de Extensão do Ifes – Campus Vitória, dos programas, projetos e ações de extensão realizados no período de janeiro de 2023 a abril de 2025. Foram considerados registros institucionais oficiais e sistemas de gestão de projetos utilizados pelo campus.

**Etapa 2 – Análise de conteúdo:** A segunda etapa envolveu a análise qualitativa e quantitativa dos 28 programas, 37 projetos e 21 ações de extensão mapeados. Essa análise teve como foco identificar a presença de ações relacionadas à Educação Ambiental e verificar sua aderência aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), considerando também as metas específicas de cada ODS.

**Etapa 3 – Sistematização e proposição de diretrizes:** Com base nos dados analisados, esta etapa teve como objetivo propor diretrizes e recomendações para o fortalecimento das práticas de Educação Ambiental na extensão, alinhadas à Agenda 2030. As proposições visam subsidiar futuras ações institucionais, aprimorar a atuação do Nea e fomentar a integração entre extensão, ensino e pesquisa com foco na sustentabilidade.

## Descrição do local do estudo

O estudo foi desenvolvido pelo Núcleo de Educação Ambiental (Nea) do Campus Vitória do Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes Vitória). O Nea é um órgão responsável por desenvolver a política de educação ambiental, cujo papel é propor, apoiar e executar a realização de programas, projetos, cursos, eventos e ações educacionais.

O Nea Vitória é composto por um Gestor e Gestor Adjunto; um Comitê de Apoio, e comunidade acadêmica e comunidade externa. Foi instituído pela PORTARIA Nº 1, DE 2 DE JANEIRO DE 2023, que Homologa seu o Regimento Interno, e também está registrado como Programa de Extensão sob o nº 23148.000511/2021-30, vinculado o Programa REA–Rede de Educadores Ambientais do Ifes, registro nº 23149.001082/2016-04.

## Referencial Teórico

A Educação Ambiental (EA) constitui-se hoje como uma frente epistemológica e política indispensável à construção de sociedades sustentáveis, sendo concebida não apenas como uma prática educativa, mas como um campo crítico de produção de sentidos sobre a relação sociedade-natureza (SAUVÉ, 2005; LOUREIRO, 2022). Sua complexidade advém do caráter interdisciplinar e transdisciplinar, e de seu compromisso com a transformação social, em diálogo constante com os desafios globais, como a crise climática, a perda de biodiversidade e as desigualdades ambientais (CAPRA; LUISI, 2014). Nesse sentido, a EA vai além da transmissão de conteúdos ecológicos, constituindo-se como um processo de formação ética, política e cultural que busca a justiça socioambiental, a equidade intergeracional e a valorização dos saberes locais (UNESCO, 2022; SWAERINGEN WHITE, 2021).

No Brasil, a consolidação da Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), instituída pela Lei nº 9.795/1999, foi um marco jurídico essencial para a institucionalização da EA, assegurando sua presença nos sistemas educacionais, na gestão pública e em processos formativos não formais. A PNEA parte de uma concepção emancipadora da EA, fundamentada na participação social, na gestão democrática, na intersetorialidade e na transversalidade curricular (BRASIL, 1999; LOUREIRO, 2022). Documentos complementares, como o Programa Nacional de Educação Ambiental (ProNEA), reforçam essa abordagem crítica, ampliando a interface entre educação, políticas públicas e desenvolvimento sustentável. A EA, portanto, deixa de ser uma atividade periférica e passa a ser estruturante na construção de políticas socioambientais integradas e no fortalecimento da cidadania ecológica.

No Espírito Santo, a Política Estadual de Educação Ambiental (PEEA), instituída pela Lei Complementar nº 323/2005, avança na territorialização das diretrizes nacionais, promovendo articulações entre instituições públicas, comunidades, setor produtivo e organizações sociais (ESPÍRITO SANTO, 2005). Essa política busca responder às especificidades ecológicas e socioculturais

do estado, favorecendo práticas educativas contextualizadas. Nesse escopo, destaca-se o papel do Núcleo de Educação Ambiental (NEA) do Ifes – Campus Vitória, que tem se consolidado como elo entre a academia e a sociedade, promovendo projetos interdisciplinares que integram ensino, pesquisa e extensão. A atuação do NEA incorpora os princípios da justiça ambiental e da sustentabilidade crítica, articulando inovação educacional com o cumprimento dos marcos legais e com as demandas territoriais.

A participação do NEA em conferências científicas como esta, preparatória à COP 30, exemplifica a relevância das instituições educacionais no fortalecimento de políticas ambientais sustentáveis e participativas. Em um momento decisivo para o enfrentamento das emergências climáticas e da crise ecológica global, experiências como as do NEA mostram como a educação pode fomentar mudanças estruturais, conectando os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 às realidades locais. Como destaca a UNESCO (2022), promover competências socioemocionais, pensamento sistêmico e engajamento cidadão por meio da educação ambiental é fundamental para a transição justa e resiliente que o século XXI exige. Assim, práticas territorializadas de EA ganham centralidade na construção de políticas públicas efetivas e transformadoras.

## A Educação Ambiental nas instituições de ensino

As instituições de ensino desempenham papel crucial na construção de sociedades sustentáveis, atuando como mediadoras entre ciência, cultura e ação social. No contexto da Educação Ambiental (EA), essas instituições deixam de ser meros reprodutores de conteúdos e passam a ser espaços de ressignificação de saberes e práticas voltadas à justiça socioambiental. A EA crítica propõe uma ruptura com abordagens meramente conservacionistas e conteudistas, promovendo um processo formativo ético, político e estético, capaz de sensibilizar sujeitos para a complexidade das relações entre sociedade e natureza (LOUREIRO, 2022; SAUVÉ, 2021). Para isso, é fundamental que os projetos pedagógicos integrem a EA de forma transversal, interdisciplinar e transformadora, ancorando-se em vivências concretas e na dialogicidade com os territórios.

Apesar da presença de marcos normativos como a Política Nacional de Educação Ambiental (BRASIL, 1999) e das Diretrizes Curriculares específicas (BRASIL, 2012), a EA nas instituições de ensino ainda enfrenta desafios significativos, como a fragmentação de ações, a baixa institucionalização e a ausência de formação continuada para educadores (TOZONI-REIS, 2021; SOUZA; CARVALHO, 2020). Muitas vezes, a EA é reduzida a atividades pontuais, desvinculadas dos currículos e do cotidiano escolar ou acadêmico, o que compromete sua potência formativa. Para superar essas limitações, é necessário que a EA seja concebida como um eixo estruturante da proposta pedagógica institucional, perpassando o currículo, os projetos de extensão, a pesquisa e a gestão institucional de forma integrada (UNESCO, 2022).

Nesse sentido, a extensão universitária emerge como um campo privilegiado de articulação entre saberes científicos e populares, promovendo processos educativos que valorizam o diálogo de saberes e a co-construção de soluções contextualizadas para desafios socioambientais. Inspirando-se em Paulo Freire, a extensão deve ser compreendida como um ato dialógico entre universidade e comunidade, no qual ambos os polos se educam mutuamente (FREIRE, 1987). Jacobi (2003) e Sato e Silva (2017) demonstram que experiências exitosas em extensão ambiental, como o Programa REA do Ifes, fortalecem a integração entre teoria e prática, ampliando a relevância social da produção acadêmica e consolidando a EA como estratégia de ação territorial crítica.

Tais experiências demonstram que a Educação Ambiental, quando inserida de maneira interdisciplinar e situada, contribui para a formação de sujeitos ecológicos, engajados e críticos. A construção de projetos coletivos entre docentes, estudantes e comunidades, pautados em meto-



dologias participativas e no reconhecimento das diversidades territoriais, fortalece a capacidade das instituições de ensino de se tornarem agentes de transformação. Como aponta Carvalho (2022), esse movimento requer não apenas mudanças curriculares, mas também políticas institucionais consistentes, comprometidas com a justiça ambiental, os direitos da natureza e a equidade socioeducacional.

Portanto, a inserção da EA nas instituições de ensino precisa ultrapassar o plano declaratório e consolidar-se como prática cotidiana, crítica e situada. Isso exige um compromisso ético-político das instituições com a sustentabilidade, a democracia participativa e a valorização dos múltiplos saberes que atravessam o ambiente educacional. À medida que universidade, escola e comunidade constroem espaços de aprendizagem mútua, emerge a possibilidade de uma educação que não apenas transmite conhecimentos, mas que transforma a realidade, contribuindo efetivamente para o enfrentamento das crises ecológicas e sociais do século XXI (SWEARINGEN WHITE, 2021; JACOBI; MONTEIRO, 2019).

### Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) em Instituições de Ensino: Ensino, Pesquisa e Extensão

A Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU) representa um marco na busca por sociedades mais justas, resilientes e sustentáveis. Seus 17 ODS articulam dimensões sociais, econômicas, ambientais e institucionais, convocando os diferentes setores da sociedade, inclusive as instituições educacionais, a assumirem responsabilidades concretas em sua implementação. Nesse cenário, as instituições de ensino superior não apenas formam capital humano, mas são também centros de inovação, pensamento crítico e ação transformadora, com potencial para alinhar ensino, pesquisa e extensão às metas globais da sustentabilidade (LEAL FILHO et al., 2019; UNESCO, 2021).

O Brasil, em reconhecimento à centralidade do combate às desigualdades estruturais para a construção de uma sociedade verdadeiramente sustentável, instituiu o ODS 18 – Igualdade Étnico-Racial. Este objetivo nacional reflete o entendimento de que a superação do racismo e a promoção da equidade para populações negras, indígenas e demais grupos étnico-raciais são pré-requisitos indispensáveis para o cumprimento de toda a agenda.

No campo do ensino, a inserção dos ODS exige uma profunda reestruturação curricular e pedagógica, com a adoção de abordagens interdisciplinares, metodologias participativas e conteúdos conectados aos desafios contemporâneos. Mais do que integrar disciplinas sobre meio ambiente ou cidadania, trata-se de reorganizar o conhecimento em função da complexidade dos problemas globais — como a desigualdade de gênero (ODS 5), a energia limpa e acessível (ODS 7), o consumo e a produção responsáveis (ODS 12) e a ação climática (ODS 13). A formação acadêmica, assim, deve promover competências socioemocionais, pensamento sistêmico, responsabilidade ética e sensibilidade territorial (TILBURY, 2011; WALSH et al., 2017; CAPRA; LUISI, 2014).

A incorporação do ODS 18 ao planejamento de instituições educacionais e de extensão universitária, como o Ifes, representa uma contextualização aprofundada e necessária. Temas como educação de qualidade (ODS 4), redução das desigualdades (ODS 10), trabalho decente (ODS 8) e paz e justiça (ODS 16) são diretamente potencializados quando abordados através da lente da igualdade étnico-racial.

A pesquisa científica também desempenha papel estratégico na operacionalização dos ODS. A produção de conhecimento aplicada à realidade, com foco na justiça climática, saúde pública, tecnologias limpas, agroecologia e segurança alimentar, alinha os propósitos da academia à resolução

de problemas locais e globais (SACHS, 2015). Iniciativas institucionais como editais temáticos, redes colaborativas e parcerias interinstitucionais com o setor produtivo ampliam o impacto das pesquisas, aproximando-as das metas estabelecidas pela Agenda 2030.

A produção científica nas instituições de ensino tem sido progressivamente orientada pelos ODS impulsionando investigações com forte relevância social e ambiental. Nesse processo, indicadores de sustentabilidade e critérios de impacto social vêm sendo incorporados às políticas institucionais de avaliação da pesquisa, como forma de alinhar a ciência produzida às metas da Agenda 2030 (LEAL FILHO et al., 2019; LOZANO et al., 2015; UNESCO, 2022; SDSN, 2017).

No âmbito da extensão, os ODS encontram sua materialização mais direta por meio de ações que promovem o engajamento comunitário e a valorização dos saberes locais. Projetos voltados à agricultura familiar (ODS 2), educação ambiental (ODS 4 e 13), inclusão digital (ODS 9 e 10) e empreendedorismo social (ODS 8) demonstram como a extensão universitária pode ser um instrumento poderoso de transformação social (SOUZA; CARVALHO, 2020; BRANDLI et al., 2017). A partir de uma perspectiva freiriana, a extensão rompe com a lógica de transmissão vertical do conhecimento e passa a ser um espaço de aprendizagem mútua entre universidade e sociedade (FREIRE, 1987), promovendo não apenas ações pontuais, mas processos emancipatórios e duradouros.

Para que a implementação dos ODS seja efetiva nas instituições de ensino, é necessário avançar na construção de políticas institucionais integradas, com mecanismos de governança participativa, monitoramento contínuo e financiamento estruturado. Relatórios de sustentabilidade, como os publicados por universidades federais e institutos federais, contribuem para a mensuração de impactos e para o aprimoramento das práticas (SDSN, 2017). O estabelecimento de núcleos de sustentabilidade, comissões intersetoriais e metas claras nos planos de desenvolvimento institucional (PDI), tem se mostrado fundamental para internalizar os princípios da Agenda 2030 nas estruturas acadêmicas.

Por fim, é fundamental reconhecer que a transversalização dos ODS nas instituições de ensino não pode ser encarada como uma adequação técnica, mas como um compromisso político, ético e epistemológico. Isso exige rever a própria função social da educação superior: em vez de formar apenas profissionais competitivos, formar cidadãos capazes de colaborar na construção de futuros desejáveis, solidários e ambientalmente viáveis (LOZANO et al., 2015; SAUVÉ, 2021). Neste sentido, as instituições educacionais tornam-se agentes ativos da transição para uma nova racionalidade socioambiental, na qual o conhecimento científico se coloca a serviço da vida, da justiça e da regeneração planetária.

### Resultados

Os programas e projetos de extensão do Ifes Vitória demonstram uma articulação robusta com os ODS, abrangendo 14 dos 18 objetivos da Agenda 2030 brasileira. A análise dos programas e projetos executado no Ifes – campus Vitória estão alinhadas aos princípios da Educação Ambiental crítica e dialogam diretamente com diversos ODS da Agenda 2030. As atividades mapeadas revelam uma atuação na promoção de práticas educativas voltadas à sustentabilidade, com ênfase na formação cidadã, no fortalecimento de vínculos com a comunidade e na valorização da dimensão socioambiental no contexto escolar e institucional. Os detalhamento dos projetos e suas relações com os ODS são apresentados no Apêndice.

Observa-se a correlação dos programas e projetos com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), evidenciando contribuições diretas para metas relacionadas à educação de qualidade

(ODS 4), igualdade de gênero (ODS 5), consumo e produção responsáveis (ODS 12), combate às mudanças climáticas (ODS 13) e vida terrestre (ODS 15). Os registros analisados indicam ainda que as ações realizadas contribuem para o fortalecimento de uma perspectiva crítica da Educação Ambiental (EA), comprometida com a justiça social, a equidade e a preservação dos ecossistemas, promovendo a formação de sujeitos ecológicos e a constituição de territórios educativos sustentáveis. Nota-se que os ODS 4 e 17 apresentam maior capilaridade entre os projetos, sinalizando que a educação e a cooperação institucional funcionam como eixos transversais e articuladores das demais temáticas.

A diversidade de áreas temáticas contempladas, como cultura, meio ambiente, tecnologia e direitos humanos, revela o potencial da extensão universitária como promotora de ações interdisciplinares. Isso demonstra o compromisso do Ifes – campus Vitória com uma atuação integrada, orientada por valores de inclusão, sustentabilidade e engajamento social, reafirmando o papel estratégico das instituições de ensino na concretização da Agenda 2030.

A Figura 1 apresenta o gráfico de Pareto que nos permite entender quais ODS concentram a maior parte das ações institucionais.

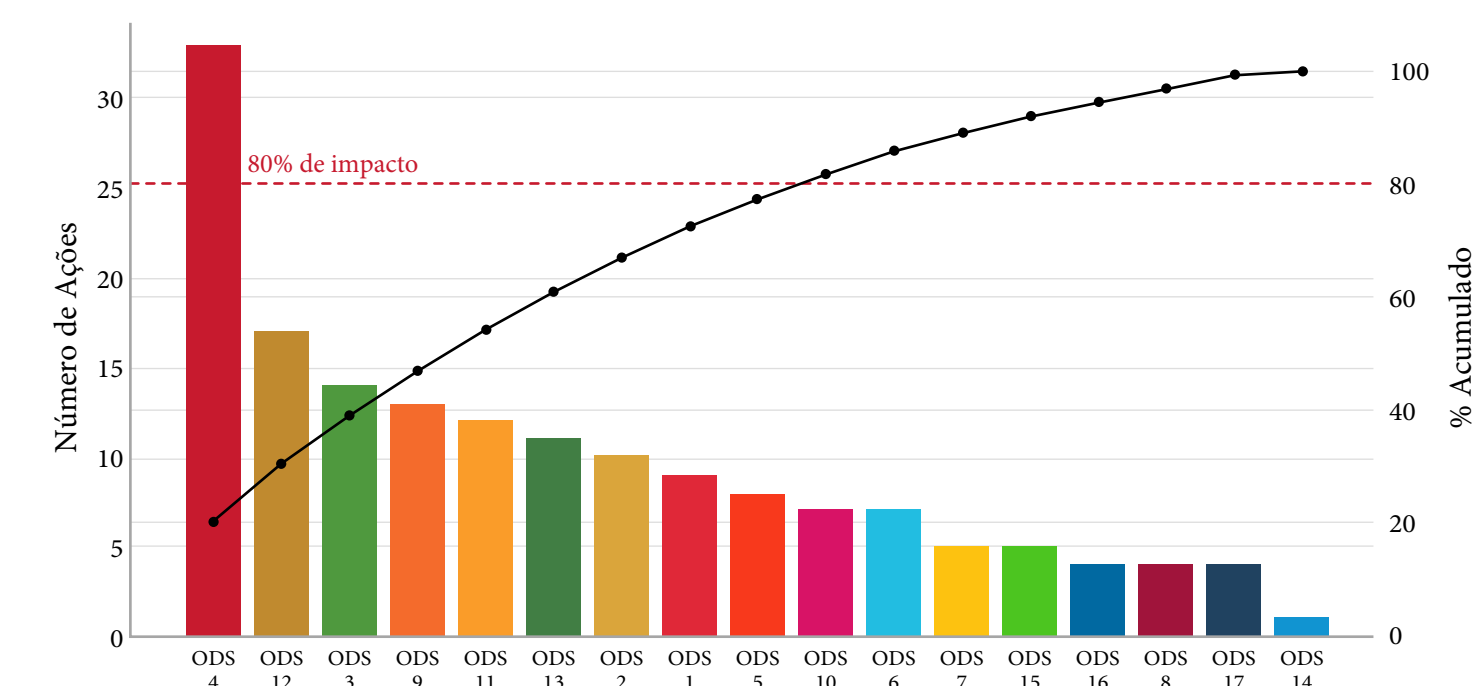


Figura 1: Diagrama de Pareto dos Projetos e Programas de Extensão do Ifes

A análise do gráfico mostra que apenas os 6 primeiros ODS (4, 12, 3, 9, 11, 13) concentram cerca de 80% de todas as ações da instituição, indicando um foco institucional muito forte em temas como educação, consumo responsável, saúde, infraestrutura e clima. Os demais 11 ODS juntos representam apenas 20% das ações. Este tipo de distribuição sugere um desequilíbrio e serve como base para revisar prioridades ou integrar ações existentes a outros ODS ainda pouco abordados.

Na Figura 2 podemos observar o Diagrama de Sankey, que representa as conexões entre os projetos/programas de extensão do Ifes campus Vitória, que permite inferir quanto a suas convergências e relações-chave. O diagrama demonstra as conexões multidimensionais e revela que as ações não atuam isoladamente, mas criam redes de impacto interligando múltiplos ODS, principalmente no que se refere a transversalidade da educação como base para a sustentabilidade e inclusão; a importância de parcerias para escalar ações locais e a interdependência entre desafios globais, como combate às desigualdades, inovação e conservação ambiental.

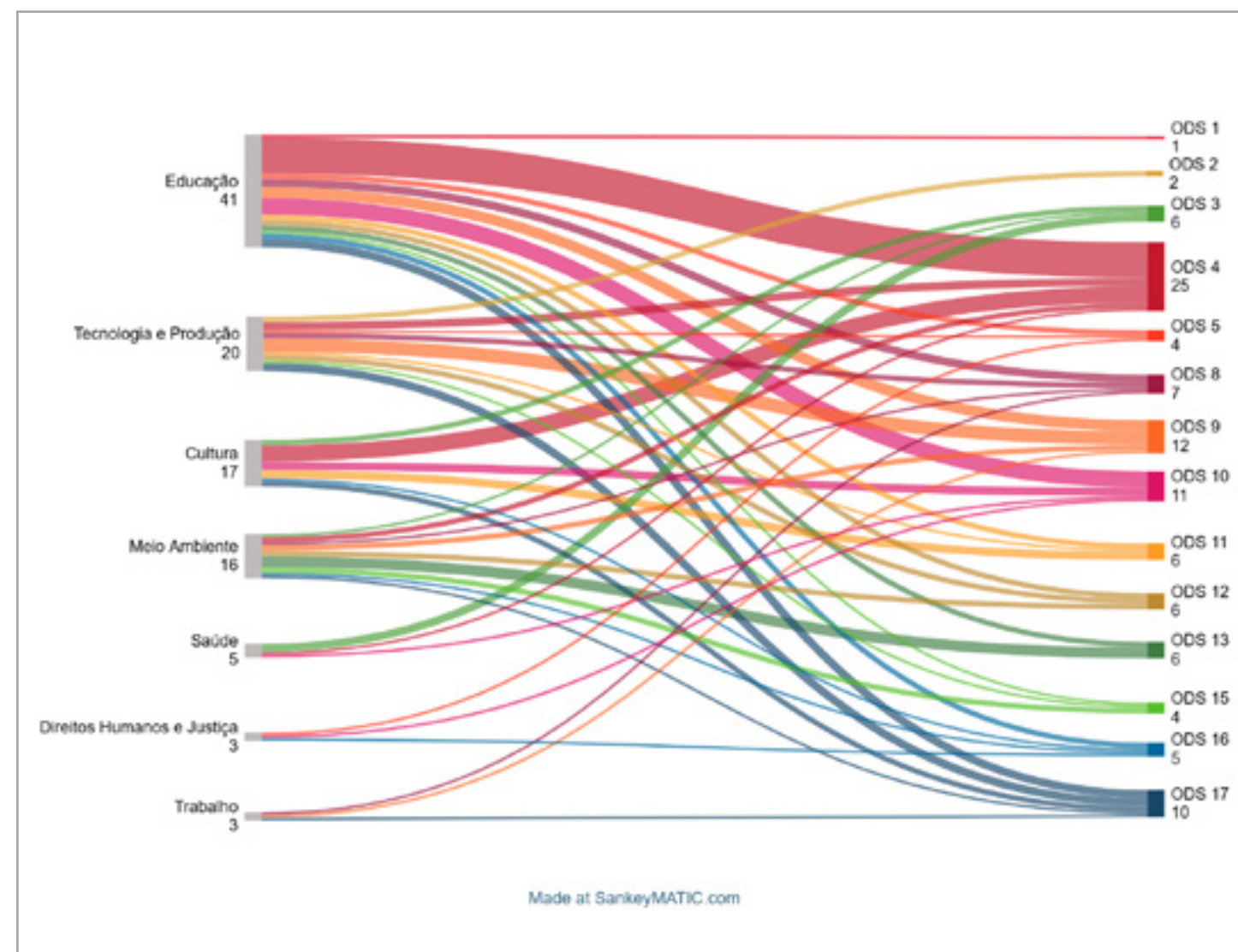


Figura 2: Diagrama de Sankey os Projetos e Programas de Extensão do Ifes

O programa Gestão Ambiental e Sustentabilidade (GESA), por exemplo, conecta-se ao ODS 12 (Consumo Responsável), ODS 13 (Ação Climática) e ODS 15 (Vida Terrestre), evidenciando a integração entre práticas sustentáveis, educação ambiental e conservação da biodiversidade. Observa-se também fluxos intensos para ODS 4 e 17, os quais são os mais conectados, com projetos como Formação Humana em Debate e Cineclube Tio Anísio atuando como pontes entre educação, cultura e cooperação institucional.

A análise dos projetos de extensão do Ifes Campus Vitória revela que a igualdade étnico-racial, referente ao ODS 18 brasileiro, ainda não constitui um eixo central explícito nas ações, não havendo iniciativas diretas sobre ações afirmativas, formação antirracista ou combate ao racismo institucional. Contudo, o campus dispõe do Núcleo de Estudos Afro-Brasileiros e Indígenas (NEABI), órgão vinculado ao ensino, responsável por fomentar a educação para as relações étnico-raciais conforme as Leis 10.639/2003 e 11.645/2008. Essa estrutura representa uma oportunidade estratégica para que, por meio de maior articulação com a extensão, gere projetos específicos que efetivem o compromisso institucional com essa agenda.

A partir do diagnóstico que identificou lacunas críticas na atuação da extensão, especialmente nos ODS ambientais fundamentais (6, 7 e 14), base da biosfera segundo o modelo do "bolo de noiva", e no ODS 18 (Igualdade Étnico-Racial), prioridade nacional. As recomendações estruturam-se em ações específicas para cada eixo negligenciado e em medidas transversais de governança, visando institucionalizar um equilíbrio estratégico entre os ODS (Quadro 1).

**Quadro 1: Diretrizes Estratégicas para Equilíbrio e Integração dos ODS no Ifes Campus Vitória**

ODS que necessitam de maior atenção	Diretrizes explícitas para integração na extensão
<p><b>ODS 6 – Água Potável e Saneamento</b>  <b>ODS 7 – Energia Limpa e Acessível</b>  <b>ODS 14 – Vida na Água</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Criar uma linha temática "Biosfera e Sustentabilidade" nos editais de extensão, com financiamento específico.</li> <li>2. Integrar metas de água, energia e oceanos ao programa GESA, transformando o campus em um laboratório vivo (ex.: sistema de captação de água da chuva, painéis solares educativos).</li> <li>3. Fomentar projetos comunitários em parceria com a Defesa Civil e ONGs locais sobre segurança hídrica e energética.</li> </ol>
<p><b>ODS 18 – Igualdade Étnico-Racial (Brasil)</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fortalecer a articulação entre a extensão e o NEABI para co-criar projetos (ex.: edital conjunto para educação antirracista em escolas).</li> <li>2. Incluir critério de "promoção da igualdade étnico-racial" como item de pontuação obrigatória nos editais de extensão.</li> <li>3. Criar um selo "Extensão Antirracista" para reconhecer e dar visibilidade a projetos existentes que incorporem essa dimensão.</li> </ol>
<p><b>ODS em geral com baixa capilaridade (ex.: 1, 5, 10, 16)</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Implementar uma "Matriz de Transversalidade ODS" obrigatória no planejamento de cada projeto, incentivando a vinculação a, no mínimo, 1 ODS ambiental e 1 ODS social.</li> <li>2. Realizar oficinas anuais com extensionistas para mapear oportunidades de integrar ODS negligenciados em projetos consagrados.</li> <li>3. Institucionalizar um Relatório Anual de Alinhamento ODS da Extensão, com métricas de distribuição e impacto, para guiar políticas corretivas.</li> </ol>

Para assegurar a implementação e sustentabilidade das diretrizes, propõem-se três mecanismos transversais de governança: a criação de um Comitê Permanente de Extensão e ODS com representação ampla para monitoramento e proposição de ações; a revisão do Regimento Interno da Extensão para institucionalizar o alinhamento estratégico com todos os ODS (17 da ONU e 18 nacional); e o estabelecimento de parcerias estruturantes com órgãos públicos para desenvolver projetos conjuntos, garantindo relevância local e acesso a recursos complementares.

**Discussão**

Os resultados deste estudo evidenciam que os projetos de extensão do Ifes Campus Vitória, ao integrarem Educação Ambiental (EA) crítica e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), materializam uma abordagem transformadora alinhada aos princípios teóricos discutidos por Sauvé (2005) e Loureiro (2022). A EA

Essa perspectiva se reflete nos clusters identificados, como o de Sustentabilidade Ambiental, que articula ODS 12, ODS 13 e ODS 15, demonstrando como práticas interdisciplinares — como o projeto Agroecologia em Debate — integram conservação, produção sustentável e educação comunitária. Tais iniciativas ecoam a visão de Freire (1987) sobre a extensão como espaço dialógico, onde conhecimento acadêmico e saberes locais coabitam para resolver desafios territoriais.

O Cluster de Inovação e Desenvolvimento Econômico, centrado nos ODS 8 e 9, revela a sinergia entre tecnologia, empreendedorismo e inclusão, conforme observado em projetos como o NIVIX e Laboratório de Fabricação Digital. Essas ações corroboram a tese de Capra e Luisi (2014) sobre a necessidade de pensamento sistêmico para enfrentar problemas complexos, ao mesmo tempo que reforçam o papel das instituições de ensino como agentes de inovação social (LEAL FILHO et al., 2019).

A predominância do ODS 4 (Educação de Qualidade) como "hub" central, conectando-se a 80% das iniciativas, ressalta a educação como eixo transversal para a sustentabilidade, conforme defendido pela UNESCO (2022). Programas como Ifes Ambiental e SIGI exemplificam como a EA pode articular direitos humanos, inovação e ação climática, fortalecendo a formação de "sujeitos ecológicos" (NOGUEIRA, 2023).

As lacunas identificadas nos ODS 6 (Água Potável), 7 (Energia Limpa) e 14 (Vida na Água) indicam um desequilíbrio na abordagem holística da Agenda 2030, conforme alertado por SDSN (2017). Essa lacuna reflete desafios comuns em instituições educacionais, onde ações prioritárias tendem a concentrar-se em temas já consolidados, em detrimento de questões menos visíveis, como gestão hídrica ou energia renovável. A ausência de projetos nesses eixos sugere a necessidade de políticas institucionais que incentivem a transversalidade, tal como proposto por Lozano et al. (2015), integrando metas ambientais negligenciadas a programas existentes — por exemplo, vincular o reúso de água (ODS 6) a projetos de infraestrutura do campus.

A centralidade do ODS 17 reforça a importância da cooperação multissetorial, princípio defendido pela PNEA (BRASIL, 1999) e pela PEEA (ESPÍRITO SANTO, 2005). Projetos como Cineclube Tio Anísio e NPC - Núcleo de Promoção à Cidadania lustram como parcerias com escolas públicas, movimentos sociais e órgãos governamentais ampliam o alcance e a efetividade das ações, alinhando-se à concepção freiriana de educação como prática libertadora (FREIRE, 1987).

Neste contexto, para superar as lacunas identificadas, propõem-se ações direcionadas aos ODS ambientais (6, 7, 14) e ao ODS 18 (Igualdade Étnico-Racial), como a criação de linhas temáticas específicas em editais, a integração de metas aos programas existentes (ex.: GESA) e a articulação estruturada com o NEABI. A efetividade dessas medidas depende da implantação de mecanismos de governança transversal, incluindo um Comitê Permanente de Extensão e ODS, a revisão do regimento interno e parcerias institucionais. Este conjunto de diretrizes visa reequilibrar a atuação da extensão, alinhando-a de forma concreta aos princípios da justiça socioambiental e aos compromissos da Agenda 2030.

Este estudo demonstra como a extensão universitária pode operacionalizar a EA crítica e os ODS de forma integrada, oferecendo um modelo replicável para outras instituições. Desta forma, o estudo reforça o papel das instituições de ensino como pilares da transição para sociedades sustentáveis, onde a educação transmite conhecimento e transforma realidades.

## Referências

BRANDLI, Luciana Londero et al. **Implementing sustainability in higher education institutions: best practices, trends and challenges**. International Journal of Sustainability in Higher Education, v. 18, n. 6, p. 780–801, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1108/IJSHE-03-2017-0042>.

BRASIL. **Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999**. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 28 abr. 1999. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19795.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm). Acesso em: 05 maio 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental. **Resolução CNE/CP nº 2, de 15 de junho de 2012**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 jun. 2012.

CAPRA, Fritjof; LUISI, Pier Luigi. **A visão sistêmica da vida: uma nova concepção científica para entender nossos tempos**. São Paulo: Cultrix, 2014.

CARVALHO, Isabel Cristina de Moura. **Educação, currículo e justiça ambiental**. São Paulo: Cortez, 2022.

ESPÍRITO SANTO (Estado). **Lei Complementar nº 323, de 11 de janeiro de 2005**. Institui a Política Estadual de Educação Ambiental. Diário Oficial do Estado do Espírito Santo, Vitória, 12 jan. 2005.

FREIRE, Paulo. **Extensão ou comunicação?**. 6. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

GUIMARÃES, Mauro; LAYRARGUES, Philippe Pomier. **A institucionalização da educação ambiental no Brasil: do ambientalismo à transversalidade curricular**. Educação e Pesquisa, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 219-238, 2004.

IFES – Instituto Federal do Espírito Santo. **Relatório de Autoavaliação Institucional 2023**. Vitória, 2023.

JACOBI, Pedro Roberto. **Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade**. Cadernos de Pesquisa, São Paulo, n. 118, p. 189-205, jul. 2003.

JACOBI, Pedro; MONTEIRO, Ana. **Educação ambiental e metodologias participativas: experiências e reflexões**. São Paulo: Fundação Santillana, 2019.

LEAL FILHO, Walter et al. **The role of higher education institutions in sustainability initiatives at the local level**. Journal of Cleaner Production, v. 233, p. 1004–1015, 2019.

LOUREIRO, Carlos Frederico Bernardo. **Educação ambiental crítica: dialogando com educadoras e educadores**. 2. ed. rev. e atual. São Paulo: Cortez, 2022.

LOZANO, Rodrigo et al. **A review of commitment and implementation of sustainable development in higher education: results from a worldwide survey**. Journal of Cleaner Production, v. 108, p. 1–18, 2015.

NOGUEIRA, Bruna Aparecida. **Formação de sujeitos ecológicos e a práxis da sustentabilidade na escola pública**. Revista Brasileira de Educação Ambiental, v. 18, n. 1, p. 45-64, 2023.

SACHS, Jeffrey. **The age of sustainable development**. New York: Columbia University Press, 2015.

SAUVÉ, Lucie. **Currents in environmental education: mapping a complex and evolving pedagogical field**. Canadian Journal of Environmental Education, v. 10, p. 11-37, 2005.

SAUVÉ, Lucie. **Education as if the Earth mattered: Critical perspectives on education for sustainable development**. Canadian Journal of Environmental Education, v. 26, n. 1, p. 9–28, 2021.

SATO, Michèle; SILVA, Marcela Morais da. **A formação de redes socioambientais como estratégia de Educação Ambiental crítica**. In: Educação Ambiental em redes. Cuiabá: EdUFMT, 2017. p. 89–106.

SDSN – Sustainable Development Solutions Network. Getting Started with the SDGs in Universities: **A Guide for Universities, Higher Education Institutions, and the Academic Sector**. Melbourne: SDSN Australia/Pacific, 2017.

SOUZA, Letícia G. de; CARVALHO, Isabel C. de M. **Desafios e possibilidades da Educação Ambiental na extensão universitária**. Revista Brasileira de Extensão Universitária, v. 11, n. 2, p. 109–125, 2020.

SWEARINGEN WHITE, Debbie. **Place, Community and Environmental Education**. Cham: Springer, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-81156-4>.

TILBURY, Daniella. **Higher education for sustainability: a global overview of commitment and progress**. In: Higher Education in the World 4: Higher Education's Commitment to Sustainability. Barcelona: GUNI, 2011. p. 18–28.

TOZONI-REIS, Marília Freitas de Campos. **Educação ambiental escolar: entre diretrizes oficiais e experiências locais**. São Paulo: Cortez, 2021.

UNESCO. **Education for Sustainable Development: A roadmap**. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 2022. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374802>. Acesso em: 5 maio 2025.

WALS, Arjen E. J.; BRODY, Michael; DILLON, Justin; STEVENSON, Robert B. **Convergence between science and environmental education**. Science, v. 344, n. 6184, p. 583–584, 2014.



## Apêndice

Quadro 1: Programas de extensão do Ifes e a relação com os ODS

Área temática	Nome do Programa	Descrição Resumida	ODS	Meta
Cultura	Pop & Jazz Orquestra	Promove produção musical com foco em autodisciplina e coletividade. Oferece vagas a alunos e ex-alunos do Ifes, e a comunidade externa.	ODS 4 ODS 3 ODS 10	Meta 4.7 Meta 3.4 Meta 10.2
	Núcleo de Arte e Cultura do Ifes	Coordena grupos artísticos (corais, orquestras) e ações culturais no Campus Vitória. Promove integração entre alunos, servidores e comunidades locais.	ODS 4 ODS 11 ODS 17	Meta 4.7 Meta 11.4 Meta 17.17
	Canto Coral - Quem canta seus males espanta!	Promove práticas de canto coral para integração social e saúde vocal. Voltado a públicos interno e externo do Ifes.	ODS 3 ODS 4 ODS 10	Meta 3.4 Meta 4.7 Meta 10.2
	Orquestra Acadêmica do Ifes	O Programa integra educação, cultura e pesquisa musical. Envolve alunos, servidores e comunidade externa.	ODS 4 ODS 11 ODS 17	Meta 4.7 Meta 11.4 Meta 17.17
	Cineclube Tio Anísio	Espaço para exibição e debate de obras audiovisuais. Atende escolas públicas e movimentos sociais.	ODS 4 ODS 10 ODS 16	Meta 4.7 Meta 10.2 Meta 16.7
	Direitos Humanos	NPC - Núcleo de Promoção à Cidadania	Promove ações de cidadania, diversidade e inclusão para comunidades vulneráveis. Foca em grupos étnicos, de gênero e movimentos sociais.	ODS 10 ODS 5 ODS 16
Educação	Formação humana em debate na formação de professores e de estudantes da EB	Desenvolve práticas pedagógicas para professores e estudantes da EB, baseadas na Teoria Histórico-Cultural.	ODS 4 ODS 5 ODS 10	Meta 4.c Meta 5.1 Meta 10.2
	SIGI – Simulação Geopolítica do Ifes	Simula debates de órgãos internacionais (ONU) para discutir problemas globais. Voltado a estudantes do ensino médio.	ODS 4 ODS 16 ODS 17	Meta 4.7 Meta 16.7 Meta 17.6
	Enactus IFES Vitória	Desenvolve negócios socioambientais em Vitória. Fomenta empreendedorismo entre alunos de Engenharia e comunidades locais.	ODS 8 ODS 9 ODS 12	Meta 8.3 Meta 9.b Meta 12.6
	Programa de estágio do Ifes Vitória	Estrutura política de estágios no Campus Vitória, conectando estudantes ao mercado de trabalho. Oferece cursos e eventos.	ODS 8 ODS 4 ODS 17	Meta 8.6 Meta 4.4 Meta 17.17
	Desenvolvimento de base comunitária	Promove desenvolvimento comunitário em periferias, com foco em economia solidária e segurança alimentar. Atua em bairros como Piedade e Jesus de Nazareth.	ODS 11 ODS 1 ODS 8	Meta 11.a Meta 1.4 Meta 8.3
	Práticas e formação de professores de matemática da EB	Capacita professores de Matemática da EB com enfoque em metodologias inovadoras e tecnologias educacionais.	ODS 4 ODS 5 ODS 10	Meta 4.c Meta 5.1 Meta 10.2
	Inserção das abelhas da Tribo Meliponini na comunidade escolar	Demonstra a importância ecológica e econômica das abelhas nativas, integrando educação ambiental em escolas.	ODS 15 ODS 4 ODS 12	Meta 15.5 Meta 4.7 Meta 12.2
	Programa de Apoio à Extensão - Ifes Campus Vitória	Incentiva a criação e manutenção de projetos de extensão no Campus Vitória, envolvendo estudantes, servidores e comunidades locais.	ODS 17 ODS 4 ODS 11	Meta 17.17 Meta 4.7 Meta 11.a
	ODS no cotidiano do Ifes Vitória	Promove ações educativas vinculadas aos ODS no Ifes Campus, alinhadas à Agenda 2030 da ONU.	ODS 4 ODS 17 ODS 11	Meta 4.7 Meta 17.14 Meta 11.6
	EJA Integrada em conexões	Oferece educação profissional integrada ao EF para EJA, com cursos para pessoas em situação prisional, vítimas de violência e população em situação de rua.	ODS 4 ODS 8 ODS 10	Meta 4.5 Meta 8.6 Meta 10.2

Área temática	Nome do Programa	Descrição Resumida	ODS	Meta
Meio Ambiente	Ações de Extensão na Pesquisa em Educação Profissional e Tecnológica	Desenvolve ações educativas no Mestrado em Educação Profissional, com parcerias externas para aplicação de produtos educacionais.	ODS 4 ODS 17 ODS 9	Meta 4.b Meta 17.6 Meta 9.5
	Meio Ambiente On-Line	Discute meio ambiente, saúde e sociedade através de plataformas digitais.	ODS 13 ODS 4 ODS 3	Meta 13.3 Meta 4.7 Meta 3.9
	Gestão ambiental e sustentabilidade (Gesa)	Desenvolve ações interdisciplinares para preservação ambiental. Envolve alunos, servidores e comunidades.	ODS 12 ODS 13 ODS 15	Meta 12.2 Meta 13.3 Meta 15.1
	Núcleo Educação Ambiental (Nea)	Sistematiza atividades de educação ambiental no Ifes, com projetos, cursos e eventos. Atende associações, pescadores e agricultores.	ODS 4 ODS 13 ODS 15	Meta 4.7 Meta 13.3 Meta 15.5
	Núcleo Incubador do Campus (NIVIX)	Incubadora que desenvolve competências empreendedoras e inovadoras, contribuindo para o desenvolvimento socioeconômico local.	ODS 9 ODS 8 ODS 17	Meta 9.3 Meta 8.3 Meta 17.17
	Núcleo de Serviços Tecnológicos do Campus Vitória	Apoia a gestão de laboratórios do Ifes, promovendo planejamento orçamentário e supervisão de estagiários. Parcerias com empresas e grupos de pesquisa.	ODS 9 ODS 17 ODS 4	Meta 9.5 Meta 17.6 Meta 4.4
Tecnologia e Produção	Núcleo de Inovação (Nipi)	Promove inovação e propriedade intelectual no Ifes, com cursos, eventos e projetos que articulam ensino, pesquisa e extensão.	ODS 4 ODS 17 ODS 4	Meta 9.5 Meta 17.6 Meta 4.4
	TecVix Jr	Empresa júnior de Engenharia Metalúrgica. Oferece consultorias em áreas técnicas, e desenvolve competências empreendedoras.	ODS 9 ODS 8 ODS 4	Meta 9.3 Meta 8.6 Meta 4.4
	Taruira Baja	Promove o desenvolvimento de tecnologia e fabricação através de atividades práticas, como construção de veículos.	ODS 3 ODS 4 ODS 17	Meta 9.5 Meta 4.4 Meta 8.3
	O desenvolvimento da agroecologia no Estado do Espírito Santo	Fortalece a produção agroecológica no ES, com ênfase em certificação e comercialização local. Apoia camponeses das regiões norte e centro-serrana.	ODS 2 ODS 12 ODS 15	Meta 2.4 Meta 12.2 Meta 15.3
Trabalho	PRODESPOL	Programa cooperativo para desenvolvimento de polos tecnológicos sustentáveis no ES.	ODS 9 ODS 17 ODS 9	Meta 9.4 Meta 17.16 Meta 8.2

Quadro 2: Projetos de extensão do Ifes e a relação com os ODS

Área temática	Nome do Programa	Descrição Resumida	ODS	Meta
Cultura	Projeto Artífices de Teatro do Campus Vitória	Oficinas teatrais para público interno e externo, culminando em apresentações públicas de peças ou exercícios cênicos.	ODS 4 ODS 11 ODS 10	Meta 4.7 Meta 11.4 Meta 10.2
	Grafite Ifes	Arte urbana coletiva nos muros do Ifes, com aulas, sobre história do grafite e técnicas. Promove pertencimento e revitalização de espaços urbanos.	ODS 11 ODS 4 ODS 17	Meta 11.7 Meta 4.7 Meta 17.17
	Ifes Portas Abertas	Visitas guiadas para estudantes do ensino básico conhecerem cursos e dependências do Ifes Campus Vitória.	ODS 4 ODS 10 ODS 17	Meta 4.3 técnica Meta 10.2 Meta 17.6
Educação	Matemática e suas Tecnologias: caminhos e possibilidades	Capacitação de professores da rede pública em Matemática, usando Modelagem e Resolução de Problemas alinhadas à BNCC.	ODS 4 ODS 5 ODS 9	Meta 4.c Meta 5.5 Meta 9.5
	Experiências e práticas educativas emancipadoras na educação básica	Promove práticas interdisciplinares com enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) em escolas públicas da Grande Vitória.	ODS 4 ODS 10 ODS 16	Meta 4.7 Meta 10.3 Meta 16.7

Meio Ambiente	Hidroginástica, ginástica geral, mobilidade e alongamento	Atividades físicas orientadas para melhoria da qualidade de vida e socialização de participantes.	ODS 3 ODS 10 ODS 5	Meta 3.4 Meta 10.2 Meta 5.5
	Ações para curtir o futuro	Orienta sobre previdência e práticas saudáveis baseadas na filosofia Okadiana para a comunidade de Jucutuquara.	ODS 8 ODS 3 ODS 4	Meta 8.10 Meta 3.4 Meta 4.4
	Práticas corporais atlética unificada Ifes	Oferta de modalidades esportivas educacionais e inclusivas para estudantes de instituições públicas e particulares.	ODS 3 ODS 4 ODS 10	Meta 3.4 Meta 4.5 Meta 10.2
	Laboratório de Fabricação Digital e prototipagem IF - MAKER	Introduz estudantes de escolas públicas à robótica e fabricação digital, promovendo a cultura maker e soluções sustentáveis.	ODS 9 ODS 4 ODS 12	Meta 9.5 Meta 4.4 Meta 12.5
	Ifes Ambiental: Educação para uma formação mais sustentável	Atividades lúdicas sobre temas socioambientais para alunos do ensino fundamental de Vitória.	ODS 4 ODS 13 ODS 11	Meta 4.7 Meta 13.3 Meta 11.6
	O empreendedorismo social na educação básica estadual	Fomenta práticas de empreendedorismo social em escolas públicas, integrando ciência, tecnologia e sociedade.	ODS 4 ODS 8 ODS 9	Meta 4.7 Meta 8.3 Meta 9.b
Saúde	Ifes e MPT: Segurança e Saúde nas Escolas	Desenvolve curso online e aplicativo para gestão de segurança escolar em parceria com o Ministério Público do Trabalho.	ODS 3 ODS 4 ODS 17	Meta 3.9 Meta 4.7 Meta 17.17
	Programa de Estudos avançados em Matemática - Matemática na Rede	Grupos de estudos em Matemática para aprofundamento curricular e extracurricular via Resolução de Problemas.	ODS 4 ODS 10 ODS 9	Meta 4.5 Meta 10.2 Meta 9.5
	Ciências no laboratório	Oficinas práticas de Química e Biologia para alunos da rede municipal, visando despertar interesse científico.	ODS 4 ODS 9 ODS 10	Meta 4.7 Meta 9.5 Meta 10.2
	Ciclo de Debates do Grupo de Estudos de Avaliação de Impactos Ambientais	Debates teóricos e práticos sobre políticas ambientais e melhoria de práticas sustentáveis.	ODS 13 ODS 11 ODS 16	Meta 13.3 Meta 11.6 Meta 16.7
	Pontu(ação)20: Abriu Catou Fechô!	Coleta de tampinhas e lacres para reciclagem, com atividades educativas sobre sustentabilidade e bem-estar animal.	ODS 12 ODS 13 ODS 17	Meta 12.5 Meta 13.3 Meta 17.17
	Pílulas de conhecimento -- Comunicação para a sustentabilidade	Divulgação de conteúdos científicos e sustentáveis em redes sociais, usando metodologia PDCA para engajamento.	ODS 12 ODS 4 ODS 13	Meta 12.8 Meta 4.7 Meta 13.3
Tecnologia e Produção	Enactus: Projeto Mulembá - Mulheres Empreendedoras do Barro	Desenvolve embalagens sustentáveis e melhoria de vendas para mulheres da Associação das Paneleiras de Goiabeiras.	ODS 5 ODS 9 ODS 12	Meta 5.5 Meta 9.3 Meta 12.6
	Desenvolvimento de um sistema de informação interativo em ATER	Sistema de informação para assistência técnica rural, direcionado a políticas públicas no Espírito Santo.	ODS 9 ODS 2 ODS 17	Meta 9.c Meta 2.3 Meta 17.6
	Solução tecnológica do Ifes para o projeto e-trânsito aduaneiro da alfândega do porto de vitória	Desenvolvimento de hardware e software para monitoramento remoto de contêineres no Porto de Vitória.	ODS 9 ODS 8 ODS 17	Meta 9.4 Meta 8.2 Meta 17.17
	Agroecologia em debate: diálogos entre o campo e a cidade	Promove rodas de conversa sobre agroecologia, fortalecendo conexões entre produtores rurais e consumidores urbanos.	ODS 2 ODS 12 ODS 15	Meta 2.4 Meta 12.2 Meta 15.9
	Avaliação de Manifestações Patológicas na Construção Civil	Realiza vistorias e laudos técnicos em edificações, integrando teoria e prática para estudantes de Engenharia Civil.	ODS 9 ODS 11 ODS 4	Meta 9.1 Meta 11.c Meta 4.4
	A Máquina Humana: Como Nosso Corpo Transforma Alimentos em Energia	Oficinas e palestras sobre saúde digestiva e nutrição para idosos, promovendo qualidade de vida.	ODS 3 ODS 10 ODS 4	Meta 3.4 Meta 10.2 Meta 4.7



