

Marcelo Henrique Torres de Medeiros
(Org.)



CONSERVAÇÃO DA
BIODIVERSIDADE
ESTRATÉGIAS PARA PROTEGER O PLANETA



científica digital



CIENTÍFICA DIGITAL EDITORIAL LTDA

Barueri - São Paulo - Brasil
www.cientificadigital.org - contato@cientificadigital.org

Diagramação e Arte	Edição © 2025 Editora Científica Digital
Diego Santos	Texto © 2025 Os Autores
Diogo Lima	1ª Edição - 2025
Imagens da Capa	Acesso Livre - Open Access
Adobe Stock - 2025	

© COPYRIGHT - TODOS OS DIREITOS RESERVADOS. A editora detém os direitos autorais sobre a edição e o projeto gráfico, enquanto os autores mantêm os direitos autorais de seus respectivos textos. Esta obra está licenciada sob a Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional, permitindo o download e compartilhamento integral ou parcial, desde que a fonte seja devidamente citada e os créditos atribuídos aos autores. É obrigatório que a obra permaneça em formato de Acesso Livre (Open Access), sem qualquer alteração. A catalogação em plataformas de acesso restrito ou com fins comerciais é estritamente proibida.



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C755 Conservação da biodiversidade: estratégias para proteger o planeta / Organização de Marcelo Henrique Torres de Medeiros. – Barueri-SP: Científica Digital, 2025

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui Bibliografia
ISBN 978-65-83998-04-0
DOI 10.37885/978-65-83998-04-0

1. Conservação da biodiversidade. I. Medeiros, Marcelo Henrique Torres de (Organizador). II. Título.

CDD 333.953

Elaborado por Janaína Ramos – CRB-8/9166

Índice para catálogo sistemático:

I. Conservação da biodiversidade

E-BOOK

ACESSO LIVRE ON LINE - IMPRESSÃO PROIBIDA

2025

Marcelo Henrique Torres de Medeiros
(Org.)

Conservação da Biodiversidade: **Estratégias para Proteger o Planeta**

1ª EDIÇÃO



científica digital

2025 - BARUERI - SP

CONSELHO EDITORIAL

Prof. Dr. André Cutrim Carvalho
Prof. Dr. Antônio Marcos Mota Miranda
Prof^a. Ma. Auristela Correa Castro
Prof. Dr. Carlos Alberto Martins Cordeiro
Prof. Dr. Carlos Alexandre Oelke
Prof^a. Dra. Caroline Nóbrega de Almeida
Prof^a. Dra. Clara Mockdece Neves
Prof^a. Dra. Claudia Maria Rinhel-Silva
Prof^a. Dra. Clecia Simone Gonçalves Rosa Pacheco
Prof. Dr. Cristiano Marins
Prof^a. Dra. Cristina Berger Fadel
Prof. Dr. Daniel Luciano Gevehr
Prof. Dr. Diogo da Silva Cardoso
Prof. Dr. Ernane Rosa Martins
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes
Prof. Dr. Fabricio Gomes Gonçalves
Prof^a. Dra. Fernanda Rezende
Prof. Dr. Flávio Aparecido de Almeida
Prof^a. Dra. Francine Náthalie Ferraresi Queluz
Prof^a. Dra. Geuciane Felipe Guerim Fernandes
Prof. Dr. Humberto Costa

Prof. Dr. Joachin Melo Azevedo Neto
Prof. Dr. Jónata Ferreira de Moura
Prof. Dr. José Aderval Aragão
Prof. Me. Julianno Pizzano Ayoub
Prof. Dr. Leonardo Augusto Couto Finelli
Prof. Dr. Luiz Gonzaga Lapa Junior
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva
Prof^a. Dra. Maria Cristina Zago
Prof^a. Dra. Maria Otília Zangão
Prof. Dr. Mário Henrique Gomes
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes
Prof. Dr. Nelson J. Almeida
Prof. Dr. Pedro Afonso Cortez
Prof. Dr. Reinaldo Pacheco dos Santos
Prof. Dr. Rogério de Melo Grillo
Prof^a. Dra. Rosenery Pimentel Nascimento
Prof. Dr. Rossano Sartori Dal Molin
Prof. Me. Silvio Almeida Junior
Prof^a. Dra. Thays Zigante Furlan Ribeiro
Prof. Dr. Wescley Viana Evangelista
Prof. Dr. Willian Carboni Viana
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme

Acesse a lista completa dos Membros do Conselho Editorial em www.editoracientifica.com.br/conselho

Parecer e revisão por pares

Os textos que compõem esta obra passaram por avaliação do Conselho Editorial e revisão por pares externos (*Peer Review*), recebendo a devida recomendação para publicação.

Nota: Esta obra é fruto de um processo colaborativo, configurando-se como uma coletânea na qual os direitos autorais permanecem resguardados para os respectivos autores. Alguns capítulos podem ter origem em trabalhos anteriormente apresentados em eventos acadêmicos; no entanto, os autores foram orientados a adotar o devido rigor na prevenção do autoplágio. A responsabilidade pelo conteúdo de cada capítulo, assim como pela originalidade e integridade das informações publicadas, é inteiramente dos respectivos autores e autoras. O conteúdo da obra não reflete, necessariamente, a opinião da editora, dos organizadores ou dos membros do conselho editorial.

APRESENTAÇÃO

Esta obra é fruto de um esforço colaborativo que reuniu professores, estudantes e pesquisadores cujo envolvimento enriqueceu significativamente as discussões neste espaço formativo. Além disso, resulta de iniciativas interinstitucionais e ações voltadas ao incentivo à pesquisa, congregando especialistas de diversas áreas do conhecimento, vinculados a Instituições de Educação Superior, públicas e privadas, em âmbito nacional e internacional.

Seu principal objetivo é fortalecer a integração entre instituições, tanto no Brasil quanto no exterior, por meio de redes de pesquisa comprometidas com a formação continuada de profissionais da educação. Para isso, busca-se a produção e a ampla disseminação do conhecimento em distintas áreas do saber.

Expressamos nossa profunda gratidão aos autores pelo empenho, comprometimento e dedicação na concepção e finalização desta obra. Esperamos que ela se consolide como um recurso didático-pedagógico valioso, atendendo às necessidades de estudantes, docentes de todos os níveis de ensino e demais interessados na temática.

Marcelo Henrique Torres de Medeiros

SUMÁRIO

Capítulo 01

IMPACTOS DAS QUEIMADAS NO CERRADO: DESAFIOS E ESTRATÉGIAS PARA A CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE

Igor Araújo

 10.37885/240917705 7

Capítulo 02

PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS: INSTRUMENTO DE APOIO À GESTÃO E CONSERVAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS

Marcelo de Oliveira Dávola; Wanderley Cotta da Silva; Juliana Martins de Mesquita Matos

 10.37885/250419105 18

Capítulo 03

MACROALGAS MARINHAS DE BARRA DE SÃO JOÃO (CASIMIRO DE ABREU): CONTRIBUIÇÃO PARA O CONHECIMENTO DA DIVERSIDADE BENTÔNICA DOS COSTÕES ROCHOSOS DA BAIXADA LITORÂNEA

Gabriela Oliveira de Almeida; Renan Monte de Oliveira; Bruna de Souza Vitti; William de Souza Costa; Lísia Mônica de Souza Gestinari

 10.37885/241017941 36

Capítulo 04

REALIDAD AUMENTADA Y EDUCACIÓN AMBIENTAL

Moises Mori-Huaman; Sally Patricia Chapa-Grandez; Liz Emperatriz Velásquez-Mauricio; Yesica Rojas-Bravo; Harver Aldrick Luna-Maicelo; Leif Armando Portal-Cahuana

 10.37885/250519441 54

Capítulo 05

APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS COMERCIALES MEDIANTE PRODUCCIÓN DE HUMUS CON *EISENIA FOETIDA*: UNA PROPUESTA BASADA EN ECONOMÍA CIRCULAR

Liz Emperatriz Velásquez-Mauricio; Nemecio Chauca-Rituay; Moises Mori-Huaman; Yesica Rojas-Bravo; Harver Aldrick Luna-Maicelo; Leif Armando Portal-Cahuana

 10.37885/250619442 91

Capítulo 06

POLÍTICAS PÚBLICAS AMBIENTAIS BRASILEIRAS: ANÁLISE DAS ESTRATÉGIAS DE COMBATE AO DESFLORESTAMENTO E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE

Murilo Carlos da Silveira Marinho; Bianca Cerqueira Martins; Augusto César Gomes Nagy; Barbara da Silva Soares; Carlos Eduardo Silveira da Silva

 10.37885/250619551..... 114

SOBRE O ORGANIZADOR..... 143

ÍNDICE REMISSIVO..... 144

IMPACTOS DAS QUEIMADAS NO CERRADO: DESAFIOS E ESTRATÉGIAS PARA A CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE

Igor Araújo
Instituto Federal Goiano (IFGOIANO), Campus Ceres

RESUMO

As queimadas no Cerrado têm sido um fator significativo de perda de biodiversidade, afetando ecossistemas, espécies e processos ecológicos. Este trabalho visa realizar uma revisão bibliográfica, abrangendo o período de 2010 a 2024, para identificar os principais desafios impostos pelas queimadas à biodiversidade do bioma. Foram analisados estudos que destacam tanto os impactos ambientais e socioeconômicos quanto as estratégias de conservação propostas e implementadas. A revisão revela que, embora políticas públicas e técnicas de manejo estejam sendo desenvolvidas, ainda há desafios como a degradação de habitats, fragmentação de áreas protegidas e a necessidade de maior engajamento comunitário. As estratégias identificadas incluem práticas de manejo integrado do fogo, restauração de áreas degradadas e a implementação de corredores ecológicos, além de políticas de conservação que visem o uso sustentável dos recursos naturais. Conclui-se que, para mitigar os efeitos das queimadas e conservar a biodiversidade do Cerrado, é essencial integrar ciência, políticas públicas e a participação de comunidades locais.

Palavras-chave: manejo sustentável; revisão bibliográfica; estratégias de conservação; impactos ambientais.

INTRODUÇÃO

O Cerrado, reconhecido como a savana tropical mais rica em biodiversidade do mundo, desempenha um papel fundamental na manutenção dos ciclos hidrológicos e climáticos da América do Sul (Bustamante *et al.*, 2012). Com uma área original de aproximadamente 2 milhões de km², o bioma abriga uma vasta diversidade de espécies endêmicas de fauna e flora, muitas das quais ainda não foram totalmente estudadas (Martelli *et al.*, 2023). No entanto, a crescente pressão antrópica, impulsionada pela expansão agrícola, pecuária e urbanização, tem intensificado a ocorrência de queimadas no Cerrado, ameaçando de forma crítica sua integridade ecológica e colocando em risco a biodiversidade (Grecchi *et al.*, 2014; Silva, 2023).

As queimadas, naturais ou provocadas, desempenham um papel histórico na dinâmica dos ecossistemas do Cerrado, sendo consideradas parte integrante de sua ecologia (Gomes *et al.*, 2018). Contudo, o aumento descontrolado e a frequência das queimadas nos últimos anos têm causado impactos que extrapolam os limites de resiliência natural do bioma (Silva *et al.*, 2024). Essas perturbações afetam diretamente a vegetação nativa, levando à degradação do solo, perda de espécies, fragmentação de habitats e a interrupção de processos ecológicos essenciais, como polinização e dispersão de sementes. Além disso, os incêndios contribuem para a emissão de gases de efeito estufa, acelerando o processo de mudança climática, que por sua vez agrava ainda mais a vulnerabilidade do Cerrado a novos eventos de fogo (Silva *et al.*, 2024).

Os desafios impostos pela intensificação das queimadas são múltiplos e exigem uma abordagem integrada e multidisciplinar para a conservação do Cerrado (Durigan; Ratter, 2016). A literatura científica entre os anos de 2010 a 2024 oferece um panorama robusto dos principais desafios enfrentados pela biodiversidade no bioma, bem como das estratégias de mitigação e manejo adotadas até o momento (Klink *et al.*, 2020). Nesse contexto, surge a necessidade de uma análise crítica das ações implementadas e da eficácia das políticas públicas e práticas de manejo sustentável. Entre os principais obstáculos, destacam-se a dificuldade de controlar incêndios em grandes áreas, a carência de fiscalização e a falta de incentivos econômicos para práticas de conservação por parte dos produtores rurais (Rodrigues *et al.*, 2021). Por outro lado, esforços emergentes

como o manejo integrado do fogo, a restauração ecológica e o desenvolvimento de corredores ecológicos apontam para estratégias promissoras na mitigação dos impactos das queimadas.

Diante dessa problemática, realizei uma revisão bibliográfica abrangente, focando nos estudos publicados entre 2010 e 2024, com o objetivo de identificar os principais desafios e estratégias adotadas para a conservação da biodiversidade do Cerrado frente ao avanço das queimadas. A partir da análise dos estudos selecionados, busca-se fornecer subsídios que possam auxiliar na formulação de políticas públicas, no aprimoramento de práticas de manejo e na sensibilização da sociedade acerca da importância de preservar este bioma único.

METODOLOGIA

Para realizar uma revisão bibliográfica abrangente sobre os impactos das queimadas na biodiversidade do Cerrado, foram adotados critérios rigorosos para a seleção de artigos, além de uma estratégia detalhada de busca e análise. O processo metodológico foi dividido em quatro etapas principais: 1) definição de palavras-chave e termos de busca, 2) seleção de bases de dados, 3) triagem dos artigos com base em critérios de inclusão e exclusão, e 4) análise e síntese dos resultados (Martins & Theóphilo, 2009).

O primeiro passo foi estabelecer um conjunto de palavras-chave que capturassem os aspectos principais do tema, com foco nos impactos das queimadas e nas estratégias de conservação da biodiversidade do Cerrado. Para garantir a abrangência da pesquisa, foram utilizadas diferentes combinações de palavras, incluindo termos em português e inglês, abrangendo tanto a temática geral quanto específica. As palavras-chave definidas em português foram: Queimadas, Cerrado, biodiversidade, conservação, manejo do fogo, mudanças climáticas, restauração ecológica, corredores ecológicos, fragmentação de habitats, políticas de conservação. Em inglês: Wildfires, Cerrado, biodiversity, conservation, fire management, climate change, ecological restoration, ecological corridors, habitat fragmentation, conservation policies. Essas combinações de palavras-chave foram utilizadas em conjunto com operadores (AND, OR) para ampliar ou restringir os resultados, conforme necessário. AND = "e" e OR = "ou".

A seleção dos artigos foi realizada por meio de buscas em bases de dados científicas amplamente reconhecidas nas áreas de biologia, ecologia e conservação. As seguintes plataformas foram utilizadas: Google Scholar: Para busca inicial e abrangente de artigos acadêmicos, teses e dissertações; Web of Science: Para localizar artigos revisados por pares de alto impacto; Scopus: Para garantir que as publicações mais recentes e relevantes fossem incluídas na pesquisa; SciELO: Para incluir artigos publicados em revistas brasileiras e garantir a representatividade de estudos regionais sobre o Cerrado; PubMed: Para identificar artigos relacionados à saúde ambiental e biologia da conservação e SpringerLink e Wiley Online Library: Para acesso a artigos completos de periódicos focados em ecologia, conservação e manejo ambiental.

Após a busca inicial, os artigos foram selecionados com base nos seguintes critérios de inclusão: Artigos publicados entre 2010 e 2024; Estudos focados nos impactos das queimadas no Cerrado e suas implicações para a biodiversidade; Pesquisas que apresentassem estratégias de conservação ou manejo de fogo no bioma; Artigos em português e inglês, para garantir a inclusão de estudos regionais e internacionais; Trabalhos publicados em revistas científicas revisadas por pares. Para os critérios de exclusão adotamos: Artigos que tratavam de queimadas fora do contexto do Cerrado, ou que não abordassem diretamente os impactos sobre a biodiversidade; publicações sem revisões por pares, como resumos de conferências, relatórios de políticas sem embasamento científico ou trabalhos de opinião e estudos que não apresentavam soluções ou estratégias de conservação, focando apenas nos impactos negativos.

Após a aplicação desses critérios, foram identificados 75 artigos como relevantes para o tema. Esses artigos passaram por uma leitura criteriosa do título, resumo e palavras-chave, para verificar a pertinência do conteúdo. Em seguida, os artigos que atenderam às exigências foram analisados integralmente, resultando em uma amostra final de 45 artigos para análise detalhada.

ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

A partir da amostra selecionada, foi realizada uma análise qualitativa dos artigos, organizada em três categorias principais: 1) *Impactos das queimadas na biodiversidade do Cerrado*: Identificação dos principais impactos ecológicos,

incluindo perda de espécies, fragmentação de habitats, degradação de solos e modificações nos processos ecológicos; 2) *Desafios para a conservação*: Análise das barreiras enfrentadas na implementação de políticas e estratégias de manejo, como a falta de recursos financeiros, engajamento comunitário e efetiva fiscalização ambiental e 3) *Estratégias de conservação e manejo*: Compilação e avaliação das estratégias mencionadas nos artigos, como manejo integrado do fogo, restauração ecológica, criação de corredores ecológicos e políticas públicas de incentivo à conservação sustentável. Os resultados da análise foram organizados em uma síntese crítica, destacando os principais desafios e as estratégias mais promissoras para a conservação da biodiversidade do Cerrado.

DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DOS ARTIGOS

A revisão bibliográfica realizada entre 2010 e 2024 permitiu identificar e sintetizar os principais desafios e estratégias de conservação relacionadas aos impactos das queimadas na biodiversidade do Cerrado. Os resultados foram organizados em três eixos principais: *impactos das queimadas na biodiversidade*, *desafios para a conservação* e *estratégias de conservação e manejo sustentável*. Cada um desses eixos foi amplamente abordado nos artigos selecionados, com destaque para as consequências ecológicas, as barreiras institucionais e as propostas de soluções efetivas.

IMPACTOS DAS QUEIMADAS NA BIODIVERSIDADE DO CERRADO

Os estudos revisados foram unânimes em destacar os severos impactos das queimadas sobre a biodiversidade do Cerrado. As principais consequências observadas incluem: a) Perda de espécies: As queimadas, tanto naturais quanto antrópicas, têm levado à diminuição da diversidade de espécies, especialmente da flora endêmica do Cerrado, que muitas vezes não possui mecanismos de adaptação ao fogo frequente (Durigan *et al.*, 2020). Espécies de árvores e arbustos de crescimento lento são as mais impactadas, levando a uma simplificação dos ecossistemas e à predominância de espécies resistentes ao fogo, como gramíneas e algumas espécies invasoras; b) Fragmentação de habitats: As queimadas recorrentes resultam em uma paisagem fragmentada, onde áreas naturais de vegetação nativa são cada vez mais isoladas. Isso afeta a conectividade entre

populações de fauna, o que, por sua vez, diminui o fluxo gênico e aumenta a vulnerabilidade de espécies já ameaçadas, como mamíferos de grande porte (Coelho *et al.*, 2020); c) *Alteração dos ciclos ecológicos*: Estudos destacaram que o aumento da frequência e intensidade dos incêndios tem modificado processos ecológicos críticos, como a polinização e a dispersão de sementes. A morte de polinizadores e a destruição de plantas que dependem de polinizadores específicos têm gerado desequilíbrios na regeneração da vegetação (Teixido *et al.*, 2024) e d) *Degradação do solo e da qualidade hídrica*: A exposição prolongada do solo ao fogo resulta em perda de nutrientes, compactação e erosão, além de prejudicar a capacidade de retenção de água. A qualidade dos corpos hídricos também é afetada pelo acúmulo de sedimentos e cinzas, prejudicando tanto a fauna aquática quanto o abastecimento de água para populações humanas (Klink *et al.*, 2020). Esses impactos, quando combinados com o aumento das mudanças climáticas, criam um ciclo de retroalimentação em que o Cerrado se torna cada vez mais suscetível a novas queimadas, agravando a situação.

DESAFIOS PARA A CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE NO CERRADO

A revisão também destacou os principais desafios enfrentados para a implementação eficaz de estratégias de conservação no Cerrado. Entre os mais citados nos artigos analisados, estão: a) *Expansão agrícola e uso do solo*: O avanço das fronteiras agrícolas, em particular a produção de soja e a pecuária extensiva, é uma das maiores causas da degradação do Cerrado. Esse uso intensivo do solo favorece a ocorrência de queimadas, devido ao desmatamento, à eliminação da cobertura vegetal nativa e à utilização inadequada do fogo para limpeza de pastagens (Ribeiro *et al.*, 2024); b) *Falta de fiscalização e controle de incêndios*: A falta de políticas públicas eficazes para o monitoramento e controle de incêndios foi outro desafio citado com frequência. Muitas áreas do Cerrado, especialmente em regiões remotas, não possuem infraestrutura adequada para combater queimadas, e a fiscalização ambiental é limitada (Borges *et al.*, 2024); c) *Engajamento comunitário insuficiente*: Embora o Cerrado seja um bioma habitado por várias comunidades rurais e tradicionais, a maioria dos artigos destacou a dificuldade de integrar essas populações nas políticas de conservação. A falta de incentivo econômico e de conhecimento técnico para

práticas sustentáveis faz com que muitas dessas comunidades ainda utilizem o fogo como principal ferramenta de manejo do solo (Medeiros *et al.*, 2022); d) *Mudanças climáticas*: A elevação da temperatura e as mudanças nos padrões de precipitação aumentam a vulnerabilidade do Cerrado a incêndios de grande escala (Silva *et al.*, 2024). Esse cenário tem criado um ambiente propício para a intensificação das queimadas, complicando ainda mais os esforços de conservação e manejo.

ESTRATÉGIAS DE CONSERVAÇÃO E MANEJO SUSTENTÁVEL

Apesar dos desafios, a revisão identificou uma série de estratégias promissoras para mitigar os impactos das queimadas e promover a conservação da biodiversidade do Cerrado. Entre as principais, destacam-se: a) *Manejo Integrado do Fogo*: Uma das abordagens mais discutidas na literatura foi o manejo integrado do fogo, que consiste no uso controlado de queimadas prescritas para reduzir o acúmulo de matéria orgânica seca, diminuindo assim o risco de incêndios descontrolados (Franke *et al.*, 2024). Esse método tem mostrado bons resultados em áreas protegidas e pode ser adaptado para áreas de uso agropecuário, desde que haja capacitação técnica e monitoramento constante; b) *Restauração Ecológica*: Diversos estudos sugerem que a restauração ecológica de áreas degradadas é essencial para a recuperação da biodiversidade e a resiliência do Cerrado. Projetos de plantio de espécies nativas, especialmente em áreas estratégicas como nascentes de rios e fragmentos florestais, têm sido propostos como medidas eficientes para reverter o processo de degradação (Medeiros *et al.*, 2022); c) *Criação de Corredores Ecológicos*: A implantação de corredores ecológicos, que conectam áreas fragmentadas de vegetação nativa, tem se mostrado uma estratégia eficaz para permitir o deslocamento da fauna e o fluxo gênico entre populações. Esses corredores são cruciais para manter a diversidade genética e reduzir a extinção local de espécies (Cessa *et al.*, 2024); d) *Educação Ambiental e Engajamento Comunitário*: Muitos artigos ressaltam a importância de envolver as comunidades locais em programas de conservação. A educação ambiental tem sido apontada como uma ferramenta vital para sensibilizar os moradores do Cerrado sobre a importância de práticas de manejo sustentável. Além disso, incentivos econômicos, como pagamentos

por serviços ambientais (PSA), têm sido sugeridos como forma de promover a conservação das áreas nativas (Weichert *et al.*, 2024); e) *Políticas Públicas e Governança*: A revisão também apontou a necessidade de fortalecer as políticas públicas relacionadas à conservação do Cerrado. A criação de incentivos fiscais para produtores que adotam práticas sustentáveis, o aumento da fiscalização e a implementação de políticas regionais integradas são medidas consideradas prioritárias (Bastos;Persson, 2020; Garrett *et al.*, 2022; Levy *et al.*, 2024).

CONCLUSÃO

A literatura revisada reforça que, apesar dos desafios, a conservação do Cerrado é possível por meio de práticas de manejo sustentável, restauração de áreas degradadas e uma governança ambiental mais eficaz, assegurando a preservação de sua biodiversidade única e dos serviços ecossistêmicos que o bioma oferece.

REFERÊNCIAS

- BASTOS L, M. G.; PERSSON, U. M. **Commodity-centric landscape governance as a double-edged sword: the case of soy and the Cerrado Working Group in Brazil**. *Frontiers in Forests and Global Change*, v. 3, p. 27, 2020.
- BORGES, N.; FONSECA, L.; BARRETO, P. S.; ALCHIERI, E.; CAETANO, M., RESENDE, P.; VIEIRA, L. A **Fire Management Intelligent System for the Brazilian Cerrado Biome based on a Deep Learning Two Phase Detection Method**, 2024.
- BUSTAMANTE, M. M. D. C.; NARDOTO, G. B.; PINTO, A. D. S.; RESENDE, J. C. F.; TAKAHASHI, F. S. C.; VIEIRA, L. C. G. **Potential impacts of climate change on biogeochemical functioning of Cerrado ecosystems**. *Brazilian Journal of Biology*, v. 72, p. 655-671, 2012.
- CESSA, R. M. A.; JUNIOR, I. M. L.; DOS REIS NASCIMENTO, R. J. P. **Wildlife corridors between the Brasília National Park and the Águas Emendadas Ecological Station**. *Revista Agrogeoambiental*, v.16, p. e20241820-e20241820, 2024.
- COELHO, A. J. P.; MAGNAGO, L. F. S.; MATOS, F. A. R.; MOTA, N. M.; DINIZ, É. S.; MEIRA-NETO, J. A. A. **Effects of anthropogenic disturbances on biodiversity and biomass stock of Cerrado, the Brazilian savanna**. *Biodiversity and Conservation*, v. 29, p. 3151-3168, 2020.
- DURIGAN, G.; RATTER, J. A. **The need for a consistent fire policy for Cerrado conservation**. *Journal of Applied Ecology*, v. 53, p. 11-15, 2016.

DURIGAN, G.; PILON, N. A.; ABREU, R. C.; HOFFMANN, W. A.; MARTINS, M.; FIORILLO, B. F.; VASCONCELOS, H. L. **No net loss of species diversity after prescribed fires in the Brazilian savanna.** *Frontiers in Forests and Global Change*, v. 3, p. 13, 2020.

FRANKE, J.; BARRADAS, A. C. S.; BORGES, K. M. R.; HOFFMANN, A. A.; OROZCO FILHO, J. C.; RAMOS, R. M.; ROMAN-CUESTA, R. M. **Prescribed burning and integrated fire management in the Brazilian Cerrado: demonstrated impacts and scale-up potential for emission abatement.** *Environmental Research Letters*, v. 19, p. 034020, 2024.

GARRETT, R. D.; GRABS, J.; CAMMELLI, F.; GOLLNOW, F.; LEVY, S. A. **Should payments for environmental services be used to implement zero-deforestation supply chain policies? The case of soy in the Brazilian Cerrado.** *World Development*, v. 152, p. 105814, 2022.

GOMES, L.; MIRANDA, H. S.; DA CUNHA BUSTAMANTE, M. M. **How can we advance the knowledge on the behavior and effects of fire in the Cerrado biome?** *Forest Ecology and Management*, v. 417, p. 281-290, 2018.

GRECCHI, R. C.; GWYN, Q. H. J.; BÉNIÉ, G. B.; FORMAGGIO, A. R.; FAHL, F. C. **Land use and land cover changes in the Brazilian Cerrado: A multidisciplinary approach to assess the impacts of agricultural expansion.** *Applied Geography*, v. 55, p. 300-312, 2014.

KLINK, C. A.; SATO, M. N.; CORDEIRO, G. G.; RAMOS, M. I. M. **The role of vegetation on the dynamics of water and fire in the cerrado ecosystems: Implications for management and conservation.** *Plants*, v. 9, p. 1803, 2020.

LEVY, S. A.; GARIK, A. V. N.; GARRETT, R. D. **The challenge of commodity-centric governance in sacrifice frontiers: Evidence from the Brazilian Cerrado's soy sector.** *Geoforum*, v. 150, p. 103972, 2024.

MARTELLI, A.; ALVARENGA, A. F. R.; SAMUDIO, E. M. M. **Benefícios Ecológicos do bioma Cerrado e particularidades do município de Itapira-SP localizada numa área de transição.** *PhD Scientific Review*, v. 3, p. 8-24, 2023.

MARTINS, G. D. A.; THEÓFILO, C. R. **Metodologia da investigação científica.** São Paulo: Atlas, p. 143-164, 2009.

MEDEIROS, N. F.; FERNANDES, G. W.; RABELLO, A.; BAHIA, T. O.; SOLAR, R. R. **Can our current knowledge and practice allow ecological restoration in the Cerrado?** *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 94, p. e20200665, 2022.

RIBEIRO, A. F.; SANTOS, L.; RANDERSON, J. T.; URIBE, M. R.; ALENCAR, A. A.; MACEDO, M. N.; BRANDO, P. M. **The time since land-use transition drives changes in fire activity in the Amazon-Cerrado region.** *Communications Earth & Environment*, v. 5, p. 96, 2024.

RODRIGUES, C. A.; ZIRONDI, H. L.; FIDELIS, A. **Fire frequency affects fire behavior in open savannas of the Cerrado.** *Forest Ecology and Management*, v. 482, p. 118850, 2021.

SILVA, C. M. D. S. **A expansão agrícola e suas relações com as concentrações atmosféricas do nitrogênio reativo sobre o cerrado brasileiro, 2023.**

SILVA, P. S.; LIBONATI, R.; SCHMIDT, I. B.; NOGUEIRA, J.; DACAMARA, C. C. **Climate Change and Fire: The Case of Cerrado, the Brazilian Savanna. Climate Change and Regional Socio-Economic Systems in the Global South: Resilience Strategies for Sustainable Development**, p. 87-105, 2024.

TEIXIDO, A. L.; SOUZA, C. S.; BARÔNIO, G. J.; SIGRIST, M. R.; RAIZER, J.; AOKI, C. **Post-fire temporal dynamics of plant-pollinator communities in a tropical savanna.** *Oecologia*, p. 1-12, 2024.

WEICHERT, R. F.; SILVA, V. D. M.; DO NASCIMENTO, A. F.; MELO, J. O. F. **Building knowledge: from the production of paradidactic material for environmental education in the Cerrado to the training of teachers.** Contribuciones a Las Ciencias Sociales, v. 17, p. e9263-e9263, 2024.

PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS: INSTRUMENTO DE APOIO À GESTÃO E CONSERVAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS

Marcelo de Oliveira Dávola

Faculdade CNA

Wanderley Cotta da Silva

Faculdade CNA

Juliana Martins de Mesquita Matos

Faculdade CNA

RESUMO

A Política Nacional de Recursos Hídricos trouxe como inovação a descentralização da gestão dos recursos hídricos, envolvendo Estado, sociedade e iniciativa privada em ações de planejamento e manejo destes recursos. Dentro desta proposta brasileira da gestão descentralizada dos recursos hídricos, destaca-se o PSA - pagamento por serviços ambientais, como uma ferramenta que visa estimular a participação de produtores rurais no processo de gestão e conservação dos recursos hídricos. Um exemplo exitoso de PSA é o Programa Produtor de Água, idealizado em 2001 pela Agência Nacional de Águas (ANA), cujo escopo é dar incentivo econômico aos produtores que adotem práticas de conservação de solo e água em suas propriedades rurais. O objetivo do trabalho foi compreender o mecanismo de implantação e de funcionamento do programa de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) no Estado de Minas Gerais. A pesquisa foi realizada por meio de entrevista por videoconferência concedida pelo gestor do IGAM em exercício, Dr. Marcelo Fonseca **e análise documental** dos registros de ações realizadas pelo governo no estado de Minas Gerais. Verificou-se que a proposta de PSA desenvolvida no Estado de Minas Gerais vem integrando a iniciativa privada à proposta de gestão e conservação dos recursos naturais pelo Estado, bem como tem viabilizado a implantação de ações específicas para gestão ambiental no âmbito das propriedades rurais e áreas urbanas. O trabalho realizado no estado de Minas Gerais resultou numa série de novos projetos que atendem a premissa do PSA e que converge para a gestão compartilhada do meio ambiente.

Palavras-chave: conservação; gestão ambiental; política pública; recursos hídricos.

INTRODUÇÃO

O Brasil é amplamente reconhecido como uma potência hídrica mundial, devido à significativa presença de reservas de água em seu território (Lima *et al* (2013). Os autores destacam que, considerando as proporções continentais do país e suas características climáticas e florestais tipicamente tropicais, essa classificação é coerente com sua realidade natural.

Segundo Córcoles *et al* (2016), a melhoria da gestão dos recursos hídricos voltados para a agricultura constitui uma prioridade global. De acordo com o estudo de Lima (2021) um dos principais desafios nas próximas décadas será o aumento da produção de alimentos com menor uso de água, especialmente em regiões onde os recursos hídricos são limitados.

De acordo com o estudo de Lima (2021) um dos principais desafios nas próximas décadas será o aumento da produção de alimentos com menor uso de água, especialmente em regiões onde os recursos hídricos são limitados.

No contexto das propriedades rurais, a adoção de boas práticas de manejo e conservação hídrica torna-se essencial e estratégico. De acordo com Lanna (1999) *apud* Chiordi *et al* (2013) a gestão eficiente da água deve ser compreendida como um conjunto de ações estruturadas, envolvendo a formulação de princípios e diretrizes, a criação de sistemas gerenciais e o processo de tomada de decisões voltadas ao uso racional, controle e proteção dos recursos hídricos.

Nesse panorama, a Política Nacional de Recursos Hídricos representa um marco importante ao propor a descentralização da gestão, conferindo maior autonomia a estados, municípios e à sociedade civil. Essa política define a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão, buscando articular diferentes interesses e perspectivas (Pereira e Medeiros, 2009, *apud* Chiordi *et al*, 2013).

Dentro da política de recursos hídricos, destaca-se atuação dos Comitês de Bacias Hidrográficas (CBH), que são colegiados que reúnem representantes do setor público, dos usuários da água e da sociedade civil para estabelecer prioridades e tomar decisões visando à gestão integrada dos recursos hídricos (Chiordi *et al*, 2013).

Entre os instrumentos utilizados para fortalecer essa gestão descentralizada, encontra-se o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), uma estratégia voltada a estimular a participação de produtores rurais na conservação dos

recursos hídricos. O PSA configura-se como um mecanismo de política ambiental que prevê compensações financeiras a proprietários rurais que adotem práticas de conservação hídrica em suas propriedades (Chiordi *et al*, 2013).

A Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais, instituída pela Lei nº 14.119, de 10 de janeiro de 2021, detalha em seu artigo 4º os objetivos desse instrumento, promovendo, entre outros aspectos, a valorização dos serviços ecossistêmicos e a conservação ambiental por meio de incentivos diretos aos agentes que prestam tais serviços.

No Brasil, um exemplo bem-sucedido de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) é o Programa Produtor de Água, idealizado em 2001 pela Agência Nacional de Águas (ANA). O objetivo central do programa é incentivar financeiramente produtores rurais que adotem práticas conservacionistas de solo e água em suas propriedades. A primeira implementação prática da iniciativa ocorreu apenas em 2006, após a promulgação da Lei Municipal nº 2.100, de 21 de dezembro de 2005, no município de Extrema, Minas Gerais, com a criação do projeto “Conservador das Águas” (ANA, 2008).

Segundo a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais (Semad, 2023), o Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Sisema), por meio da própria Semad, do Instituto Estadual de Florestas (IEF) e do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (Igam), firmou, em agosto de 2022, um Acordo de Cooperação Técnica (ACT) com a ANA. Esse acordo visou a execução do Programa Produtor de Água no estado, com foco na recuperação de áreas estratégicas e na melhoria da qualidade ambiental das bacias hidrográficas mineiras.

Compreender a dinâmica do PSA em Minas Gerais é fundamental, pois os projetos desenvolvidos no estado vêm ganhando novos adeptos e se desdobrando em iniciativas que podem servir de modelo para outras regiões do país, considerando que as metas de conservação dos recursos naturais são de âmbito nacional.

Considerando esse contexto, o presente estudo teve como objetivo analisar os mecanismos de implantação e funcionamento do Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) no estado de Minas Gerais.

MÉTODOS

Para a coleta de dados, foram empregados dois instrumentos: entrevista semiestruturada e análise documental. Para a entrevista foi desenvolvido um roteiro que orientou a coleta de dados. A entrevista foi realizada por videoconferência com o atual Gestor do IGAM, Dr. Marcelo Fonseca. Os dados coletados durante a entrevista foram analisados utilizando a técnica de análise temática conforme proposta por Braun e Clarke (2006) *apud* Souza (2019). A análise e temática é descrita por Souza (2019) como um método de análise qualitativa de dados que é aplicada para identificar, analisar, interpretar e relatar padrões (temas) a partir de dados qualitativos.

A análise documental, por sua vez, envolveu a revisão de registros e documentos oficiais disponíveis nos sites do IGAM e da Semad, que documentam as ações e projetos implementados desde 2005. Os dados obtidos foram organizados e analisados com o objetivo de apresentar a estrutura organizacional e o funcionamento do programa de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) em Minas Gerais.

A pesquisa realizada é classificada, segundo a tipologia proposta por Gil (2002), como descritiva, utilizando o estudo de caso como método técnico. Conforme Yin (2001), o estudo de caso é uma abordagem de investigação científica adequada para entender processos dentro de contextos sociais complexos, sendo útil tanto para a análise de desafios quanto para a avaliação de experiências bem-sucedidas e modelos exemplares.

Para a coleta de dados, foram empregados dois instrumentos: entrevista semiestruturada e análise documental. Para a entrevista foi desenvolvido um roteiro que orientou a coleta de dados. A entrevista foi realizada por videoconferência com o atual Gestor do IGAM, Dr. Marcelo Fonseca. Os dados coletados durante a entrevista foram analisados utilizando a técnica de análise temática conforme proposta por Braun e Clarke (2006) *apud* Souza (2019). A análise e temática é descrita por Souza (2019) como um método de análise qualitativa de dados que é aplicada para identificar, analisar, interpretar e relatar padrões (temas) a partir de dados qualitativos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise da entrevista com o gestor

O Programa de Pagamento por Serviços Ambientais em Minas Gerais, implementado a partir do Programa Produtor de Água, e apresenta uma trajetória positiva, sendo reconhecido inclusive em âmbito internacional. O caso do trabalho realizado no município de Extrema é amplamente citado como uma referência exitosa do Produtor de Águas.

Com a recente alteração na governança do programa produtor de águas, a ANA passou a permitir que os estados assumissem papel mais proativo na coordenação das ações, o que resultou na criação de unidades regionais estratégicas de gestão, como por exemplo a UGP Nascente de São Francisco, voltada à coordenação das iniciativas de PSA na bacia homônima.

O programa tem se mostrado responsivo e adaptável, com crescente demanda por parte dos comitês de bacia e outros agentes interessados. A participação da iniciativa privada é permitida, e os valores e formas de pagamento são definidos com base nas especificidades locais, buscando assegurar transparência e equidade nos processos.

Além disso, o programa busca integração com outras políticas públicas, como a Bolsa Reciclagem, que se trata de um incentivo financeiro concedido em razão da prestação de serviços ambientais, com o objetivo de reduzir o volume de rejeitos e a pressão sobre o meio ambiente, e até p presente momento tem cerca 159 cooperativas cadastradas e participando do projeto. É importante salientar que ações como o bolsa reciclagem derivam de iniciativas de PSA e são ações coordenadas e estratégicas com a mesma finalidade do PSA. Instrumentos como a legislação estadual e o Cadastro Ambiental Rural (CAR) são utilizados para diagnóstico e seleção de áreas prioritárias para intervenção.

Embora os impactos positivos das ações implementadas sejam reconhecidos qualitativamente, a mensuração quantitativa ainda enfrenta entraves, sobretudo pela escassez de séries históricas de dados e pela complexidade da coleta de informações em campo. Segundo o entrevistado as análises necessárias necessitam de novas parcerias como por exemplo instituições de pesquisa e universidades pra mensurar dados técnicos como por exemplo a taxa de áreas recuperadas, volume de água "recuperada" nas propriedades.

Todos estes parâmetros também dependeriam de mão de obra que o quadro não dispõe para realizar.

Ainda assim, a mobilização dos produtores e o engajamento das comunidades rurais têm sido fatores essenciais para o êxito do programa, promovendo também educação ambiental e adequação ambiental das propriedades.

O PSA em Minas Gerais encontra-se atualmente em fase de expansão e aprimoramento, com vistas a consolidar e ampliar suas ações voltadas à conservação dos recursos hídricos e ao fortalecimento da sustentabilidade rural. Entre os principais desafios citados pelo entrevistado está a manutenção dos recursos que possam manter os projetos em andamento por mais tempo, e carência de corpo técnico e parceiros que possam levantar dados técnicos que confirmem tecnicamente a efetividade das ações implantadas tais como análises de qualidade da água, avaliação das áreas recuperadas, análise da manutenção das taxas de biodiversidade.

Quanto aos tipos de créditos passíveis de reconhecimento como PSA, segundo o entrevistado, há um projeto de lei em tramitação na Assembleia Legislativa de Minas Gerais (PL 4.041/2022) que trata da política estadual de PSA. Este projeto propõe a formalização de diferentes modalidades de serviços ambientais, incluindo o hídrico e o reciclável, bem como outras possibilidades, como o sequestro de carbono e iniciativas correlatas.

A estrutura de governança do programa envolve a participação do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, representado pelo IGAM, IEF e SEMAD. As comissões gestoras, formadas em níveis regionais e locais, contam com representantes de diversas instituições, como secretarias municipais, universidades e entidades com atuação direta nas áreas contempladas pelos projetos.

A participação da iniciativa privada é ampla, sendo que grande parte dos financiamentos atualmente em operação tem origem privada. Cada projeto define seu agente financeiro, que pode ser o município, uma associação local, um prestador de serviços públicos ou até mesmo a empresa financiadora. No entanto, a definição de beneficiários e valores deve respeitar os critérios estabelecidos pela governança local, que também é responsável pelo acompanhamento e fiscalização.

A efetivação dos pagamentos ocorre após avaliações técnicas em campo, que verificam o cumprimento das metas e condições estabelecidas. As parcerias geralmente são formalizadas por meio de acordos de cooperação técnica ou termos de parceria, documentos que atribuem funções e responsabilidades a cada um dos signatários.

A demanda por projetos de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) em Minas Gerais tem se mostrado elevada, com um número expressivo de solicitações. Os Comitês de Bacia Hidrográfica, em especial, têm demonstrado grande interesse na iniciativa, o que tem impulsionado significativamente a procura por sua implementação.

Apesar do aumento de projetos de PSA no estado de Minas Gerais, ainda não há uma fonte de financiamento público claramente estabelecida para sustentar os projetos, o que tem exigido a busca por recursos privados. Existe a percepção, por parte de diversos atores envolvidos, de que empresas que utilizam diretamente os recursos naturais — como as companhias de abastecimento e saneamento — deveriam assumir parte do financiamento. A fonte limitada de recursos tem obrigado os órgãos de gestão do PSA a serem mais exigentes nas análises das propriedades que possam receber o benefício do PSA. Outra estratégia adotada é manter menor volume de projetos para mantê-los ativos e recebendo recursos por mais tempo.

Notadamente, o estado de Minas Gerais tem promovido diversos esforços para estruturar normativas e mecanismos que garantam maior controle, coordenação e sustentabilidade às ações no estado.

Durante a entrevista com o gestor do IGAM, foi questionada a existência de propostas futuras para a criação de um mecanismo de financiamento específico, como o ICMS Verde, destinado ao PSA. Segundo o entrevistado, Minas Gerais já conta com o Fundo Estadual de Recursos Usados, que recebe aportes financeiros da Secretaria de Estado da Fazenda (Sefor). Com a recente aprovação de nova legislação, uma porcentagem desse fundo passou a ser destinada diretamente ao financiamento de ações de PSA. Associado a isso, a cobrança pelo uso dos recursos hídricos surge como uma alternativa promissora para garantir recursos financeiros.

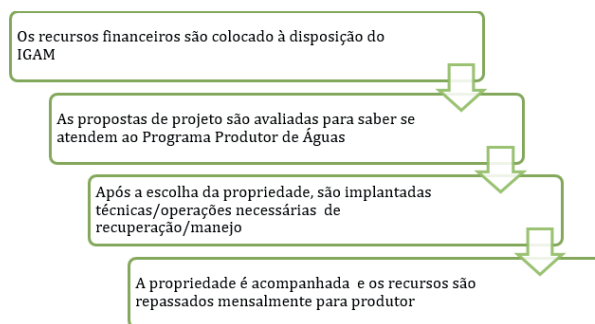
Parcerias entre o setor público e privado também vêm sendo exploradas como estratégias viáveis para viabilizar economicamente os projetos de PSA.

O processo de implantação do PSA envolve múltiplas etapas, que vão desde a mobilização social e o diagnóstico das propriedades até a elaboração dos projetos técnicos, a execução das ações de adequação e, por fim, o pagamento pelos serviços prestados. As fases iniciais, particularmente o diagnóstico e a elaboração dos projetos, representam os maiores custos operacionais. Diferentemente de modelos simplificados de PSA, como o programa Bolsa Verde — que remunera essencialmente a manutenção de áreas florestadas —, o PSA mineiro busca promover transformações concretas nas propriedades rurais. Entre as ações incentivadas destacam-se o cercamento de nascentes, o reflorestamento com espécies nativas, a construção de pequenas barragens (barraginhas), a recuperação de estradas rurais e outras práticas conservacionistas. Após a implementação dessas intervenções, os custos diminuem significativamente, com os pagamentos sendo realizados, em geral, em ciclos anuais com duração média de três a cinco anos.

A avaliação dos resultados do programa é tema recorrente nas discussões sobre sua efetividade. De forma empírica, reconhece-se que as intervenções promovem melhorias perceptíveis na infiltração de água no solo e na qualidade hídrica. No entanto, a obtenção de indicadores robustos e quantificáveis que mensurem com precisão os impactos diretos das ações sobre as bacias hidrográficas ainda representa um desafio, especialmente devido à complexidade dos processos hidrológicos e à necessidade de séries históricas consistentes.

A partir das informações obtidas na entrevista, é possível delinear que a dinâmica de funcionamento do PSA em Minas Gerais segue um fluxo bem estruturado, conforme representado esquematicamente na Figura 1.

Figura 1 – Dinâmica de funcionamento do PSA no estado de Minas Gerais.



Fonte: os autores.

Durante a entrevista, o gestor também destacou diversos benefícios associados à implementação do Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) no estado de Minas Gerais. Dentre os principais impactos positivos, destacam-se: (i) a melhoria na qualidade da água, uma vez que a adoção de práticas conservacionistas contribui significativamente para o aumento da disponibilidade e da qualidade dos recursos hídricos, especialmente em áreas com importantes mananciais e sistemas de abastecimento público; (ii) a proteção da biodiversidade, promovida por ações voltadas ao reflorestamento e à conservação de Áreas de Preservação Permanente (APPs); e (iii) o fortalecimento da agenda de desenvolvimento sustentável, ao integrar práticas agrícolas com a preservação ambiental, proporcionando aos produtores rurais uma alternativa economicamente viável. Esses produtores, além de receberem compensações financeiras pelas práticas adotadas, têm a oportunidade de elevar a produtividade de suas propriedades e de incorporar boas práticas produtivas, como o manejo agroecológico e sustentável do solo.

Análise documental dos projetos e iniciativas desenvolvidas no estado de Minas Gerais

A análise documental foi realizada com base em informações disponíveis nos portais institucionais da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (Semad) e do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (Igam) que registram ações iniciadas no ano de 2005 até o presente momento. Foram identificadas 18 iniciativas voltadas à gestão integrada e sustentável dos recursos naturais no estado (Quadro 1). A análise compreendeu a identificação do nome de cada projeto, uma breve descrição de suas características e os resultados esperados ou já alcançados, conforme os documentos oficiais.

Os dados evidenciam que, em Minas Gerais, o PSA tem sido adotado como uma estratégia central para articular conservação ambiental e desenvolvimento rural, oferecendo benefícios concretos tanto ao meio ambiente quanto às comunidades locais. Ao promover a proteção da biodiversidade e dos recursos hídricos, o PSA também impulsiona a valorização dos serviços ecossistêmicos prestados pelas propriedades rurais.

Quadro 1 – Projetos de PSA desenvolvidos no Estado de Minas Gerais.

Projeto desenvolvido no estado de Minas Gerais e objetivo da ação
PROJETO OURO D'ÁGUA O Projeto Ouro D'Água é uma iniciativa do Plano Conservador da Mata Atlântica, implantado no município de Conceição dos Ouros – MG, com foco na melhoria da qualidade ambiental das propriedades rurais. Seu objetivo principal é ampliar a qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos, promovendo também a conservação da biodiversidade e o equilíbrio climático. A proposta incentiva a adoção de práticas sustentáveis de preservação da água e do solo, fundamentadas em estudos ambientais e nas diretrizes do Novo Código Florestal. Entre as ações sugeridas estão o manejo adequado do solo, cercamento de áreas de preservação, conservação de nascentes e reflorestamento, buscando restaurar a vegetação nativa e fortalecer os serviços ecossistêmicos da região. Fonte: Semad (2024)
PROJETO CONSERVADOR DO MOGI O Projeto Conservador do Mogi faz parte do Programa Conservador da Mantiqueira, uma iniciativa voltada para a restauração de 1,5 milhão de hectares na Serra da Mantiqueira, abrangendo 425 municípios nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. O plano é composto por 25 núcleos, cada um com uma sede responsável, denominada Piloto. O município de Inconfidentes atua como Piloto do Núcleo 2. O projeto promove boas práticas agrícolas e sanitárias nas propriedades rurais da região. Desde 2021, Inconfidentes também implementou o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), uma iniciativa que tem atraído um número crescente de produtores para o programa, incentivando a preservação ambiental e a sustentabilidade no território. Fonte: Semad (2024)
PROJETO ÁGUAS DA CANASTRA O Projeto Águas da Canastra surgiu da necessidade de revitalizar duas microbacias essenciais para o município de São Roque de Minas: a Microbacia do Ribeirão da Usina, que abriga um ponto de captação de água para abastecimento, e a Microbacia do Rio do Peixe, que atravessa o município. Como parte da iniciativa, são elaborados os Projetos Individuais de Propriedade, que identificam os aspectos a serem aprimorados nas propriedades rurais, incluindo a recuperação da vegetação, a conservação do solo e o saneamento. Essas ações, voltadas para a oferta de serviços ambientais, permitem que os proprietários se qualifiquem para o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), reconhecendo e valorizando a contribuição de suas propriedades para a preservação dos recursos naturais. Fonte: Semad (2024)
PROJETO RIO JACARÉ VIVO O Projeto Rio Jacaré Vivo tem como objetivo a implementação de práticas conservacionistas na sub-bacia do Córrego dos Bois, principal fonte de captação de água do município de Oliveira. Entre as principais ações do projeto estão o manejo adequado do solo para prevenção da erosão, o cercamento de áreas, a construção de bacias de captação e infiltração para melhorar a recarga hídrica, além de iniciativas voltadas para a conservação e o fortalecimento da biodiversidade local. Fonte: Semad (2024)
PROJETO ARARAS O Projeto Araras tem como objetivo promover a revitalização e preservação ambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão Araras, principal fonte de abastecimento do município de Piumhi. A iniciativa é implementada por meio de ações de conservação do solo e da água, incluindo a revitalização de estradas, a construção de barraginhas para melhorar a absorção hídrica, o cercamento, a restauração e a conservação de Áreas de Preservação Permanente (APPs) e reservas florestais. Além disso, o projeto contempla ações de saneamento ambiental rural e a promoção do Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) aos produtores rurais, em conformidade com os princípios do Programa Produtor de Água. Fonte: Semad (2024)

Projeto desenvolvido no estado de Minas Gerais e objetivo da ação

PROJETO SANTUÁRIO DAS ÁGUAS

O Projeto Santuário das Águas está sendo implementado dentro do Programa Vida Nova Rio Formiga e tem como objetivo a revitalização da sub-bacia do Rio Formiga, que abriga 198 nascentes, responsáveis por alimentar riachos e rios que deságuam no Lago de Furnas. A iniciativa incentiva o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) aos produtores rurais, sendo financiada principalmente por recursos do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE), conforme previsto na Lei nº 5082/16. O projeto é coordenado por uma Unidade de Gestão, que define os serviços e ações a serem implementados. O pagamento pelos serviços ambientais prestados ocorre de forma proporcional às medições das atividades executadas na propriedade rural, podendo ser integral ou parcial, de acordo com os quantitativos discriminados no relatório de visita anual e os valores calculados com base em critérios previamente estabelecidos.

Fonte: Semad (2024)

PROGRAMA COQUEIRO VERDE

O Programa Coqueiro Verde, instituído pela Lei nº 2.482/2019 em 9 de dezembro de 2019 e readequado em 5 de abril de 2022 pela Lei nº 2.718/2022, está localizado no município de Coqueiral, na região Sul de Minas Gerais. O objetivo do programa é promover o desenvolvimento de boas práticas ambientais, incentivando a população a trocar resíduos recicláveis (como papéis, papelões, metais, alumínio e plásticos) por uma moeda social local, chamada Coqueiro Verde. Essa moeda pode ser utilizada exclusivamente para a compra de produtos agroecológicos e artesanais comercializados na Feira Livre do município.

Fonte: Semad (2024)

PROJETO BOCAINA

O Projeto Bocaina é executado no âmbito do Programa Produtor de Água da Agência Nacional de Águas (ANA), com o objetivo de promover a revitalização ambiental das bacias hidrográficas. Implementado desde 2017, o projeto conta com o apoio e parceria do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) de Passos. A iniciativa visa à execução de ações de conservação de solo e água na bacia hidrográfica do Ribeirão Bocaina, manancial responsável pelo abastecimento público de água para o município de Passos. As ações incluem o reflorestamento de Áreas de Preservação Permanente (APPs) e de Reserva Legal, a adequação de estradas rurais e a conservação do solo e da água em áreas produtivas, como lavouras e pastagens, em conformidade com o Programa Produtor de Água da ANA. Essas medidas têm como principal objetivo favorecer a infiltração de água e a recarga do lençol freático, além de evitar que a água da chuva se transforme em escoamento superficial, principal causador de erosão e assoreamento de corpos d'água em áreas rurais. Ao longo do projeto, três pagamentos de PSA foram realizados aos produtores.

Fonte: Semad (2024)

PROJETO REVITALIZAÇÃO DE PEQUENAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DE UBÁ

O Projeto Revitalização de Pequenas Bacias Hidrográficas de Ubá é desenvolvido no âmbito do Programa Produtor de Águas da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), que adota o conceito de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA). O projeto estimula os produtores a investirem no cuidado das águas, oferecendo apoio técnico e financeiro para a implementação de práticas conservacionistas. Além do benefício econômico gerado pela produção, os produtores também contribuem para a melhoria da quantidade e da qualidade da água na região, beneficiando toda a comunidade. Os pagamentos são feitos aos produtores rurais que implementam práticas e manejos conservacionistas que favorecem o meio ambiente e a qualidade da água. O PSA realizado no município de Ubá abrange cerca de 150 propriedades rurais, das quais 60% estão localizadas dentro da Área de Proteção Ambiental (APA) municipal, com 11.461 hectares, situada a montante das duas Estações de Tratamento de Água (ETAs) da COPASA. A área total parcialmente revitalizada é de 1.940 hectares. Estima-se que, durante 5 meses por ano, 13.000 pessoas sejam diretamente beneficiadas pelo projeto.

Fonte: Semad (2024)

Projeto desenvolvido no estado de Minas Gerais e objetivo da ação
PROJETO CONSERVADOR DAS ÁGUAS O Projeto Conservador das Águas tem como objetivo manter a qualidade dos mananciais de Extrema e promover a adequação das propriedades rurais, com foco em ações preventivas em vez de corretivas. A abordagem adotada entende que o mecanismo de comando e controle não pode ser o único instrumento de gestão ambiental nas propriedades rurais, pois, se utilizado isoladamente, não assegura o aumento da cobertura florestal ou a preservação dos mananciais. Nesse contexto, um instrumento econômico, como o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), mostra-se mais eficaz e eficiente. Além disso, o projeto utiliza outras ferramentas, como a criação de unidades de conservação municipais e o incentivo à criação de Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN), que são unidades de conservação com uso sustentável. Em funcionamento desde 2005, o projeto já recebeu diversos prêmios nacionais e internacionais, e contribuiu para o aumento da cobertura florestal nativa em municípios, com mais de 1.000 hectares restaurados. Fonte: Semad (2024)
PROJETO NAZÁGUAS O Projeto Nazáguas tem como objetivo incentivar o aumento e a manutenção da cobertura florestal, a adoção de práticas agrícolas sustentáveis e conservacionistas do solo, além da implementação de sistemas de saneamento ambiental nas propriedades rurais do município de Nazareno, visando à melhoria da qualidade e quantidade das águas, da biodiversidade e do clima. O projeto também promove a implantação de ações de adequação ambiental, oferecendo apoio técnico, fomento e recursos financeiros aos proprietários rurais habilitados que aderirem ao projeto e implementarem as ações necessárias para cumprir as metas estabelecidas. O valor do apoio financeiro será de até 2 UPFM* por hectare protegido ao ano, considerando o tamanho da propriedade e as técnicas de conservação do solo e saneamento ambiental adotadas em cada meta estabelecida. *A UPFM (Unidade Padrão Fiscal do Município) é uma unidade de medida utilizada no âmbito municipal, geralmente com o objetivo de calcular valores relacionados a tributos e benefícios fiscais. Ela funciona como uma referência para diversos cálculos, como o valor de impostos, taxas e, no caso de programas como o Projeto Nazáguas, o valor de apoio financeiro a ser destinado aos produtores rurais. Fonte: Semad (2024)
PROJETO PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS DA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO CARIOCA A sub-bacia do Ribeirão Carioca encontra-se em bom estado de conservação e com boa cobertura vegetal, sendo esta a área foco deste projeto. No entanto, na parte alta da bacia, predominam solos rasos, o que resulta em diversos problemas erosivos, incluindo a formação de grandes voçorocas, causadas por processos de dissecação recente e escoamento concentrado da água da chuva. Este projeto tem como objetivo promover a estruturação de políticas públicas que visem à manutenção e melhoria das características da área mais conservada, além de avaliar e implementar procedimentos de estabilização e recuperação na parte alta da bacia, com o intuito de melhorar o curso d'água de toda a região. Fonte: Semad (2024)
PROJETO GUARDIÕES DOS IGARAPÉS O Projeto Guardião dos Igarapés tem como objetivo promover a produção e conservação das águas, oferecendo pagamentos anuais aos proprietários rurais por serviços ambientais prestados. O programa foi sancionado pela Lei nº 1.672/2014 e regulamentado pelo Decreto nº 1.849/2015. Ele abrange 43 propriedades, totalizando 7.100 hectares na Bacia do Sistema Serra Azul, responsável pelo abastecimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte, com o apoio técnico e financeiro da Agência Nacional de Águas. O projeto está conservando 55 hectares de floresta nativa, dos quais 17 hectares foram recuperados pelo Programa. Além disso, foram implantados 8.738 metros de cercamento de nascentes e cursos d'água, 119 barraginhas, e 19.700 m² de adequação de estradas rurais. No âmbito da educação ambiental, foram realizadas peças teatrais para alunos, 3 capacitações para professores e supervisores, 3 cursos teóricos para produtores rurais e um seminário final, além de 8 treinamentos de brigada de incêndio florestal. O projeto também produziu 17 unidades de banners, 6.000 cartilhas e 10.000 jornais, e executou 4 ciclos de monitoramento da quantidade e qualidade da água em 10 córregos e 10 nascentes, além de 2 ciclos de monitoramento em 11 pontos de nascentes e córregos. Também foram instaladas 24 unidades de sistemas de tratamento de esgoto sanitário. Ainda possui a previsão de construção de 7 km de terraços e a realização de 1 workshop para apresentar as ações executadas, além de cursos práticos temáticos voltados para o projeto. Fonte: Semad (2024)

Projeto desenvolvido no estado de Minas Gerais e objetivo da ação
PROJETO POLÍTICA DE PSA EM ÁREAS CONSERVADAS, POR COMUNIDADES TRADICIONAIS EM JANUÁRIA O município de Januária, localizado na margem esquerda do Rio São Francisco, é rico em patrimônios arqueológicos e espeleológicos, além de abrigar vastas áreas naturais conservadas por comunidades tradicionais. Essas populações, que têm como característica a dependência dos recursos naturais para a manutenção de seus modos de vida, enfrentam ameaças de degradação ambiental causadas por ações antrópicas. Com o objetivo de preservar e proteger os serviços ambientais, o projeto implementou o Programa Municipal de Pagamento por Serviços Ambientais (PMPSA) e o Fundo Municipal para Pagamento por Serviços Ambientais, além de iniciar o Pagamento por Serviços Ambientais na microbacia do Riacho da Quinta. Fonte: Igam (2024)
PROJETO OÁSIS BRUMADINHO O Projeto Oásis Brumadinho foi criado dentro de uma iniciativa da Fundação Grupo Boticário, inicialmente implementada na Região Metropolitana de São Paulo e, posteriormente, em Apucarana, Paraná. O projeto tem como base o mecanismo de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA). No caso do Projeto Oásis Brumadinho, localizado na região metropolitana de Belo Horizonte, o modelo adotado foi pioneiro e inovador, envolvendo diretamente o Ministério Público Estadual de Minas Gerais. Essa foi a primeira atuação utilizando recursos provenientes da reparação de danos ambientais causados por uma empresa do setor de mineração no Quadrilátero Ferrífero. Fonte: Igam (2024)
PROGRAMA PRODUTOR DE ÁGUAS/PROGRAMA MUNICIPAL PARA CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS O Programa Produtor de Águas, também denominado Programa Municipal para Conservação dos Recursos Hídricos, estabelecido pela Lei Municipal 6.675/2021, tem como objetivo a implementação de ações voltadas à melhoria da qualidade e quantidade das águas, da biodiversidade e do clima no município. As microbacias hidrográficas do Ribeirão Paciência e do Ribeirão Bom Sucesso foram identificadas como áreas prioritárias para a execução do programa, visto que esses mananciais são responsáveis pelo abastecimento público na área urbana de Pará de Minas. O programa inclui o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), que beneficia os produtores rurais que realizam suas atividades econômicas de forma integrada à conservação e preservação ambiental. As ações implementadas não só promovem melhorias ambientais nas propriedades, mas também beneficiam toda a população da microbacia, incluindo a população urbana, que terá a qualidade e a quantidade das águas utilizadas aprimoradas, garantindo, assim, a segurança hídrica e contribuindo para um ambiente equilibrado e saudável. Em 2023, foi publicado um decreto que regulamenta a Lei 6.675/2021, estabelecendo as diretrizes para o PSA. O pagamento é realizado aos proprietários rurais que atendem às metas definidas em Termo de Compromisso com o Município. Até o momento, quatro produtores rurais foram beneficiados, 35 hectares de áreas florestais foram protegidas e um total de R\$ 30 mil foi destinado aos produtores como Pagamento por Serviços Ambientais. Fonte: Igam (2024)
ABRAÇO DA FLORESTA - PROJETO DE GERAÇÃO DE CRÉDITO DE CARBONO, EM ÁREAS DE CONSERVAÇÃO DE VEGETAÇÃO NATIVA POR PAGAMENTO DE SERVIÇOS AMBIENTAIS O Projeto Abraço da Floresta tem como principal objetivo a quantificação do estoque de carbono presente na área, etapa essencial para a geração de créditos de carbono, os quais serão auditados, certificados, verificados e comercializados. A iniciativa busca consolidar os resultados de um estudo ambiental especializado, com foco na comercialização de créditos de carbono como mecanismo para viabilizar o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) voltado à conservação da mata nativa do Sítio Abraço da Floresta, localizado na zona rural do município de Dom Viçoso – MG. O período de comercialização do projeto será de 10 anos, com duas safras a cada cinco anos. Além disso, o projeto pretende detalhar aspectos como a caracterização do geoambiente, os benefícios ecossistêmicos, a biodiversidade, a linha de base e os serviços ambientais, destacando fatores que qualificam e valorizam o carbono estocado, a adicionalidade do projeto e a previsão de impactos ambientais resultantes de sua implementação. Também serão abordados os co-benefícios ambientais e socioeconômicos, bem como a definição de procedimentos futuros de monitoramento e verificação, garantindo a transparência e a eficácia das ações voltadas à conservação da vegetação nativa. Fonte: Igam (2024)

Projeto desenvolvido no estado de Minas Gerais e objetivo da ação

PROJETO PRODUTOR DE ÁGUAS DE CARMO DO CAJURU/MG

O Projeto Produtor de Águas de Carmo do Cajuru/MG incentiva a recuperação das Áreas de Preservação Permanente (APPs), que desempenham um papel fundamental na infiltração da água no solo, na proteção contra a erosão e na redução da sedimentação dos cursos d'água. Além desses benefícios, a restauração das APPs também promove o sequestro de carbono, contribuindo para a redução do efeito estufa, e cria habitats para a vida selvagem. Nesse contexto, os proprietários rurais que adotam essas práticas atuam como fornecedores de Serviços Ambientais. O projeto utiliza o conceito de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), incentivando os produtores a investirem na conservação dos recursos hídricos. Como parte do programa, os participantes recebem apoio técnico e financeiro para a implementação de práticas conservacionistas, como a construção de caixas secas em estradas vicinais, barraginhas, terraços e o cercamento de nascentes. Atualmente, mais de 32 propriedades já aderiram ao projeto, fortalecendo a preservação ambiental e a sustentabilidade na região.

Fonte: Igam (2024)

Das ações e projetos analisados, ficou evidenciado o esforço do estado, por meio das entidades responsáveis, para mapear e identificar áreas prioritárias para receber ações de PSA no estado de Minas Gerais. Também foi observado que a ideia dos gestores é manter o pagamento pelo maior tempo possível para que as ações possam gerar mais resultados e até servir de modelo para futuras iniciativas.

De acordo com Melo e González (2017), os instrumentos coercitivos de comando e controle existentes no país, como o Código Florestal, não têm sido eficientes para garantir o cumprimento da função social e ambiental da terra. Por conta dessa falha, os PSA se justificariam, do ponto de vista dos governos, como uma estratégia inovadora para superar esse problema (Melo e González, 2017). Foletto e Leite (2011) comparam o PSA com outras políticas ambientais, como o licenciamento ou a cobrança de taxas sobre quem polui ou degrada, e concluem que o PSA vai na contramão das práticas punitivas ao incentivar, financeiramente, que os agricultores adotem práticas mais sustentáveis (Foletto e Leite, 2011).

CONCLUSÃO

O PSA é um instrumento de desenvolvimento social, ambiental, econômico e cultural das populações em áreas rurais e urbanas, assim como dos produtores rurais. Destaca-se a complementaridade do pagamento por serviços ambientais em relação aos instrumentos de comando e controle relacionados à conservação do meio ambiente, o que foi reconhecido com a criação da Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) - Lei Federal nº 14.119/2021.

O estado de Minas Gerais apresenta casos de projetos exitosos que comprovam a eficácia do PSA como um instrumento capaz de viabilizar a gestão ambiental em áreas privadas. A proposta de PSA que vem sendo desenvolvida no estado integra a iniciativa privada à gestão e conservação dos recursos naturais pelo Estado, viabilizando que outras ações, além do produtor de águas, sejam implementadas para a gestão ambiental tanto nas propriedades rurais quanto nas áreas urbanas.

É possível observar que a proposta de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) implementada no estado de Minas Gerais tem promovido a colaboração da iniciativa privada com órgãos de gestão em prol da recuperação e conservação dos recursos naturais. Essa proposta tem viabilizado ainda a execução de ações complementares voltadas para a preservação da água, tanto em propriedades rurais quanto em áreas urbanas.

Os projetos implementados destacam a relevância do empenho do Estado de Minas Gerais. O Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) tem atuado como uma ferramenta de incentivo à gestão colaborativa do meio ambiente, servindo como exemplo para outros estados que desejam utilizar essa abordagem para promover a conservação dos recursos naturais e a promoção da sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA – ANA. **Boas práticas e modernas tecnologias em irrigação**. Brasília: ANA, 2008.

BRASIL. **Lei nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021**. Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 13 jan. 2021. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2021-2024/2021/Lei/L14119.htm. Acesso em: 28 mar. 2025.

CHIODI, R. E.; SARCINELLE, O.; UEZU, A. **Gestão dos recursos hídricos na área do Sistema Produtor de Água Cantareira: um olhar para o contexto rural**. Revista Ambiente & Água, v. 8, n. 3, Taubaté, set./dez. 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/D8mkFD5JSCYjckRjtfxbTCL/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 8. set. 2024.

CÓRCOLES, J. I.; FRIZZONE, J. A.; LIMA, S. C. R. V.; MATEOS, L.; NEALE, C. M. U.; SNYDER, R. L.; SOUSA, F. **Irrigation advisory service and performance indicators in Baixo Acaraú Irrigation District, Brazil**. Irrigation and Drainage, v. 65, n. 1, p. 61-72, 2016.

ESTADO DE MINAS GERAIS. Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais. **PL nº 4.041, de 05 de novembro de 2022.** Institui a Política Estadual de Serviços Ambientais, cria o Programa Estadual de Pagamento por Serviços Ambientais e dá outras providências. Diário Oficial do Estado de Minas Gerais, Diário do Legislativo, 05 de novembro de 2022. Disponível em: <https://diariolegislativo.almg.gov.br/2022/L20221105.pdf#page=2>. Acesso em: 10. set. 2024.

LIMA, S. C. R. V. Escassez hídrica e o desenvolvimento econômico no setor agropecuário. In: PAOLINELLI, A.; NETO, D. D.; MANTOVANI, E. C. (Org.). **Diferentes abordagens sobre agricultura irrigada no Brasil:** história, política pública, economia e recurso hídrico [recurso eletrônico]. Piracicaba: ESALQ - USP, 2021. Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/biblioteca/pdf/livro-1-agricultura-irrigada.pdf>. Acesso em: 10. set. 2024.

MELO, T. G.; GONZALEZ, D. Catherin Mercado. **Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) e práticas de agricultura sustentável: contribuições da Análise do Comportamento.** Est. Inter. Psicol., Londrina, v. 8, n. 2, p. 20-42, dez. 2017. Disponível em http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2236-64072017000200003&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 25. Mar. 2025.

MUNICÍPIO DE COQUEIRAL. Câmara Municipal de Coqueiral. **Lei nº 2.482, de 09 de dezembro de 2019.** Dispõe sobre o incentivo à coleta de material reciclável e dá outras providências. Diário Oficial do Município: 09/12/19. Disponível em: <https://www.coqueiral.mg.gov.br/publicos/c719ecf385c1e36f4cc374e8095b28db.pdf>. Acesso em: 02/04/2025.

MUNICÍPIO DE COQUEIRAL. Câmara Municipal de Coqueiral. **Lei nº 2.718, de 05 de abril de 2022.** Readéqua a lei municipal nº 2.482/2019, de 09 de dezembro de 2019, que dispõe sobre o incentivo à coleta de material reciclável e dá outras providências. Diário Oficial do Município: 05/04/22. Disponível em <https://www.coqueiral.mg.gov.br/publicos/a8aa672e2eb2698089a95fcc3b157ff9.pdf>. Acesso em: 02/04/2025.

MUNICÍPIO DE EXTREMA. **Lei nº 2.100, de 21 de dezembro de 2005.** Cria o Projeto Conservador das Águas, autoriza o executivo a prestar apoio financeiro aos proprietários rurais e dá outras providências. Diário Oficial, 21/12/05. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/mg/e/extrema/lei-ordinaria/2005/210/2100/lei-ordinaria-n-2100-2005-cria-o-projeto-conservador-das-aguas-autoriza-o-executivo-a-prestar-apoio-financeiro-aos-proprietarios-rurais-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 02/04/2025.

MUNICÍPIO DE IGARAPÉ. Câmara Municipal de Igarapé. **Lei nº 1.672, de 14 de outubro de 2014.** Cria o Projeto Guardião dos Igarapés, autoriza o Executivo a prestar apoio financeiro aos proprietários rurais e dá outras providências. Diário Oficial do Município: 14/10/14. Disponível em https://www.cmigarape.mg.gov.br/arquivo/legislacao/lei-ordinaria_1672_2014. Acesso em: 02/04/2025.

MUNICÍPIO DE IGARAPÉ. Câmara Municipal de Igarapé. **Lei nº 1.672, de 14 de outubro de 2014.** Cria o Projeto Guardião dos Igarapés, autoriza o Executivo a prestar apoio financeiro aos proprietários rurais e dá outras providências. Diário Oficial do Município: 14/10/14. Disponível em https://www.cmigarape.mg.gov.br/arquivo/legislacao/lei-ordinaria_1672_2014. Acesso em: 02/04/2025.

MUNICÍPIO DE PARÁ DE MINAS. Câmara Municipal de Pará de Minas. **Lei nº 6.675, de 06 de dezembro de 2021.** Promove a implantação do "Programa Municipal Para Conservação Dos Recursos Hídricos" e autoriza o Poder Executivo a prestar apoio financeiro aos proprietários rurais que delimita e dá outras providências. Diário Oficial do Município: 06/12/11. Disponível em <https://leismunicipais.com.br/a/mg/p/para-de-minas/lei-ordinaria/2021/668/6675/lei-ordinaria-n-6675-2021-promove-a-implantacao-do-programa-municipal-para-conservacao-dos-recursos-hidricos-e-autoriza-o-poder-executivo-a-prestar-apoio-financeiro-aos-proprietarios-rurais-que-delimita-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 02/04/2025.

MUNICÍPIO DE RIO FORMIGA. Câmara Municipal de Formiga. **Lei nº 5.082, de 11 de janeiro de 2016**. Dispõe sobre a criação do “Programa Vida Nova Rio Formiga” e autoriza o Poder Executivo Municipal a prestar aporte técnico e financeiro a proprietários rurais, nos moldes especificados e dá outras providências. Diário Oficial do Município, 11/01/16. Disponível em: <https://www.camaraformiga.mg.gov.br/wp-content/uploads/2018/07/LEI-N%C2%BA-5082.docx>. Acesso em: 02/04/2025.

MUNICÍPIO DE RIO FORMIGA. Câmara Municipal de Formiga. **Decreto Municipal nº 7.122, de 18 de agosto de 2017**. Disponível em: <https://www.camaraformiga.mg.gov.br/vereador-apoia-projeto-vida-nova-rio-formiga/>. Acesso em: 02/04/2025.

SEMA - IGAM. **Igam fortalece Programa Produtor de Água em parceria com a ANA**, 2023. Disponível em: <https://www.agenciaminas.mg.gov.br/noticia/igam-fortalece-programa-produtor-de-agua-em-parceria-com-a-ana>. Acesso em: 8/09/2024.

SOUZA, L. K. Pesquisa com análise qualitativa de dados: conhecendo a Análise Temática. Arquivos Brasileiros de Psicologia; Rio de Janeiro, 71 (2): 51-67 Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/245380> Acessado em: 10/08/2024

MACROALGAS MARINHAS DE BARRA DE SÃO JOÃO (CASIMIRO DE ABREU): CONTRIBUIÇÃO PARA O CONHECIMENTO DA DIVERSIDADE BENTÔNICA DOS COSTÕES ROCHOSOS DA BAIXADA LITORÂNEA

Gabriela Oliveira de Almeida
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Renan Monte de Oliveira
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Bruna de Souza Vitti
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

William de Souza Costa
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Lísia Mônica de Souza Gestinari
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

RESUMO

Este levantamento da flora marinha presente nos costões rochosos da Prainha de Barra de São João tem como objetivo contribuir para a conservação e o uso sustentável dos recursos vegetais marinhos. Foram realizadas coletas de material algáceo na Prainha da Barra de São João durante três anos (2021-2023). A identificação taxonômica dos espécimes encontrados foi feita em estereomicroscópio e microscópio óptico, analisando a morfologia externa e interna dos organismos. Após identificação, as algas foram preservadas na forma de exsicatas, na coleção botânica do Herbário Dra. Tatiana U. P. Konno (NUPEM/UFRJ). Foram identificados 53 táxons na região de estudo, sendo distribuídos em Chlorophyta (Ulvophyceae - 19%), Ochrophyta (Phaeophyceae - 15%) e Rhodophyta (Rhodophyceae - 66%). Dentre os táxons encontrados, 46 são citações novas para a Prainha de Barra de São João. A presente pesquisa traz o primeiro registro da espécie *Gayralia brasiliensis* na baixada litorânea do estado do Rio de Janeiro. Alinhando-se ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 14 - Vida na Água, a lista de espécies construída neste trabalho amplia o conhecimento da ficoflora local, fornecendo subsídios para futuras ações de conservação.

Palavras-chave: biodiversidade; conservação; *Chlorophyta*; *Ochrophyta*; *Rhodophyta*; taxonomia.

INTRODUÇÃO

As macroalgas compreendem um grande e diverso grupo de organismos aquáticos fotossintetizantes que utilizam nutrientes e energia luminosa para produzir biomassa (Marinho-Soriano; Carneiro, 2021). Essa característica as torna essenciais para a ecologia dos costões rochosos, dado que são capazes de disponibilizar energia para diversos elos da teia trófica (Almeida, 2008). As macroalgas também servem como abrigo, local de desova e berçário para diversos organismos (Coutinho; Zalmon, 2009), além de substrato para a fixação de outras algas epífitas (Nunes, 2010).

No Brasil existem cerca de 870 espécies de macroalgas marinhas bentônicas descritas (Flora e Funga do Brasil, 2022). No estado do Rio de Janeiro, encontramos diversos estudos sobre a flora marinha, que ajudam a compreender a diversidade de macroalgas e seu papel nos costões rochosos. Estes trabalhos abrangem um espaço que vai desde a região Sul Fluminense (Falcão *et al.*, 1992; Gestinari; Nassar; Arantes, 1998; Brito; Széchy; Cassano, 2002) até municípios da Baixada Litorânea, Região de Cabo Frio e norte do estado (Széchy; Cordeiro-Marino, 1991; Yoneshigue, 1985).

O distrito de Barra de São João, pertencente ao município de Casimiro de Abreu, é uma das localidades que faz parte da baixada litorânea do estado do Rio de Janeiro (Széchy, 1986) e compreende áreas como a Ilha de Trinta Réis, a Praia Grande e a Prainha. A região apresenta dois costões rochosos, utilizados por diversos organismos bentônicos como substrato de fixação. É interessante destacar que um dos costões rochosos está situado fisicamente na foz do rio São João, o que o caracteriza como um costão rochoso estuarino (Chapman; Underwood, 2016). Este tipo de costão rochoso encontra-se sob as mesmas influências abióticas dos costões marinhos, mas com o aumento da amplitude de variações de salinidade e com diminuição da ação das ondas na parte mais estuarina (Chapman; Underwood, 2016).

Apesar de haver relatos da biodiversidade de organismos na bacia do rio São João (Brito; De Carvalho, 1978; Almeida-Gomes *et al.*, 2008), o único trabalho sobre macroalgas bentônicas neste distrito foi feito por Széchy em 1986, considerando apenas as algas feófitas da parte marinha do costão. Não foram encontrados estudos sobre as macroalgas marinhas bentônicas rodófitas ou

clorofíceas presentes neste distrito, tampouco as macroalgas que habitam a região de influência estuarina. Devido à escassez de dados sobre as macroalgas bentônicas dos costões rochosos de Barra de São João e à importância de conhecer para preservar, o objetivo geral do estudo foi inventariar as espécies que ali habitam.

MÉTODOS

Área de estudo

A Prainha de Barra de São João, Casimiro de Abreu (RJ), encontra-se na foz do rio São João, sendo banhada tanto pelas águas do mar quanto por águas fluviais (Figura 1). A Prainha é delimitada por dois costões rochosos: O primeiro (1) está na zona de encontro entre as águas do rio São João e do Oceano Atlântico ($22^{\circ}35'55''\text{S}$ e $41^{\circ}59'27''\text{W}$); o segundo (2) é mais afastado da foz, separando a Prainha da Praia Grande ($22^{\circ}35'54''\text{S}$ e $41^{\circ}59'22''\text{W}$).

Figura 1 - Área de coleta na Prainha de Barra de São João, com a distribuição dos pontos de coleta.



Fonte: Imagem recente da localidade - modificada a partir de visualização do Google Earth (2024).

De maneira a contemplar diferentes variáveis ambientais na área de estudo, foram realizadas coletas em cinco regiões da Prainha de Barra de São João, sendo: o ponto A marcado pela proteção das ondas do mar e em contato direto com as águas do rio São João; os pontos B e C sob ação direta das

ondas e com menor influência das águas fluviais; o ponto E localizado na zona intermediária de influência tanto do mar quanto do rio, havendo momentos de maior ou menor influência das ondas. O ponto D não tem conexão direta com os costões rochosos da prainha, sendo um afloramento rochoso independente, situado mais distante do mar.

Coleta, triagem e identificação das macroalgas

As coletas das macroalgas foram realizadas entre os anos de 2021 e 2023 (08/2021, 08/2022, 03/2023, 09/2023 e 09/2023 (Parte 2)), com o auxílio de espátulas, em horário de maré baixa, a fim de facilitar o acesso aos exemplares. Os organismos manualmente coletados foram cuidadosamente retirados do substrato, acondicionados em sacos plásticos com água do mar, sendo todos devidamente identificados, conforme metodologia ficológica (Nunes, 2010), e transportados para o Instituto de Biodiversidade e Sustentabilidade (NUPEM/UFRJ).

No Laboratório Integrado de Biologia Marinha (LIBMar - NUPEM/UFRJ), com o auxílio de uma bandeja contendo água do mar, os espécimes foram devidamente triados e, com uma pinça, foi removida toda a fauna, bem como resíduos associados ao material algáceo. As amostras foram separadas por grupos morfológicos e por ponto de coleta, e armazenadas em congelador. Quando havia material suficiente, uma parte das amostras foi armazenada em álcool 70% e/ou congelada para posterior extração de DNA e identificação molecular.

A identificação dos espécimes, baseada em caracteres morfológicos, foi feita com o auxílio de estereomicroscópio (Nikon) e microscópio óptico (Nikon - Eclipse E-100). Ao estereomicroscópio, foram observadas as características gerais de cada macroalga, buscando caracteres importantes para a classificação morfológica, como: (1) altura e largura do talo; (2) sistema de fixação; (3) ramificações; (4) crescimento e organização; (5) esporângios; (6) estruturas reprodutivas femininas ou masculinas; (7) particularidades de cada grupo. Essa etapa contribuiu também para a identificação de algas epífitas (Nunes, 2010). Pequenos fragmentos de cada espécime foram analisados através de microscopia óptica de campo claro. Para isto, foram feitas lâminas semi-permanentes com Karo (glucose de milho) a 50%, compostas pelos fragmentos de alga (para vista superficial) e/ou cortes transversais, e essas lâminas foram seladas com

esmalte comercial incolor. Cada lâmina foi analisada em busca de caracteres estruturais essenciais para a classificação morfológica, como: forma de crescimento do talo; organização celular; organização de plastos; presença de pirenídes, entre outras (Nunes, 2010). A categorização morfofuncional do talo das espécies encontradas seguiu a classificação de Steneck e Watling (1982).

Após observação e coleta de informações sobre os espécimes, foi realizada a identificação através de chaves artificiais taxonômicas e de referenciais teóricos para classificação no menor nível taxonômico possível. As chaves utilizadas foram as disponíveis em Joly (1965), Cordeiro-Marino (1978), Széchy (1986) e Alves (2015), entre outras. A sinopse dos táxons identificados seguiu a revisão de Wynne (2017) ou de Guiry e Guiry (2023). Os gráficos foram feitos no programa R (v. 4.2.2), com auxílio dos pacotes VennDiagram, ggplot2, dplyr e forcats.

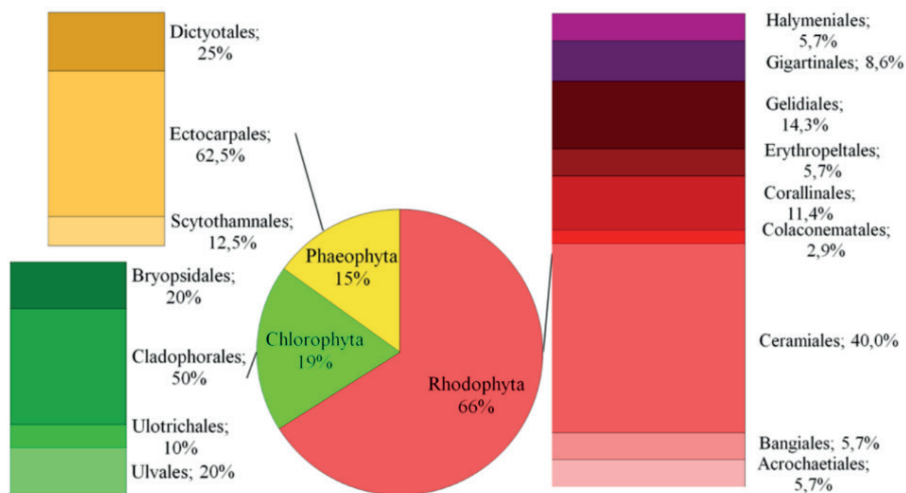
Depósito de exemplares na coleção botânica

O material identificado foi montado sob a forma de exsicatas e depositado na coleção ficológica do Herbário Tatiana Ungaretti Paleo Konno do Instituto de Biodiversidade e Sustentabilidade (NUPEM/UFRJ).

RESULTADOS

Foram identificados 53 táxons na região de estudo, sendo organismos representantes dos três principais filos de macroalgas marinhas: Chlorophyta (Ulvothyceae - 19%), Ochrophyta (Phaeophyceae - 15%) e Rhodophyta (Rhodophyceae - 66%) (Figura 2).

Figura 2 - Distribuição dos táxons identificados em Filos e Famílias, representados em porcentagem.



Fonte: Autores (2024).

Ao total, foram encontradas 23 famílias e identificadas 40 espécies. Devido à pouca quantidade de material disponível para análise, não foi possível a identificação em nível de espécie de treze organismos, sendo estes agrupados em classificação hierárquica superior.

Sinopse dos táxons registrados

CHLOROPHYTA

ULVOPHYCEAE

Bryopsidales

Bryopsidaceae

Bryopsis pennata JV Lamouroux (morfortipo "*Bryopsis plumosa*" (Hudson) C Agardh, 1823)

Caulerpaceae

Caulerpa mexicana Sonder ex Kützing, 1849

Cladophorales

Cladophoraceae

Chaetomorpha antennina (Bory) Kützing, 1847

Cladophora laetevirens (Dillwyn) Kützing, 1843

Cladophora prolifera (Roth) Kützing, 1843

Cladophora vagabunda (Linnaeus) Hoek, 1963

Rhizoclonium riparium (Roth) Harvey, 1849

Ulvales

Ulvaceae

Ulva tepida Masakiyo & S Shimada, 2014

Ulva lactuca Linnaeus, 1753

Ulotrichales

Gayraliaceae

Gayralia brasiliensis Pellizzari, MC Oliveira & NS Yokoya, 2013

RHODOPHYTA

RHODOPHYCEAE

Acrochaetiales

Acrochaetiaceae

Acrochaetium sp. 1

Acrochaetium sp. 2

Bangiales

Bangiaceae

Porphyra roseana M Howe, 1928

Neoporphyra spiralis var. *amplifolia* (EC Oliveira & Coll) MJ Wynne, 2022

Ceramiales

Callithamniaceae

Aglaothamnion felipponei (Howe) NE Aponte, DL Ballantine & JN Norris, 1994

Aglaothamnion uruguayense (WR Taylor) NE Aponte, DL Ballantine & JN Norris, 1994

Callithamnion sp.

Delesseriaceae

Caloglossa lepieurii (Montagne) G Martens, 1869

Ceramiaceae

Centroceras gasparrinii (Meneghini) Kützinger, 1849

Pseudoceramium caraibicum (HE Petersen & Børgesen) Barros-Barreto, Maggs & MA Jaramillo, 2023

Yoneshiguea compta (Børgesen) Barros-Barreto, Maggs & MA Jaramillo, 2023

Ceramium sp. 1

Rhodomelaceae

Bostrychia radicans f. *moniliformis* Post, 1936

Bryocladia cuspidata (J Agardh) De Toni, 1903

Bryocladia thyrsigera (J Agardh) F Schmitz, 1901

Herposiphonia tenella (C Agardh) Ambronn, 1880

Polysiphonia subtilissima Montagne, 1840

Rhodomelaceae sp. 1

Colaconematales

Colaconemataceae

Colaconema hypneae (Børgesen) AA Santos & CWN Moura, 2010

Corallinales

Corallinaceae

Corallinaceae sp. 1

Corallinaceae sp. 2

Pneophyllum fragile Kützinger, 1843

Lithophyllaceae

Amphiroa beauvoisii JV Lamouroux, 1816

Erythropeltales

Erythrotrichiaceae

Erythrotrichia carnea (Dillwyn) J Agardh, 1883

Sahlingia subintegra (Rosenvinge) Kornmann, 1989

Gelidiales

Gelidiaceae

Gelidium sp. 1

Gelidium sp. 2

Gelidium sp. 3

Gelidium sp. 4

Gelidium sp. 8 (Iha, 2014)

Gigartinales

Cystocloniaceae

Hypnea cervicornis J Agardh, 1851

Hypnea pseudomusciformis Nauer, Cassano & MC Oliveira, 2015

Phyllophoraceae

Gymnogongrus griffithsiae (Turner) C Martius, 1833

Halymeniales

Grateloupiaceae

Grateloupia filicina (JV Lamouroux) C Agardh, 1822

Grateloupia sp.1

OCHROPHYTA

PHAEOPHYCEAE

Dictyotales

Dictyotaceae

Dictyopteris delicatula JV Lamouroux, 1809

Padina gymnospora (Kützinger) Sonder, 1871

Ectocarpales

Acinetosporaceae

Feldmannia irregularis (Kützinger) Hamel, 1939

Feldmannia mitchelliae (Harvey) H.-S.Kim, 2010

Scytosiphonaceae

Chnoospora minima (Hering) Papenfuss, 1956

Colpomenia sinuosa (Mertens ex Roth) Derbès & Solier, 1851

Petalonia fascia (OF Müller) Kuntze, 1898

Scytothamnales

Asteronemataceae

Asteronema breviarticulatum (J Agardh) Ouriques & Bouzon, 2000

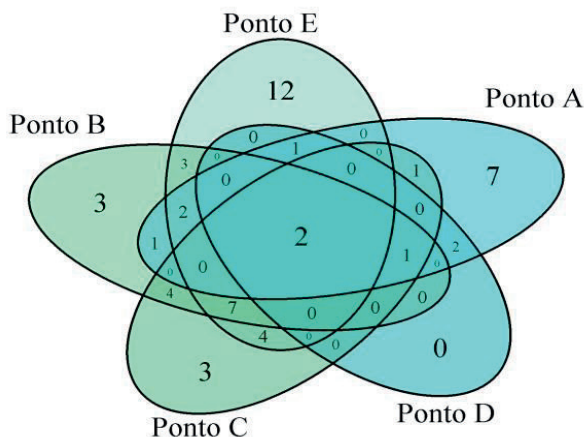
A ordem Cladophorales destacou-se entre as Chlorophyceae, apresentando cinco espécies. Nas Phaeophyceae, a ordem Ectocarpales foi a mais conspicua, também com cinco espécies. Já nas Rhodophyceae, as Ceramiales foram as mais representativas, com 14 espécies.

Distribuição dos táxons em cada ponto de coleta

Entre os pontos de coleta, o local com maior número de espécies foi o ponto E, com 31 táxons identificados (Figura 3). Para o ponto D, região mais afastada do ambiente marinho, foi observada a menor presença de macroalgas marinhas, sendo encontrados somente seis táxons. Dentre as macroalgas

identificadas, *Ulva lactuca* e *Centroceras gasparrini* foram as únicas espécies encontradas em todos os cinco pontos de coleta.

Figura 3 - Diagrama de Venn com a distribuição dos táxons em cada ponto de coleta.



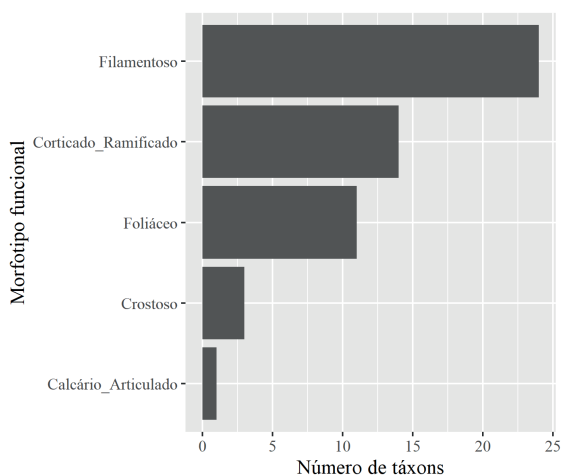
Fonte: Autores (2024).

As localidades A, B e C tiveram valores intermediários sendo, respectivamente, 17, 23 e 22 táxons registrados. Os locais com maior número de táxons exclusivos foram os pontos E e A, sendo doze e sete táxons, respectivamente. Os pontos B e C tiveram três táxons exclusivos cada; no ponto D, nenhum táxon exclusivo foi encontrado.

Quantitativo de grupos morfo-funcionais encontrados

Foram encontrados organismos de quatro grupos morfo-funcionais (Figura 4). Destes, 24 táxons foram do grupo Filamentoso (45,2%), 14 foram do grupo Corticado Ramificado (26,4%), 11 do grupo Foliáceo (20,8%), três do Crostoso (5,7%) e uma espécie do grupo Calcário Articulado (1,9%). As algas rodófitas e clorófitas foram predominantemente filamentosas, enquanto as pardas foram semelhantes entre foliáceas e filamentosas.

Figura 4 - Quantitativo de grupos morfo-funcionais encontrados na área de estudo.



Fonte: Autores (2024).

Dentre os táxons encontrados, 46 são citações novas para a Prainha de Barra de São João, e 7 espécies encontradas foram citadas pelo trabalho de Széchy (1986). A presente pesquisa traz o primeiro registro da espécie *Gayralia brasiliensis* na baixada litorânea do estado do Rio de Janeiro.

DISCUSSÃO

Os resultados neste estudo destacam a predominância do filo Rhodophyta, seguido por Chlorophyta e Ochrophyta, em conformidade com as expectativas para a flora de algas na região tropical (Yoneshigue-Valentin *et al.*, 2008). Esse padrão foi observado em diversos municípios próximos a Casimiro de Abreu, como Cabo Frio, Arraial do Cabo, Armação dos Búzios e Rio das Ostras (Yoneshigue, 1985; Széchy, 1986; Tâmega; Figueiredo, 2005, Miranda, 2016, Lima, 2017), como também em estudo mais abrangente realizado ao longo do litoral brasileiro que também corrobora essa tendência tropical (Schermer *et al.*, 2013).

O sucesso das macroalgas rodófitas pode ser atribuído às suas diversas estratégias de vida. Essas espécies demonstram adaptações para viver de forma epífita, epizóica e epilítica, conferindo-lhes uma ampla cobertura de substratos e diversidade funcional (Mendoza-González; Mateo-Cid; Galicia-García, 2011). Um exemplo disto é a ampla distribuição dessas espécies na

região de coleta A, com a maioria sendo de morfotipo funcional filamentoso, vivendo de maneira epífita ou epizóica. Das algas vermelhas identificadas no ponto A, *Caloglossa leprieurii*, *Bostrychia radicans* f. *moniliformis* e as diferentes espécies de *Gelidium* são citadas como espécies estenohalinas (Yokoya *et al.*, 2023). As espécies restantes, *Centroceras gasparrinii*, *Pseudoceramium carabicum*, *Polysiphonia subtilissima*, *Erythrotrichia carnea* e *Gymnogongrus griffithsiae*, são espécies descritas com maior distribuição no ambiente marinho. Essa distribuição de espécies estenohalinas e estritamente marinhas pode ter relação com a influência abiótica de salinidade, variando de acordo com a entrada de água marinha ou aporte de água doce no estuário.

As espécies de algas verdes, representantes de Ulvophyceae demonstraram visualmente uma maior cobertura no interior do leito estuarino em comparação com as algas vermelhas (Rhodophyceae) ou marrons (Phaeophyceae). O grupo das algas verdes compreendeu cinco espécies, sendo o gênero *Ulva* o mais proeminente nessa ocupação fora do ambiente marinho. Fatores como a ausência de substratos rígidos, variações de temperatura, alta turbidez e poluição são apontados como responsáveis pela redução do número de espécies nos estuários (Chapman, 1957; Yokoya *et al.*, 1999). Segundo Scherner e colaboradores (2013), o sucesso do gênero *Ulva* pode ser explicado pelo seu ciclo de vida mais curto e maior tolerância ao estresse.

No contexto taxonômico, identificamos 8 táxons de algas pardas neste estudo, enquanto Széchy (1986) reportou 13 táxons. Do total, somente *Petalonia fascia* foi encontrada apenas nos dados atuais. Em contraste, *Dictyopteris delicatula*, *Padina gymnospora*, *Feldmannia irregularis*, *Feldmannia mitchaelliae*, *Chnoospora minima*, *Colpomenia sinuosa* e *Asteronema breviarticulatum* permanecem constantes desde o levantamento anterior. Além disso, sete táxons foram identificados como comuns a ambos os estudos, indicando uma estabilidade relativa em suas ocorrências. Das macroalgas investigadas no levantamento de Széchy (1986), seis táxons não foram coletados, sendo eles: *Dictyota ciliolata*, *Acinetospora crinita*, *Levringia brasiliensis*, *Bachelotia antillarum*, *Sargassum cymosum* var. *nanum* e *Ralfsia expansa*. Essa disparidade pode ser atribuída a diversos fatores: 1) a variação nos períodos de coleta; 2) os locais específicos onde foram realizadas as raspagens de material algáceo (devido a questões ambientais, como o batimento forte de ondas, não foi possível realizar raspagens

na franja da região infralitoral, mesmo em dias de maré negativa); 3) a ocorrência de modificações na flora local devido às ações antrópicas.

Em estudos anteriores realizados na Área de Cabo Frio (Yoneshigue, 1985, Széchy, 1986; Amado Filho, 1991; Guimarães; Coutinho, 1996; Brasileiro *et al.*, 2009), o município de Casimiro de Abreu foi o local com menor diversidade de macroalgas, em comparação com os outros municípios analisados. Essa baixa riqueza taxonômica é destacada como possível consequência da limitada amostragem realizada no local e, também, da abordagem restrita adotada no trabalho anterior, realizado por Széchy (1986). Os dados atuais colocam Casimiro de Abreu à frente de outros municípios da região, como: Araruama (14 táxons), Iguaba Grande (7 táxons) e São Pedro da Aldeia (22 táxons), aproximando-se de cidades como Rio das Ostras, que apresenta 68 táxons. É crucial ressaltar que, no levantamento apresentado neste estudo, a flora algácea de Barra de São João revela exemplares não previamente mencionados para a Região de Cabo Frio (Brasileiro *et al.*, 2009). Este é o caso de espécies como *Cladophora laetevirens*, *Gayralia brasiliensis*, *Sahlingia subintegra*, *Hypnea cervicornis* e *Porphyra roseana*, que contribuem para a diversificação do conhecimento sobre a flora algal da região.

Essa expansão no registro de espécies não apenas destaca a riqueza da biodiversidade em Casimiro de Abreu, mas também enriquece a compreensão da diversidade algal na região do norte do estado, incluindo formas de vida que anteriormente não haviam sido documentadas. Esse avanço no conhecimento ressalta a importância contínua de estudos detalhados para melhor compreender e conservar a diversidade biológica em ambientes costeiros.

A espécie *Gayralia brasiliensis* foi relatada para a região metropolitana e litoral sul do Rio de Janeiro, na Ilha Grande e cidade do Rio de Janeiro (Pellizzari *et al.*, 2013), sendo este o primeiro registro da espécie para a região da Baixada Litorânea e para a região norte do estado. Os exemplares analisados foram coletados na região amostral intermediária entre o mar e as águas do rio São João, e concordam em morfologia externa e interna com os dados relatados por Pellizzari e colaboradores (2013) ao descrever a espécie. Essa espécie tem potencial econômico gastronômico devido ao seu talo monostromático, o que a torna mais facilmente palatável na alimentação, tal como ocorre com os organismos do tipo *nori* (*Porphyra/Pyropia/Neoporphyra*) e tem um potencial

oriundo de sua diversidade química reconhecida (Yokoya *et al.*, 2023). Por outro lado, os exemplares de *Cladophora laetevirens*, *Sahlingia subintegra*, *Hypnea cervicornis* e *Porphyra roseana*, apesar de não serem encontrados na flora dos municípios que compõem a Região de Cabo Frio, foram identificados nos costões rochosos da cidade de Macaé, na região Norte Fluminense (Yoneshigue-Valentin *et al.*, 2008), que ficam relativamente próximos da região de estudo, mostrando similaridade entre a ficroflora das respectivas localidades.

Das espécies encontradas, é reconhecido que os gêneros *Hypnea*, *Porphyra* e *Gelidium* apresentam valor econômico potencial associado, uma vez que são organismos capazes de serem consumidos como alimento ou produzir ficolóides de importância alimentícia e farmacêutica (Oliveira; Berchez, 1987; Venkatraman; Mehta, 2019). Na região nordeste do Brasil, a maricultura de macroalgas tem sido incentivada como uma alternativa para o uso racional dos recursos algáceos (Carvalho Filho, 2004; Miranda; Bezerra; Teixeira, 2004) e, também, como fonte de renda para a população local. Além destas, pesquisas já destacaram a capacidade de *Caulerpa mexicana*, *Chaetomorpha antennina*, *Cladophora prolifera*, *Ulva lactuca*, *Colpomenia sinuosa*, *Chnoospora minima*, *Dictyopteris delicatula*, *Padina gymnospora*, *Aglaothamnion uruguayense*, *Bostrychia radicans*, *Gymnogongrus griffithsiae*, *Hypnea pseudomusciformis* e *Hypnea cervicornis* como produtores de compostos bioativos de interesse médico (Fernandes; De Oliveira; Yoneshigue, 2014). Trazendo essa estrutura de pensamento para o local desta pesquisa, fica evidente o quanto o reconhecimento da flora ficológica regional é essencial para a exploração sustentável da área, que atualmente é usada como local de recreação e pesca pelos moradores e turistas.

A flora algácea pode também indicar quais os caminhos mais eficazes para o manejo e preservação da região, tendo em vista que a presença ou ausência de organismos característicos poderá indicar mudanças ambientais. A presença dos gêneros *Gelidium*, *Gymnogongrus*, *Ulva*, *Centroceras* e *Amphiroa*, entre outros, é característica de ambientes moderadamente impactados (Gorostiaga; Díez, 1996; Souza; De Jesus; Machado; De Azeredo Muniz, 2014). Espécies destes grupos podem auxiliar o entendimento da saúde do ecossistema, e colaborar com o monitoramento a longo prazo da região. Além disso, a existência de táxons exclusivos para quase todos os pontos amostrados, em especial nos pontos E e A, reflete uma necessidade de pensar estratégias abrangentes para

a conservação local, uma vez que as espécies que ocorrem na região marinha não são exatamente as mesmas da região salobra. Muitas espécies mostraram capacidade de viver aderidas além das rochas do costão, estando fixadas em cracas, bivalves e até mesmo na corda de juta que delimita o espaço de banhistas na área. Isso demonstra a alta competitividade desses organismos.

CONCLUSÃO

Como primeiro estudo abrangente de identificação taxonômica morfológica de macroalgas marinhas na área, os resultados representam uma conquista significativa, ampliando o conhecimento ambiental já existente do local e estabelecendo a possibilidade de um monitoramento a longo prazo da Prainha de Barra de São João. A lista de espécies construída ao longo deste trabalho, pode auxiliar no reconhecimento de eventuais alterações florísticas na região, em um contexto em que a influência do uso do local e as perturbações resultantes das mudanças climáticas globais estão se tornando cada vez mais proeminentes. Os resultados deste trabalho, alinhados ao ODS14 - vida na água, poderão, ainda, fomentar pesquisas de ecologia, conservação e biotecnologia das macroalgas identificadas. Mesmo assim, o número observado de espécies neste trabalho ainda não é uma representação completa da diversidade macroficológica da Prainha de Barra de São João, sendo necessárias mais amostragens para a plena compreensão da flora local.

Agradecimentos: Almeida, G.O agrade à Bolsa PIBIC-UFRJ. Os autores agradecem à infraestrutura do Laboratório Integrado de Biologia Marinha (LIBMar - NUPEM/UFRJ) pelas facilidades oferecidas para o desenvolvimento deste estudo.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, V. F. **Importância dos Costões rochosos nos ecossistemas costeiros.** Cadernos de Ecologia Aquática, v. 3, n. 2. p. 19-32, 2008.
- AMADO FILHO, G. M. **Algas marinhas bentônicas do Litoral de Saquarema a Itacoatiara (RJ).** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 1991.

- BRASILEIRO, P. S. *et al.* **Algas marinhas bentônicas da região de Cabo Frio e arredores: síntese do conhecimento.** Rodriguésia, v. 60, p. 39-66, 2009.
- BRITO, I. A. M.; DE CARVALHO, M. G. P. **Distribuição de invertebrados marinhos na planície costeira do rio São João, estado do Rio de Janeiro.** Anuário do Instituto de Geociências, v. 2, p. 56-70, 1978.
- BRITO, L. V. R.; SZÉCHY, M. T. M.; CASSANO, V. **Levantamento taxonômico das macroalgas da zona das marés de costões rochosos adjacentes ao Terminal Marítimo Almirante Maximiano Fonseca, Baía da Ilha Grande, RJ.** Atlântica, v. 24, n. 1, p. 17-26, 2002.
- CARVALHO FILHO, J. **Algas uma alternativa para as comunidades costeiras.** Panorama da Aquicultura, v. 14, n. 84, p. 53-56, 2004.
- CHAPMAN, M. G.; UNDERWOOD, A. J. **Rocky Intertidal Shores.** In: Kennish, M. J. (ed) **Encyclopedia of Estuaries.** Encyclopedia of Earth Sciences Series. Springer, Dordrecht, 2016.
- CHAPMAN, V. J. **Marine algal ecology.** The Botanical Review, v. 23, n. 5, p. 320-350, 1957.
- COUTINHO, R.; ZALMON, I. R. **Bentos de costões rochosos.** Biologia Marinha, v. 2, p. 281-297, 2009.
- DE JESUS, P. B.; MACHADO, G. E. M.; DE AZEREDO MUNIZ, R. **Macroalgas marinhas como indicadores de impactos ambientais em Itacoatiara, Niterói, RJ: subsídios para futuros programas de monitoramento ambiental.** Caderno de Estudos Geoambientais-CADEGEO, v. 4, n. 1, 2014.
- FALCÃO, C. *et al.* **Benthic marine flora of the northeastern and southeastern coast of Ilha Grande, Rio de Janeiro, Brazil: phytogeographic considerations.** Botanica Marina, v. 35, n.5, p. 357-364, 1992.
- FERNANDES, D. R. P.; DE OLIVEIRA, V. P.; VALENTIN, Y. Y. **Seaweed biotechnology in Brazil: six decades of studies on natural products and their antibiotic and other biological activities.** Journal of Applied Phycology, v. 26, n. 5, p. 1923-1937, 2014.
- FLORA E FUNGA BRASIL. **Algas.** Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB128463>. Acesso em: 08 set. 2022.
- GESTINARI, L. M. S.; NASSAR, C. A. G.; ARANTES, P. V. S.. **Algas marinhas bentônicas da Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul, Ilha Grande, Angra dos Reis, Rio de Janeiro, Brasil.** Acta Botanica Brasilica, v. 12, p. 67-76, 1998.
- GOROSTIAGA, J. M.; DÍEZ, I. **Changes in the sublittoral benthic marine macroalgae in the polluted area of Abra de Bilbao and proximal coast (Northern Spain).** Marine Ecology Progress Series, v. 130, p. 157-167, 1996.
- GUIMARÃENS, M. A.; COUTINHO, R. **Spatial and temporal variation of benthic marine algae at the Cabo Frio upwelling region, Rio de Janeiro, Brazil.** Aquatic Botany, v. 52, n. 4, p. 283-299, 1996.
- LIMA, G.P. **Monumento natural dos costões rochosos, macroalgas e sociedade: associações entre atores humanos e não-humanos.** 2017. Dissertação (Mestrado) — Portal de Dados Abertos da CAPES, p. 104.
- MARINHO-SORIANO, E.; CARNEIRO, A. A. M. **Macroalgas marinhas: biologia, ecologia e importância econômica.** Cap. 4 (90-119). In: VIEIRA, D. L. *et al.* (ed). Ciências do mar: dos oceanos do mundo ao nordeste do Brasil: bioecologia, pesca e aquicultura. 1. ed. - Olinda, PE: Via Design Publicações, 2021.
- MENDOZA-GONZÁLEZ, A. C.; MATEO-CID, L. E.; GALICIA-GARCÍA, C. **Integración florística de las algas marinas de la costa sur de Jalisco, México.** Revista Mexicana de Biodiversidad, v. 82, n. 1, p. 19-49, 2011.

MIRANDA, G. E. C.; BEZERRA, C. A. B.; TEIXEIRA, D. I. A. **Cultivo de algas marinhas**. Noções básicas. Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Abastecimento-FAO, 2004.

MIRANDA, L. G. **Avaliação dos impactos da urbanização sobre as comunidades de macroalgas marinhas bentônicas em três costões rochosos da região do Norte Fluminense-RJ, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Conservação). Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016.

NUNES, J. M. C. **Metodologia de Trabalho: Taxonomia Morfológica**. In: PEDRINI, A. G. (ed). Macroalgas: Uma Introdução à Taxonomia. Série Flora Marinha do Brasil, vol 1, 1a ed. Technical Books Editora, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2010.

OLIVEIRA, E. C.; BERCHEZ, F. A. S. **Ensayos sobre el cultivo del alga roja *Hypnea musciformis* (Rhodophyta, Gigartinales) en São Paulo, Brasil**. Procedimientos del trabajo sobre acuicultura en America Latina. Wageningen: International Foundation for Science, p. 399-409, 1987.

OLIVEIRA, F. L.; MELLO, E. F. **A mineração de areia e os impactos ambientais na bacia do rio São João, RJ**. Revista Brasileira de Geociências, v. 37, n. 2, p. 374-389, 2016.

PELLIZZARI, F.; OLIVEIRA, M. C.; DA SILVA MEDEIROS, A.; YOKOYA, N. S.; OLIVEIRA, E. C. **Morphology, ontogeny, and phylogenetic position of *Gayralia brasiliensis* sp. nov. (Ulotrichales, Chlorophyta) from the southern coast of Brazil**. Botanica Marina, v. 56, n. 2, p. 197-205, 2013.

SCHERNER, F.; HORTA, P. A.; DE OLIVEIRA, E. C.; SIMONASSI, J. C.; HALL-SPENCER, J. M.; CHOW, F.; NUNES, J. M. C.; PEREIRA, S. M. B. **Coastal urbanization leads to remarkable seaweed species loss and community shifts along the SW Atlantic**. Marine Pollution Bulletin, v. 76, n. 1-2, p. 106-115, 2013.

STENECK, R. S.; WATLING, L. **Feeding capabilities and limitation of herbivorous molluscs: a functional group approach**. Marine Biology, v. 68, p. 299-319, 1982.

SZÉCHY, M. T. M. **Feóíceas do litoral norte do Estado do Rio de Janeiro, Brasil**. Hoehnea 18:205-241, 1991.

SZÉCHY, M. T. M. **Feóíceas do litoral norte do estado do Rio de Janeiro, Brasil**. 366 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1986.

TAMEGA, F. T. S.; FIGUEIREDO, M. A. O. **Distribuição das algas calcárias incrustantes (Corallinales, Rhodophyta) em diferentes habitats na Praia do Forno, Armação dos Búzios, Rio de Janeiro**. Rodriguésia, v. 56, n. 8 p. 123-132, 2005.

VENKATRAMAN, K. L.; MEHTA, A. **Health benefits and pharmacological effects of *Porphyra* species**. Plant Foods for Human Nutrition, v. 74, p. 10-17, 2019.

YOKOYA, N. S. *et al.* **Mangrove Macroalgal Communities**. In: SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; ABUCHAHLA, G. M. O.; CINTRÓN-MOLERO, G. (eds). Brazilian Mangroves and Salt Marshes. Cham: Springer International Publishing, p. 131-154, 2023.

YOKOYA, N. S. *et al.* **Temporal and spatial variations in the structure of macroalgal communities associated with mangrove trees of Ilha do Cardoso, São Paulo state, Brazil**. Brazilian Journal of Botany, São Paulo, V.22, n.2, p.195-204, 1999.

YONESHIGUE, Y. **Taxonomie et ecologie des algues marines dans la region de Cabo Frio (Rio de Janeiro, Bresil)**. Thèse Docteur d'État-Sciences. Université d'Aix Marseille II, 466p, 1985.

YONESHIGUE-VALENTIN, Y. *et al.* **Contribuição ao conhecimento e preservação das algas multicelulares bentônicas do Costão dos Cavaleiros-Macaé, estado do Rio de Janeiro**. Iheringia, Série Botânica., v. 63, n. 1, p. 129-134, 2008.

REALIDAD AUMENTADA Y EDUCACIÓN AMBIENTAL

Moises Mori-Huaman

Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú (UNTRM)

Sally Patricia Chapa-Grandez

Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú (UNTRM)

Liz Emperatriz Velásquez-Mauricio

Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú (UNTRM)

Yesica Rojas-Bravo

Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú (UNTRM)

Harver Aldrick Luna-Maicelo

Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú (UNTRM)

Leif Armando Portal-Cahuana

Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú (UNTRM)

RESUMO

Este capítulo explora el potencial de la Realidad Aumentada (RA) como herramienta pedagógica transformadora para la educación ambiental, con énfasis en contextos biodiversos como el departamento de Amazonas (Perú). La RA, al superponer información virtual en entornos reales, no solo mejora la comprensión de problemas ecológicos abstractos como la deforestación o el cambio climático, sino que fortalece la conexión emocional con la naturaleza mediante experiencias inmersivas. Su aplicación en comunidades indígenas y rurales demuestra su capacidad para preservar saberes ancestrales y promover economías sostenibles, siempre que se diseñe con participación local y enfoque intercultural. En Amazonas, la RA podría integrarse en plataformas de ciencia ciudadana como monitoreo de especies con apps como iNaturalist adaptadas a lenguas awajún y wampis y en sistemas de alerta temprana para la conservación, combinando datos científicos con conocimientos tradicionales. Las fortalezas de la RA incluyen su capacidad para visualizar impactos ambientales en tiempo real, reducir brechas cognitivas y fomentar comportamientos proambientales. Sin embargo, su éxito depende de superar desafíos como el acceso tecnológico en zonas remotas y garantizar una implementación ética y decolonial, evitando la apropiación cultural. Las oportunidades radican en su uso para empoderar a comunidades como guardianes de su territorio, vinculando educación, tecnología y acción colectiva hacia los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Este capítulo propone un marco conceptual para aplicar la RA en Amazonas, destacando casos globales y lecciones aprendidas que equilibran innovación con pertinencia cultural y ambiental, que de forma integral aportan a la conservación de la biodiversidad como estrategias para proteger el planeta.

Palavras-chave: Amazonia; Desarrollo Sostenible; Interculturalidad; Conservación Biocultural; Participación Comunitaria; Tecnología Inmersiva.

REALIDAD AUMENTADA COMO HERRAMIENTA PEDAGÓGICA PARA LA EDUCACIÓN AMBIENTAL

La Realidad Aumentada (RA) es una tecnología que integra elementos virtuales en el entorno físico Lavoye *et al.* (2021), potenciando la interacción y la percepción del usuario mediante experiencias inmersivas Rauschnabel *et al.* (2024), con aplicaciones pedagógicas que pueden transformar la educación ambiental al facilitar la visualización de conceptos abstractos, como la huella de carbono o la biodiversidad (Abu *et al.*, 2025). Este capítulo explora los fundamentos técnicos y pedagógicos de la RA, analiza experiencias globales exitosas y evalúa su potencial en el departamento de Amazonas (Perú), región de alta diversidad biológica y vulnerabilidad socioambiental. El objetivo general es demostrar cómo la RA, como herramienta educativa, puede fortalecer la conciencia ambiental, cerrar brechas cognitivas y co-diseñar soluciones con comunidades locales para conservar ecosistemas críticos, integrando saberes ancestrales y tecnología. Se abordarán sus bases técnicas, casos de estudio y oportunidades de implementación en contextos rurales, culminando en análisis de propuestas para políticas públicas rurales que articulen innovación, interculturalidad y sostenibilidad.

Fundamentos técnicos y pedagógicos de la realidad aumentada

La RA se refiere a un conjunto de tecnologías que superponen elementos virtuales en el entorno real del usuario según Lavoye; Mero y Tarkiainen (2021), aumentando así la autoproximidad, es decir, la percepción de que la propia autorrepresentación está cerca de uno mismo en lugar de otra persona debido a sus propiedades que promueven la autoproximidad (Rauschnabel *et al.*, 2024). La RA proporciona una experiencia interactiva basada en elementos en un entorno real, que permite experimentar el mundo real con imágenes o datos virtuales adicionales (Berman; Pollack, 2021). La RA superpone objetos generados por computadora con el entorno natural y permite interacciones en tiempo real (Brannon *et al.*, 2021). La RA puede utilizarse para promover valores ambientales, mejorando el conocimiento y la preocupación por el medio ambiente (Abu *et al.*, 2025). Los sistemas de valores ambientales promueven

cuestiones como la defensa de los servicios, la conservación de los recursos naturales, la prevención de consecuencias negativas para el medio ambiente y la preocupación por la supervivencia de las especies en el entorno natural (Brida; Rosas; Giménez, 2023).

El comportamiento proambiental implica minimizar conscientemente el daño causado al mundo natural y adoptar comportamientos respetuosos con el medio ambiente (Fennell, 2024). Esto incluye comportamientos como reducir el consumo de energía y agua, utilizar modos de transporte ecológicos y minimizar la producción de residuos (Dorigoni; Bonini, 2023). El valor ambiental, en este contexto, se refiere al valor intrínseco e instrumental del medio ambiente, reflejando su importancia para el bienestar humano, la integridad ecológica y el patrimonio cultural (Chaudhary; Islam, 2023).

Las principales teorías de aprendizaje aplicadas al contexto de RA y educación ambiental como se sintetiza en la figura 1, comienza con la Teoría del Nivel de Construcción (CLT) que describe el impacto de las construcciones mentales y la distancia psicológica en las decisiones individuales. Supone que cuando los individuos no experimentan algo directamente, sino que piensan en ello, lo recuerdan o lo imaginan, crean construcciones mentales abstractas para procesar y comprender un fenómeno (Attanasi *et al.*, 2025). Comunicar problemas ecológicos y ambientales a las personas suele ser un desafío debido a su naturaleza abstracta y la desconexión entre causas y consecuencias. Las amenazas ambientales rara vez se experimentan directamente, principalmente personas en áreas remotas que a menudo se sienten menos afectadas por la contaminación porque suelen tener poblaciones dispersas y una actividad industrial mínima (Abate *et al.*, 2020).

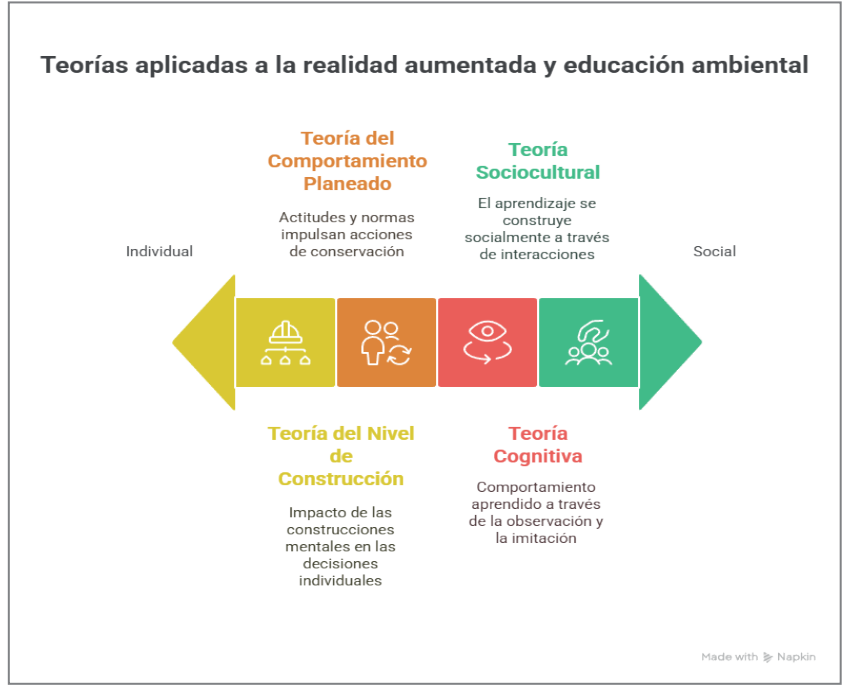
En ese mismo guion, la Teoría Sociocultural de Vygotsky (1978), quien sustenta que el aprendizaje se construye socialmente mediante interacciones con pares y expertos en la zona de desarrollo próximo, lo que justifica el uso colaborativo de la RA en educación ambiental. Al implementar RA en contextos naturales, esta tecnología debe funcionar como un andamiaje digital que, mediante actividades grupales, active procesos de co-construcción de conocimiento entre estudiantes, docentes y portadores de saberes locales. Así, la RA no solo potencia habilidades cognitivas individuales, sino que alineado

con Vygotsky fomenta aprendizajes significativos al vincular tecnología, cultura y acción colectiva para la conservación.

También se suma, la Teoría del Comportamiento Planificado (TCP) ofrece un marco amplio para analizar el aprendizaje pedagógico ambiental en contextos de desarrollo sustentable. Sustentados en los supuestos de Ajzen (1991), esta teoría es clave para diseñar intervenciones educativas con RA, ya que vincula creencias, actitudes y normas subjetivas necesarias para plantear acciones concretas de conservación. La evidencia muestra que las actitudes hacia el ambiente, las normas sociales y el control conductual percibido predicen intenciones proambientales (Chen; Cheng; Yang, 2024). Sin embargo, en regiones, donde factores políticos y limitaciones infraestructurales son críticos Rauschnabel *et al.* (2022), la TCP debe complementarse con enfoques socioecológicos y de justicia ambiental, integrando saberes locales y evaluando brechas de acceso a la tecnología. La inclusión del comportamiento pasado en el modelo como sugiere Ajzen (1991), permite adaptar la RA a realidades comunitarias, superando la mera expectativa-valor y promoviendo un aprendizaje significativo y contextualizado.

Finalmente, se proyecta importante la teoría cognitiva social (TCS) explica cómo las personas aprenden comportamientos en varios contextos, incluida la comunicación mediada por computadora (Bandura, 2001). Las intenciones de comportamiento resultan de los vínculos entre los estados cognitivos y afectivos internos (es decir, los atributos personales de un individuo), las acciones realizadas en una situación particular (es decir, los factores de comportamiento) y las influencias externas (es decir, los factores ambientales) (Bandura, 2001). Según la TCS, los cambios en el comportamiento pueden ocurrir dentro de un entorno social a través de la observación y emulación de comportamientos realizados por un modelo, que puede ser uno mismo u otra persona; en ese sentido, la educación ambiental parte de la motivación e imitación humana priorizando los primeros años de vida que se pueden convertir en la estrategia con mejor propuesta para aportar a la conservación desde la sensibilización primaria, potenciando el valor y conocimiento en el respeto por el entorno.

Figura 1 - Teorías de aprendizaje aplicadas a la realidad aumentada y educación ambiental.



Desde la alfabetización digital se puede inferir que el creciente impacto de la RA en educación, destaca en contextos universitarios y su asociación con innovación tecnológica. Sin embargo, revelan brechas críticas para su aplicación en educación ambiental transformadora, mientras la RA se concentra en entornos urbanos y universitarios, su potencial en regiones biodiversas y comunidades rurales donde la conservación es urgente sigue subexplorado (Velarde *et al.*, 2024). Así, la RA no solo debe innovar en aulas, sino adaptarse a realidades territoriales diversas, combinando rigor académico con pertinencia cultural para el desarrollo sustentable. La RA está cada vez más presente en todos los niveles de nuestro sistema educativo, desde Educación Infantil hasta la Universidad (Aroca; Llorente, 2023). En particular, la RA en educación infantil, ofrece grandes oportunidades para enriquecer los procesos de enseñanza-aprendizaje (Fernández; Duarte, 2023). La RA es una tecnología emergente que cada día cobra mayor influencia en la enseñanza, junto con la tecnología móvil, es una de las combinaciones más eficientes para impulsar un aprendizaje significativo y ubicuo,

su uso beneficia el propio proceso de aprendizaje (Cabero *et al.*, 2019). La RA en entornos de aprendizaje (RAEA) potencia significativamente el rendimiento estudiantil a través de beneficios interactivos, afectivos y cognitivos, reforzando la telepresencia como factor clave en la experiencia educativa (Baabdullah *et al.*, 2022). Sin embargo, estos hallazgos deben contextualizarse críticamente, mientras en entornos convencionales la RA optimiza aprendizajes individuales, su verdadero potencial en educación ambiental radica en trascender el enfoque tecnocéntrico para convertirse en herramienta de empoderamiento comunitario. El potencial pedagógico de la RA se centra al mejorar la comprensión lectora, la retención del aprendizaje y la motivación estudiantil, aspectos clave para una educación de calidad (Bursali; Yilmaz, 2019). Sin embargo, vale precisar que mientras la RA demuestra ser efectiva en entornos educativos tradicionales, su verdadero impacto dependerá de su capacidad para integrar conocimientos científicos con saberes ancestrales sobre biodiversidad y conservación. La alta aceptación y baja ansiedad reportadas sugieren que la RA es una herramienta poderosa para educación ambiental intercultural, siempre que su diseño sea participativo y respete las cosmovisiones locales.

Experiencias globales en educación ambiental

Las experiencias globales en educación ambiental basadas en RA, como el caso de la aplicación en supermercados para visualizar huellas de carbono que según Isley; Ketcham y Arent (2017), evidencian el potencial de esta tecnología para cerrar brechas cognitivas, promover consumo sostenible e incluir un comportamiento proambiental, tal como lo postula la economía del comportamiento Simon (1955) y la teoría del comportamiento planificado (TCP) (Ajzen, 1991). Sin embargo, es importante argumentar que estos avances deben contextualizarse críticamente, pues mientras en países industrializados la RA optimiza decisiones individuales, en regiones biodiversas como Amazonas, la tecnología debe trascender el enfoque consumista y redirigirse hacia educación ambiental emancipadora.

El estudio de The Green Planet Augmented Reality Experience en el Reino Unido demuestra que los medios inmersivos, como la RA, pueden reforzar actitudes y comportamientos proambientales a corto y mediano plazo

Levstek *et al.* (2024), principalmente a través de la sensación de presencia, el entorno sociofísico y la conexión emocional con la naturaleza, elementos clave en la psicología ambiental (Pasca; Luís, 2025; Mardones; Berroeta, 2024). Bajo estas experiencias citadas, es necesario indicar que la RA no debería limitarse a generar shocks temporales de conciencia ambiental, sino institucionalizarse en programas educativos continuos que vinculen la inmersión tecnológica con acciones comunitarias concretas. Además, el modelo cognitivo basado en presencia y conexión podría enriquecerse con dimensiones socio-culturales y de justicia ambiental. Así, la RA trascendería su rol de herramienta de persuasión para convertirse en un puente decolonial entre conocimiento científico y acción socioecológica transformadora.

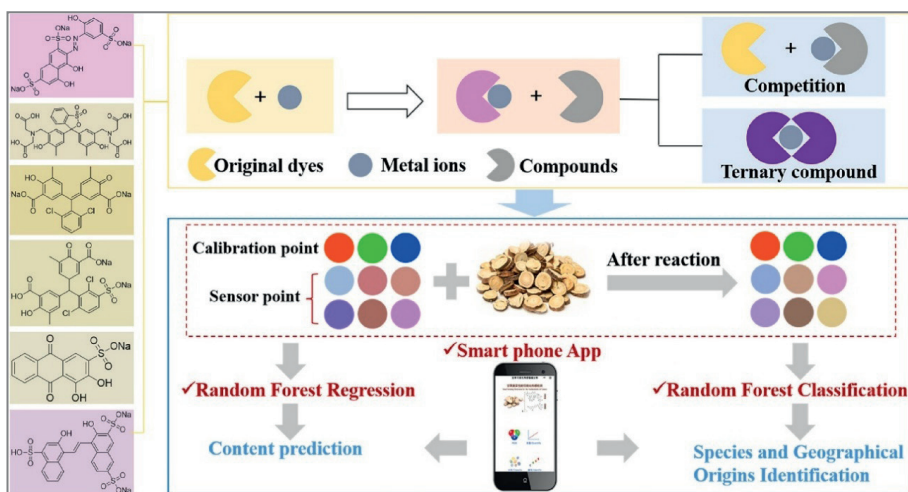
Los avances técnicos en metadispositivos varifocales para pantallas de RA, representan un salto cualitativo al resolver problemas críticos de ergonomía visual (Las metasuperficies en cascada están diseñadas y fabricadas por nanopilares de TiO_2 de diámetros variables, insensibles a la polarización para la manipulación del campo de luz) y limitaciones de la caja ocular (Song *et al.*, 2025). Sin embargo, estos logros tecnológicos deben evaluarse más allá de su innovación óptica, su verdadero valor radica en cómo se adaptan para fortalecer la educación ambiental en contextos de diversidad biocultural. La ligereza y precisión de estos metadispositivos podrían democratizar el acceso a la RA en zonas remotas, pero su diseño debe considerar factores socioambientales y usos pedagógicos contextualizados.

La filosofía infantil fomenta conciencia ecológica crítica al cuestionar las relaciones niño-territorio desde la primera infancia (Apaza *et al.*, 2024). Sin embargo, se debe llevar esta reflexión más allá, integrar saberes ancestrales y tecnologías inmersivas para que los niños no solo piensen el ambiente, sino que protagonicen acciones de conservación en sus comunidades.

Algunos ejemplos destacados asumen que la educación ambiental fomenta la concienciación, los comportamientos y las acciones hacia la sostenibilidad ambiental (Thanh; Hong; Thu, 2025). Un estudio realizado por en Xinjiang, Ningxia, Mongolia Interior, Beijing y Uzbekistán, desarrolló un sensor visual de matriz de seis canales mediante el cribado de seis colorantes orgánicos según su capacidad para coordinarse con los iones metálicos del *Glycyrrhizae Radix et Rhizoma* (Gancao) que es un alimento funcional utilizado frecuentemente por

comerciantes sin escrúpulos como sustituto de las ganancias. Al integrar una aplicación para teléfonos inteligentes y algoritmos de aprendizaje automático basados en la nube, el sistema logró la identificación inteligente de la especie y el origen del Gancao y predijo el contenido de los marcadores de calidad, proporcionando una solución de identificación rápida portátil y rentable. Un diagrama de flujo que ilustra este proceso se muestra en la figura 2.

Figura 2 - Diagrama de flujo del experimento.



Fuente: Thanh; Hong; Thu (2025).

Así mismo, el modelado predictivo (MaxEnt) aplicado por Castro *et al.* (2025), a datos de ciencia ciudadana puede predecir floraciones de medusas (*Pelagia noctiluca*), vinculando condiciones ambientales tempranas como profundidad de la capa mixta en abril con su distribución en verano, lo que resulta clave para sistemas de alerta temprana y gestión costera. Estos resultados resaltan el potencial de integrar RA en plataformas de monitoreo participativo, permitiendo a usuarios visualizar datos ambientales en tiempo real y fomentando conciencia ambiental sobre impactos socioecológicos.

También, la aplicación móvil con inteligencia artificial (ResNet50 mejorado) de Youchen *et al.* (2025) permitió identificar especies de langostas con un 96.6% de precisión, utilizando fotos tomadas en condiciones reales, lo que puede ayudar a los agricultores y comunidades rurales reciban no solo la identificación, sino también datos ecológicos superpuestos como el impacto en cultivos, métodos

de control sustentables. De esta forma, la integración de RA convertiría esta app en un sistema inmersivo que, además de optimizar el control de plagas, fomentaría conciencia ambiental al visualizar cómo las langostas interactúan con los ecosistemas. Así, no solo resolvería problemas prácticos, sino que educaría sobre el equilibrio ecológico y la prevención de plagas con enfoque sustentable.

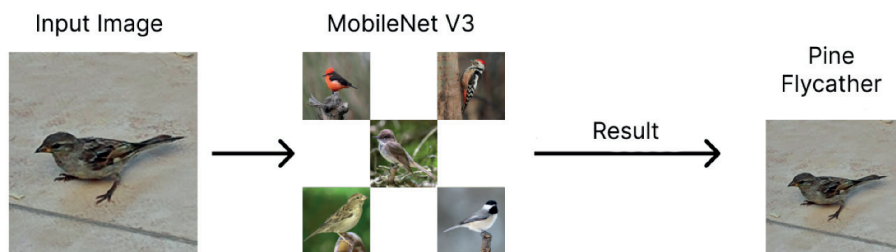
En el estudio de Félix *et al.* (2025), se argumenta que la identificación de especies de aves graficada en la figura 3, es precisa en donde lograron identificar papamoscas bermellón, papamoscas pinero, carbonero mexicano, carpintero de Arizona y gorrión listado, en la ciudad de Zacatecas mediante YOLOv8 Small para la detección en tiempo real y MobileNet V3 para la clasificación, demostraron que ambos modelos alcanzan una alta precisión en la identificación de especies, YOLOv8 Small destaca en la detección en tiempo real, lo que lo hace adecuado para escenarios de monitoreo dinámico, mientras que MobileNet V3 proporciona una solución de clasificación ligera pero eficiente como se grafica en la figura 4; estos resultados resaltan el potencial de la inteligencia artificial para optimizar la investigación ornitológica al mejorar la precisión del monitoreo y reducir los esfuerzos de identificación manual.

Figura 3 - Descripción gráfica del proceso de identificación de aves utilizando YOLOv8 Small.



Fuente: Félix et al. (2025).

Figura 4 - Descripción gráfica del proceso de clasificación de aves utilizando MobileNet V3.

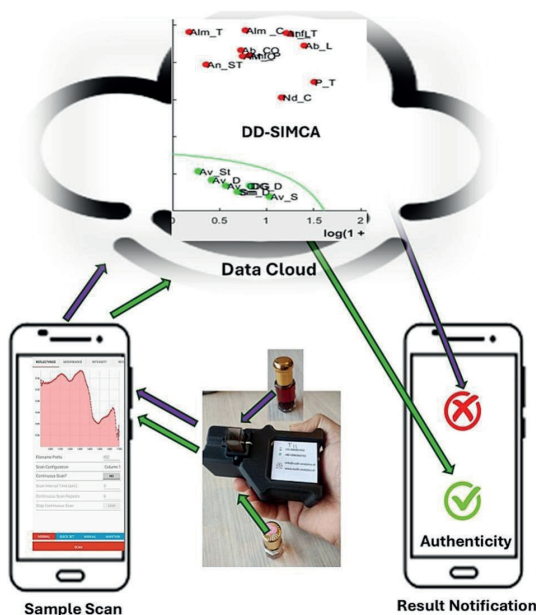


Fuente: Félix et al. (2025).

En ese mismo sentido, Aksoy; Demircioglu; Bogrekci (2025), analizaron el sistema de inteligencia artificial basado en la web para detectar enfermedades de las hojas y frutos del manzano, de los modelos evaluados, ResNet152V2 tuvo el mejor rendimiento en la clasificación de enfermedades del manzano, con una precisión del 92%, mientras que Xception demostró ser el más efectivo en la clasificación de enfermedades de las hojas del manzano, con una precisión del 99%. Los modelos pudieron reconocer correctamente enfermedades comunes del manzano, como la mancha, la sarna, la podredumbre y otras infecciones foliares, lo que demuestra su aplicabilidad en el diagnóstico agrícola. Un sub-producto importante de esta investigación es la creación de una aplicación web, fácilmente accesible mediante Gradio, para la detección de enfermedades en tiempo real mediante la carga de imágenes de frutos y hojas de manzano por parte de los usuarios. La aplicación proporciona etiquetas de enfermedades predichas, también incluye una herramienta de visualización del funcionamiento interno de la red neuronal, lo que permite una mayor transparencia y confianza en el proceso de diagnóstico.

El aceite esencial de madera de agar es una de las fragancias naturales más caras por su rareza y alta demanda, bajo esa premisa Chowdhury (2025), sostuvo que la autenticación del aceite de madera de agar mediante espectroscopia NIR portátil y análisis de datos avanzados (PCA y DD-SIMCA) graficada en la figura 5, ofrece una solución innovadora para combatir la falsificación en tiempo real reduciendo los impactos en la salud humana. Este avance integrado con RA no solo podría identificar la autenticidad del aceite, sino que también motivaría la educación a los consumidores sobre el impacto ambiental de la sobreexplotación de *Aquilaria crassna*.

Figura 5 - Resumen gráfico de la espectroscopia NIR portátil.



Fuente: Chowdhury (2025).

En otro ámbito, la aplicación FunCoup Cytoscape integra la API del servicio web FunCoup con Cytoscape, lo que permite a los usuarios visualizar y analizar redes de interacción génica para 640 especies. Los usuarios pueden introducir identificadores de genes y personalizar los parámetros de búsqueda mediante diversos algoritmos de expansión de red, como la búsqueda de genes por grupos o independientes, MaxLink y TOPAS. La aplicación mantiene visualizaciones consistentes con el sitio web de FunCoup, proporcionando información detallada de nodos y enlaces, incluyendo anotaciones de genes de tejidos y vías como por ejemplo la identificación del módulo de la enfermedad de miastenia gravis y posibles nuevas dianas terapéuticas (Buzzao *et al.*, 2024).

Igualmente, Hart *et al.* (2023), reveló que la aplicación Flora Incognita, disponible gratuitamente para dispositivos Android, iOS y Harmony OS, permite a los usuarios identificar interactivamente especies de plantas y capturar sus observaciones. Los algoritmos de aprendizaje profundo desarrollados específicamente, entrenados en un amplio repositorio de observaciones de plantas, clasifican las imágenes de plantas con una precisión sin precedentes. Mediante el uso de esta tecnología en un proceso de identificación interactivo y adaptado

al contexto, los usuarios ahora pueden identificar plantas de forma fiable independientemente de su nivel de conocimientos botánicos. Los usuarios se benefician de una interfaz intuitiva y de materiales educativos complementarios

Finalmente, en un estudio realizado por Jones y Jones (2025), en el este de Escocia, analizaron aplicaciones que han mejorado en los tres años transcurridos entre 2020 y 2023 en alrededor de un 20 % en cuanto al porcentaje de muestras identificadas correctamente como especie o familia. Esta mejora se debe al continuo crowdsourcing de imágenes. Las mejores aplicaciones probadas, incluyen Flora Incognita y PlantNet, identificaron correctamente entre el 80% y el 90% de las especies de las plantas probadas aquí (que incluyen una amplia gama de plantas con o sin flores, y una serie de plantas monocotiledóneas, herbáceas y leñosas).

Al respecto, las lecciones aprendidas en función a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), proponen que la agenda 2030 propuesta por las Naciones Unidas, firmada en 2015 por la mayoría de los Estados del mundo, promueve el bienestar de la población, la solución a la crisis climática y la minimización de los impactos ambientales del modelo productivo imperante. El nivel de cumplimiento de la agenda no se corresponde con lo establecido en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (Ariza; Zubiria; Daza, 2025). En Eslovaquia, Skokanová y Jakab (2025) exploraron la integración de las aplicaciones móviles de ciencia ciudadana (CC) y sus plataformas centradas en la biodiversidad en los currículos escolares, encontrando que los cambios es que la educación ambiental ha pasado de ser un tema transversal a la alfabetización ambiental, que se incorpora directamente a las asignaturas de ciencias naturales. Esto ha generado más espacio para la enseñanza de la biodiversidad y su protección, lo que requiere una mayor participación del alumnado. Las aplicaciones móviles de ciencia ciudadana (CC) como las presentadas visualmente en la tabla 1, ofrece oportunidades para involucrar al alumnado en la investigación científica y la recopilación de datos, empoderándolos para contribuir significativamente a las iniciativas de conservación en el mundo real. Al aprovechar las plataformas en línea y aplicaciones móviles para la observación de la naturaleza como se ilustra en la figura 6, el alumnado puede participar en actividades como la identificación de especies, el monitoreo del hábitat y el seguimiento del cambio climático, lo que hace que la experiencia de aprendizaje sea más atractiva y el proceso de enseñanza más eficaz.

Tabla 1 - Aplicaciones móviles destinadas a ciencia ciudadana para la enseñanza y aprendizaje sobre la conservación de la biodiversidad.

Aplicación móvil	Contenido multimedia	Conexión para uso y/o toma de datos	Conceptos abordados	Prácticas científicas implicadas
iNaturalist	Textos, fotografías, propuesta de enlaces, tabla de datos, mapas de observaciones audio	Sí	Distintos taxones, taxonomía completa, atributos (etapa de vida, sexo, vivo/muerto, evidencia de presencia), descripción de género/familia/especie	Observación exploración
Earth Challenge	Textos, fotografías, propuesta de enlaces	No	Clasificación de plásticos Limpieza de costas Calidad del aire Identificación de abejas	Observación lectura
Natusfera	Textos, fotografías, mapas de observaciones	Sí	Distintos Taxones	Observación
PlantNet	Textos, fotografías, propuesta de enlaces, mapas de observaciones audio	Sí	Plantas silvestres (útiles, cultivadas y ornamentales), clasificación en familia/género/especie, clasificación en fruto, flor, hoja, corteza, hábito	Observación Exploración
Seek	Textos, fotografías, propuesta de enlaces, tabla de datos, mapas de observaciones audio	No	Distintos taxones, taxonomía completa especies, endémicas, nativas, introducidas estado de conservación especies cercanas a la ubicación descripción	Observación Exploración
Anecdota	Textos, fotografías, mapas de observaciones, tablas de datos	Sí	Distintos proyectos (residuos sólidos, colillas, plásticos, calidad de ríos y arroyos, etc)	Observación y exploración
AppEAR	Textos, fotografías, propuesta de enlaces, mapa de observaciones	Sí	Ecología de ríos, arroyos, lagos y estuarios, redes, tróficas, comunidades, ciclo del agua, contaminación especies cercanas a la ubicación, nivel de amenaza, descripción	Observación exploración y caracterización del lugar
Aves Argentinas	Textos fotografías mapa de distribuciones, grabaciones de cantos	No	Aves (vida, cortejo, migraciones, nidos, etc) Consejos y ética de observación	Observación, exploración y lectura
BirdNET	Fotografías, audios, vídeos, mapas de distribución	No	Aves (canto, edad, sexo, comportamiento), especies cercanas a la ubicación, descripción	Observación y exploración

Aplicación móvil	Contenido multimedia	Conexión para uso y/o toma de datos	Conceptos abordados	Prácticas científicas implicadas
Merlin Bird ID	Textos, fotografías audios, mapas de distribución	Sí	Aves (adulto reproductivo/ no reproductivo, juvenil, hábitat), descripción, Sonidos	Observación y exploración
eBird	Mapas de distribución, tablas de especies por año/mes	Sí	Aves (distribución, abundancias, estacionalidad), taxonomía	Observación y exploración
Arborea	Fotografías, mapas de distribución, dibujos	Sí	Árboles, nativos y exóticos del noroeste de Argentina (nombre, características botánicas, usos y distribución)	Observación y exploración
Spider Spotter	Textos, fotografías, mapas de observaciones	No	Arañas (clasificación basada en color y tipo de telaraña)	Observación y exploración
Spot-a-bee	Textos, fotografías, mapas de observaciones	No	Abejas (clasificación según comportamiento, especie, fotografía), especies de flores visitadas (descripción)	Observación y exploración
Zooniverse	Fotografías, videos	Sí	Proyectos para unirse en distintas áreas. Biología → (patrones de anidación de gorriones, presencia de mitocondria en las células, presencia de animales salvajes en áreas protegidas, etc)	Ausencia
Faunawatch	Fotografías	Sí	Identificación de animales en cámaras trampa	Observación y exploración
Globe Observer	Textos, fotografías, mapas de observaciones	Sí	Incluye 4 sub-aplicaciones: Nubes (grabación de nubes y condiciones del cielo), Hábitats de mosquitos potenciales de transmitir enfermedad, Cobertura terrestre (tipo de suelo, % de área cubierta) Árboles (altura, circunferencia, % cobertura terrestre)	Observación y exploración
Caza Mosquitos	Textos, iconos, dibujos, mapa de observaciones	No	Mosquitos vectores de enfermedades (especies, geolocalización de criaderos, información sobre enfermedades, transmisión)	Observación, exploración, indagación y lectura

Aplicación móvil	Contenido multimedia	Conexión para uso y/o toma de datos	Conceptos abordados	Prácticas científicas implicadas
GeoVin	Fotografías, mapas online de distribución, dibujos	No	Distribución de las Vinchucas en Argentina (características, ciclos de vida), Enfermedad de Chagas (transmisión, tratamientos, recomendaciones)	Observación y exploración
¿Es araña o escorpión?	Textos, fotografías, mapa de distribución	No	Arañas y escorpiones con/sin interés sanitario (descripción, prevención, manejo)	Observación

Fuente: Davicino; Labaque; Garcia (2022).

Figura 6 - Aplicaciones para observación de la naturaleza.



REALIDAD AUMENTADA Y CONSERVACIÓN EN EL DEPARTAMENTO DE AMAZONAS, PERÚ

Oportunidades para el departamento de Amazonas

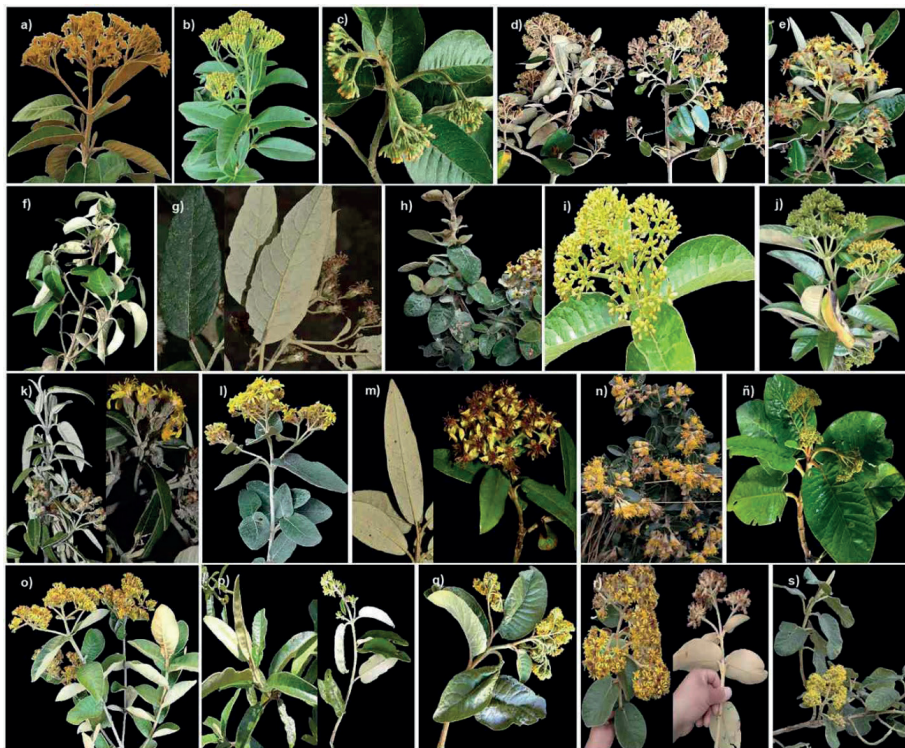
El departamento de Amazonas como se plasma gráficamente en la figura 7, se ubica en el norte del Perú, abarcando regiones de selva alta, selva baja y sierra, con altitudes que oscilan entre 186 msnm (centro poblado Nueva Esperanza, distrito Río Santiago-provincia Condorcanqui) y los 4,269 msnm (Elevaciones de la laguna Mishacocha, distrito Leimebamba - provincia Chachapoyas. Limita al norte con Ecuador, al este con Loreto y San Martín, al sur con La Libertad y al oeste con Cajamarca, cubriendo una superficie de 39,249 km² (3.05% del territorio nacional). Su relieve es accidentado, destacando la Cordillera del Cóndor (frontera con Ecuador), el valle del río Marañón (eje hidrográfico principal) y zonas montañosas que superan los 3,000 msnm. El clima varía desde cálido-húmedo en la selva (Bagua, Utcubamba) hasta frío en las punas, con Chachapoyas (capital, a 2,334 msnm) registrando un clima templado (14-15°C). Hidrográficamente, pertenece a la cuenca del Marañón, con ríos importantes como Santiago, Utcubamba y Cenepa. Políticamente, se divide en siete provincias y 84 distritos, albergando al 1.3% de la población nacional con 379 384 mil habitantes (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018).

Figura 7 - Ubicación geográfica y política del departamento de Amazonas.



El departamento de Amazonas es una región biodiversa que conforme van avanzando los estudios de muestras de su riqueza natural, es el caso de un estudio realizado por Coronel *et al.* (2023), quienes reportaron 22 especies de *Gynoxys* en Amazonas de los cuales 20 especies fueron registradas en campo en su hábitat natural como se representa en la figura 8, además, dos son registros nuevos para Perú y seis son primeros reportes para Amazonas. Amazonas, Perú es un centro de diversidad y endemismos de *Gynoxys*, sin embargo, sus hábitats en las diversas partes del departamento se encuentran amenazados por actividades antrópicas como el cambio de uso del suelo e incendios forestales como se visualiza en la figura 9; argumentos que resaltan la importancia de conservar el hábitat de este género.

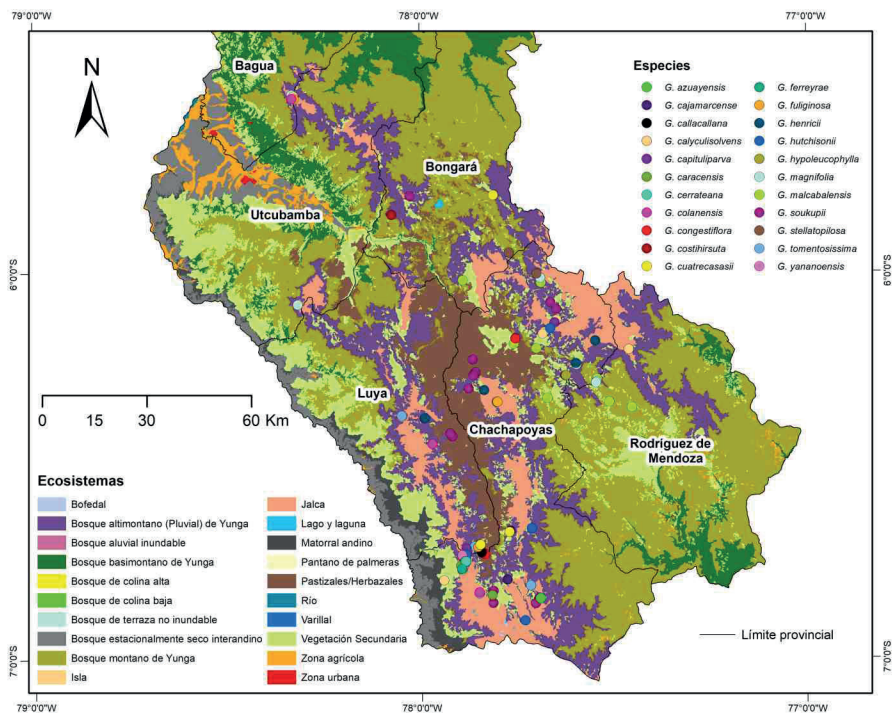
Figura 8 - Especies de *Gynoxys* registradas en su hábitat natural en el departamento de Amazonas.



Nota. a) *G. azuayensis*, b) *G. cajamarcese*, c) *G. callacallana*, d) *G. calyculisolvens*, e) *G. capituliparva*, f) *G. caracensis*, g) *G. cerrateana*, h) *G. colanensis*, i) *G. congestiflora*, j) *G. cuatrecasasii*, k) *G. ferreyrae*, l) *G. fuliginosa*, m) *G. henricii*, n) *G. hutchisonii*, ñ) *G. magnifolia*, o) *G. malcabalensis*, p) *G. soukupii*, q) *G. stellatopilosa*, r) *G. tomentosissima*, s) *G. yananoensis*.

Fuente: Coronel et al. (2023).

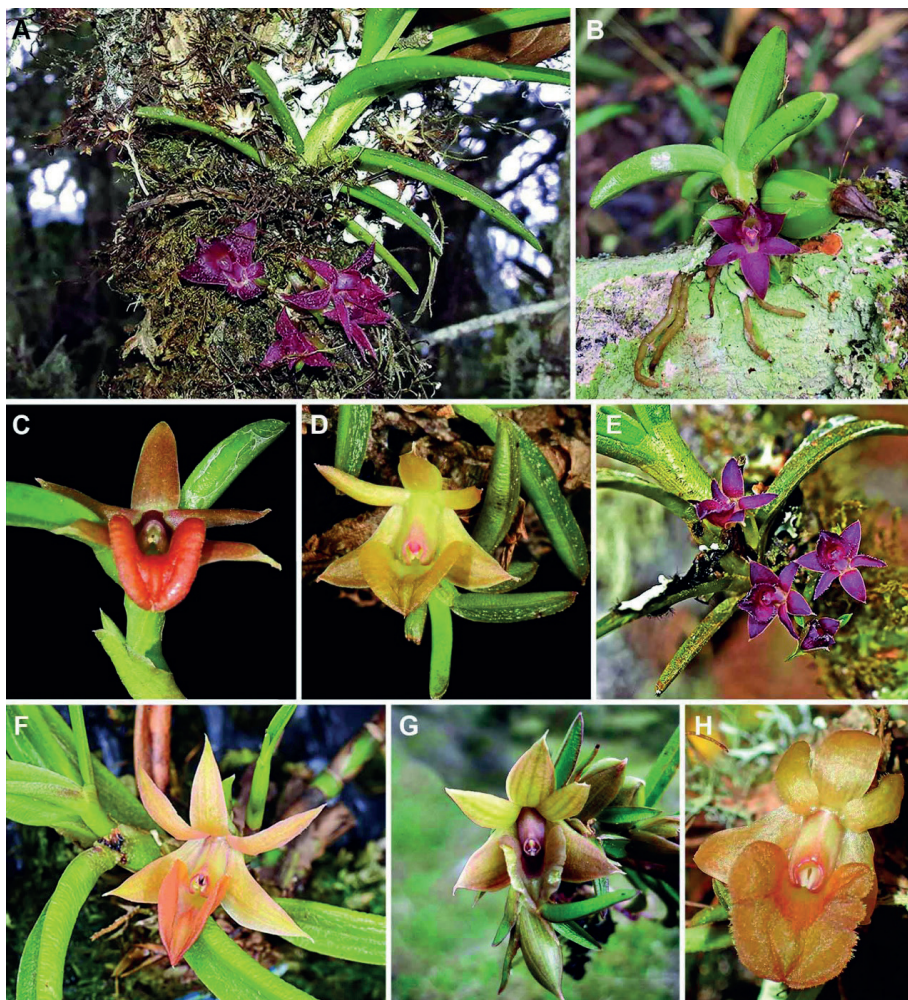
Figura 9 - Distribución por provincias de las especies de *Gynoxys* en Amazonas, Perú.



Fuente. Coronel et al. (2023).

Por su parte, Arista *et al.* (2023) registraron una nueva especie, *Epidendrum edquenii* que ha sido ilustrada en la figura 10, quien ha sido encontrada en el Área de Conservación Privada La Pampa del Burro, departamento de Amazonas. Pertenece al grupo informal *Takulumena*, caracterizado por tallos monopodiales tipo Vanda con inflorescencias basales o laterales sucesivas. Se distingue por sus flores rojas no pubescentes con superficie dorsal, márgenes y ápices de los sépalos y pétalos verdes, base de la columna y disco del labelo verde amarillento, sépalos acuminados de 9,5–10,7 mm de largo, pétalos estrechamente ovados con el margen densamente y brevemente ciliado, y labelo ampliamente triangular, de 6,0 × 9,5 mm, con el margen escasamente papiloso.

Figura 10 - Especies seleccionadas del grupo Takulumena de Epidendrum.



Nota. A. *E. boyacaense*. B. *E. edquenii*. C. *E. florezianum*. D. *E. kapuleri*. E. *E. rhodovandoides*. F. *E. sophronitoides*. G. *E. uribeianum*. H. *E. vulcanitungurahuae*.

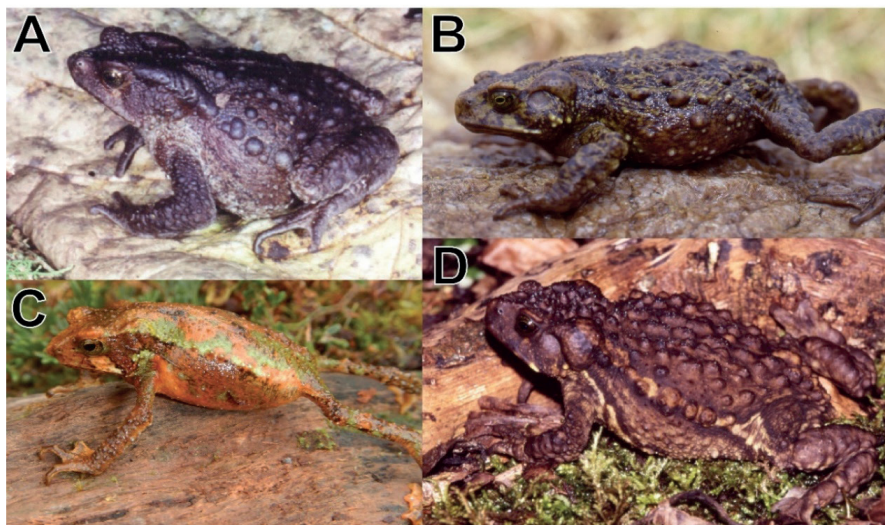
Fuente: Arista et al. (2023).

Una especie nueva ha sido reportada por Lehr *et al.* (2021), quienes describieron a la *Rhinella* presente en bosques montanos entre 1788 y 2305 m s. n. m. en los Departamentos Amazonas y San Martín, Perú-, asignando tentativamente la nueva especie al grupo de especies *Rhinella festae* con base en similitudes morfológicas con sus otros 19 miembros. Se caracteriza por su gran tamaño (LVC máxima 91,6 mm en hembras), un hocico puntiagudo y protuberante con inclinación posteroventral, ausencia de un anillo timpánico visible y membrana

timpánica, glándulas parotoides largas en contacto con el párpado superior, presencia de una fila dorsolateral de tubérculos agrandados, superficie externa dorsolateral del tarso con una cresta subcónica de tubérculos fusionados y ausencia de saco vocal subgular y hendiduras vocales en los machos como se representa visualmente en la figura 11. Así mismo, Duellman (2013) reportó un género *Gastrotheca*, de los pastizales de gran altitud de los Andes en la Región Amazonas en el norte de Perú, nueva especie que se distingue de todos sus congéneres por su patrón de color único que incluye una franja mediadorsal estrecha y amarilla con borde negro como se ilustra en la figura 12. A este se suma el descubrimiento de Stucchi *et al.* (2009), quienes reportaron el hallazgo de un esqueleto parcial del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) más antiguo conocido hasta la fecha, y encontrado a 2,950 m de altitud en la cueva de Chaquil, en el Departamento de Amazonas, centro norte de Perú. Su edad, determinada por datación por radiocarbono convencional fue, dentro de 50 años, de 5,980 años antes del presente (YBP), traducándose luego de una evaluación a una edad calendario de aproximadamente 6,790 años antes del presente. Por su parte, Fernandez *et al.* (2020) describen e ilustran *Magnolia enepeceana* y *M. reynelii*, dos nuevas especies de *Magnolia* de los extremadamente amenazados bosques montanos de Amazonas en el norte de Perú, presenta densamente seríceas, hojas glabras, hipsófilos vaginales externamente seríceos, estambres pequeños (5–6 mm de longitud) y gineceo con pocos carpelos (6–10); también, presenta estipulas lanosas, hipsófilos vaginales externamente glabrescentes a pubescentes, 81 estambres y gineceo con 28–33 carpelos. Ambas especies pertenecientes a la sección *Talauma*, subsección *Talauma*.

Según los estudios de Venegas *et al.* (2008), reportaron dos nuevas especies del género *Phyllodactylus* en Balsas al sur del Departamento de Amazonas, Perú; la primera tiene gran tamaño adulto y la falta de filas bien definidas de escamas fuertemente quilladas la diferencian de otros *Phyllodactylus*, mientras que en la segunda especie, la presencia de una escama postanal agrandada es diagnóstica; Balsas es un área de endemismo que garantiza mayor atención por parte de sistemáticos y biólogos de la conservación.

Figura 11 - Ejemplares vivos en vistas dorsolaterales de (A), *Rhinella moralesi* sp. nov. (B), (C) *R. yanachaga*, y (D) *R. multiverrucosa*.



Fuente. Lehr et al. (2021).

Figura 12 - Holotype of *Gastrotheca dysprosita*, in life, an adult male, 60.5 mm SVL.



Fuente: Duellman (2013).

En cuanto al sector turismo, el destino Amazonas cuenta con un gran potencial turístico con más de 900 recursos turísticos inventariados, prueba de eso el corredor Kuélap-Valle de Huayabamba, que se vislumbra como un importante destino turístico gracias a sus enigmáticos atractivos naturales y culturales como sustentaron Montoya *et al.* (2024), con representatividad en 3 productos anclas como se presenta en la figura 13 consistente en la Fortaleza de Kuelap en el distrito el Tingo y la caverna de Quiocta en el distrito de Lalud ambos en la provincia de Luya, recursos naturales en el circuito de cataratas gigantes, resaltando la Catarata de Gocta en el distrito de San pablo en la provincia de Bongará cada uno de estos recursos han sido y siguen siendo bandera para el posicionamiento turístico del destino amazonas. En el actual territorio de Amazonas se desarrolló la importante cultura de los Chachapoyas, por lo que en la parte sur del departamento aún se pueden apreciar sus legados arqueológicos, acompañado a esto encontramos un gran potencial en naturaleza lo que hace de esta región biodiversa (Mori; Mori; García, 2022). Su cultura y tradición es históricamente representado por el vestigio de la existencia de diversas etnias, que ha llamado la atención como lo confirma la expedición de Doig (2000) , quien en mayo de 1997, realizó la primera expedición a la Laguna de las Momias, un lugar deshabitado en los Andes amazónicos a 2800 metros de altitud, en donde confirmó la presencia de mausoleos, acompañado de 200 fardos funerarios que habían permanecido allí intactos entre 500 y 700 años que representaban a entierros ancestrales.

Figura 13 - Recursos turísticos representativos del destino Amazonas.



Nota. 1) Catarata de Gocta 2) Fortaleza de Kuelap 3) Caverna de Quiocta.

De esta forma, el turismo emerge como un motor clave para el desarrollo territorial sostenible en Amazonas, prueba de ello es la potencialidad turística de la comunidad de Colcamar en Luya, donde sus atractivos arqueológicos como Sholón, torruco y tuente; acompañado a los recursos naturales como el Valle

de Huaylla Belén y principalmente resaltando los valores culturales auténticos, al ser una de las comunidades que sigue manteniendo viva la herencia cultural ancestral, lo que representan un potencial ecoturístico único (Collazos *et al.*, 2024); sin embargo, para transformar estos recursos en bienestar comunitario, es imprescindible una planificación participativa que evite la mercantilización cultural, garantice la distribución equitativa de beneficios, e integre saberes locales con estrategias de conservación, incluyendo tecnologías inmersivas para valorizar el patrimonio desde una perspectiva sostenible y decolonial.

A esto se suma la agricultura y ganadería dos sectores altamente productivos en la región, las provincias de Bagua y Rodríguez de Mendoza (ambas en el departamento de Amazonas) ha sido mencionadas por ser las principales localidades donde se siembra cultivos de cacao y café dos frutas emblemáticas en la exportación nacional, que junto a la comunidad de Lamas en San Martín concentran el 38 y 36 % de la superficie a nivel nacional destinada para café y cacao, respectivamente. Ambos cultivos involucran más de 105.000 familias, muchas de ellas pertenecientes a comunidades indígenas (Guzmán *et al.*, 2024).

En el sector ambiental la preocupación por la degradación de bosques y la conservación de los mismos ha motivado a la Red de Conservación Voluntaria de Amazonas (Red AMA) desde el 2012, que a partir de la necesidad de generar un espacio de articulación entre titulares de Áreas de Conservación Privada (ACP) en la región Amazonas, fomenta y coordina las actividades para garantizar la sostenibilidad ambiental y financiera de las iniciativas de conservación privada y comunal en tierras públicas y privadas, integrando a 15 iniciativas de conservación como se sintetiza en la tabla 2 y georreferencia en la figura 11, en las que se incluye los sitios identificados por el Fondo de Alianzas para Ecosistemas Críticos (CEPF) como prioritarios para la conservación (Hotspots CEPF): ACP Copallín, ACP Abra Patricia - Alto Nieva, ACP Hierba Buena - Allpayacu y ACP Pampa del Burro, y los corredores de conservación: Corredor Noreste y Corredor Montañoso Vilaya - Condorpuna Shipago. En conjunto, estas áreas conservan más de 113,500 hectáreas de distintos ecosistemas con altos niveles de biodiversidad y endemismo en los Andes Tropicales del nororiente peruano, que proveen importantes servicios ambientales a la población. Dentro de su territorio se encuentran muestras representativas de bosque seco, montano húmedo tropical o de neblina, premontano, de palmeras y de pajonal de jalca

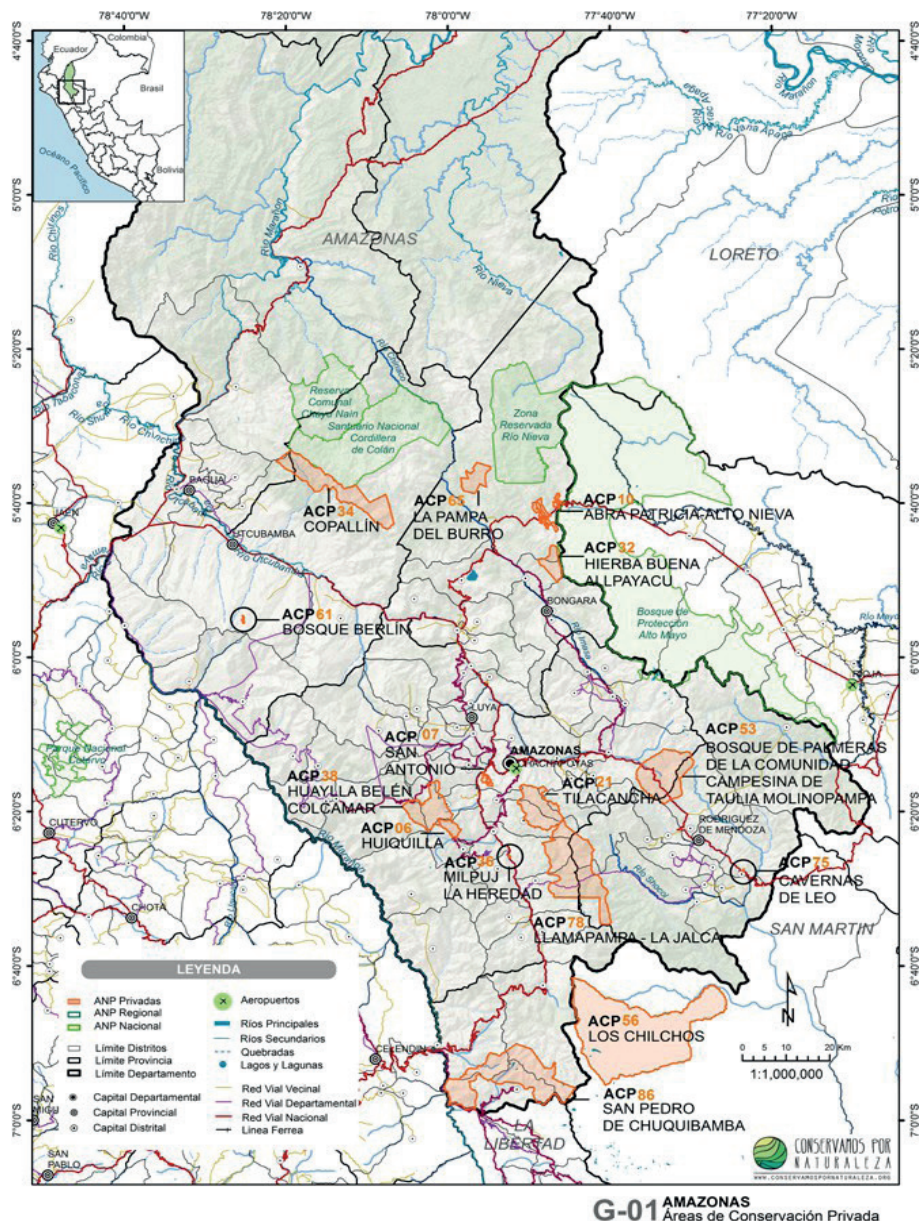
o páramo. De igual manera, se conservan restos arqueológicos de grandes dimensiones que todavía no han sido estudiados por especialistas.

Tabla 2 - Iniciativas de conservación privadas y comunales de Amazonas.

N°	Nombre del área	Ubicación (provincia)	Extensión (hectáreas)	Nombre del titular
1	ACP Hierba Buena - Allpayacu	Bongará	2,282.12	Comunidad de Corosha
2	ACP Milpuj - La Heredad	Chachapoyas	16.57	Familia Heredia Arce
3	ACP Tilacancha	Cha chapoyas	6,800.48	Comunidades San Isidro de Mayno y Levanto
4	ACP San Antonio	Chachapoyas	357.39	Aldo Muñoz
5	ACP Copallín	Bagua y Utcumbamba	11,549.21	Comunidad de Copallín
6	ACP Bosque Berlín	Utcumbamba	59	Familia Rimarachín
7	ACP Huaylla Belén - Colcamar	Luya	6,338.42	Comunidad de Colcamar
8	ACP Huiquilla	Luya	1,140.54	Familia La Torre
9	ACP Bosque de Palmeras C.C. Taulía Molinopampa	Chachapoyas	10, 920.84	Comunidad Taulía Molinopampa
10	ACP Chuquibamba	Chachapoyas	19,560.00	Comunidad de Chuquibamba
11	ACP Pampa del Burro	Bongará	2,776.96	Comunidad de Yambrasbamba
12	ACP Llamapampa - La Jalca	Chachapoyas	17,502.98	Comunidad de La Jalca
13	ACP Cavernas de Leo	Rodríguez de Mendoza	12.5	Leovigildo López Góngora
14	ACP Los Chilchos	Chachapoyas	46,000.00	Comunidad de Leynebamba
15	ACP Abra Patricia - Alto Nieva	Bongará	1,414.83	ONG ECOAN

Fuente: Marmanillo (2017).

Figura 14 - Ubicación geográfica de las Áreas de Conservación.



Fuente: Marmanillo (2017).

Las potencialidades en biodiversidad en el departamento de Amazonas han conllevado a que estas sean explotadas compartiendo la preocupación general de la Amazonía que se ha convertido en un foco de biodiversidad

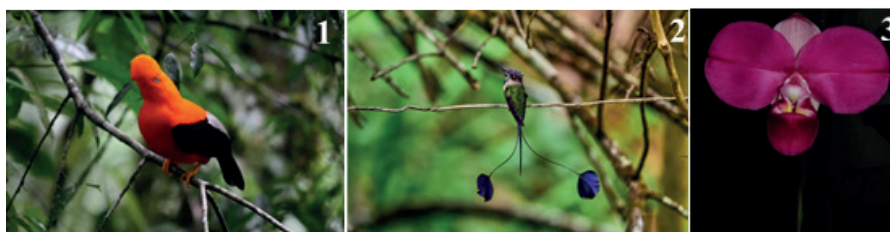
amenazado por la continua conversión de tierras y el cambio climático, a esto se suma la degradación que también está teniendo importantes impactos en la biodiversidad y el almacenamiento de carbono (Lapola *et al.*, 2023). Así mismo, las consecuencias de la degradación, derivadas de la extracción de madera, la fragmentación del hábitat, los incendios, la sequía, minería ilegal en las zonas nativas como las de la provincia de Condorcanqui plantean a la RA como una estrategia clave e innovadora para conectar el conocimiento científico con la acción local mediante la visualización de impactos ambientales en tiempo, el fortalecimiento de la educación intercultural al integrar saberes ancestrales con información científica, el empoderamiento de la vigilancia comunitaria a través del reconocimiento de especies protegidas y zonas prohibidas, y la promoción de economías sostenibles mediante la simulación de escenarios futuros que contrasten degradación con conservación, todo ello co-diseñado con las comunidades para transformar la conciencia ecológica en acción colectiva que proteja este vital ecosistema que aporta al oxígeno planetario.

El departamento de Amazonas posee un extraordinario potencial biocultural al albergar especies emblemáticas como los que se muestra en la figura 15, resaltando el gallito de las rocas (*Rupicola peruviana*) ave nacional del Perú, el colibrí cola de espátula (*Loddigesia mirabilis*, endémico de Utcubamba), y orquídeas únicas como el zapatito (*Phragmipedium kovachii*), considerada la orquídea más bella del mundo. De manera específica se puede interiorizar en la representación biodiversa en sus Áreas de Conservación Privada (ACP), donde destacan especies emblemáticas y amenazadas como el armadillo peludo (*Dasypus pilosus*, VU) en Huiquilla, el oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*, VU) en Hierba Buena-Allpayacu, el mono nocturno (*Aotus miconax*, EN) y el mono choro de cola amarilla (*Lagothrix flavicauda*, CR) en Berlín y Allpayacu, así como el otorongo (*Panthera onca*, NT) en Copallín; aves icónicas como el gallito de las rocas (*Rupicola peruviana*, LC), el colibrí cola de espátula (*Loddigesia mirabilis*, EN) y el quetzal de cabeza dorada (*Pharomachrus auriceps*, LC) en Chilchos y Huaylla Belén; anfibios como la rana marsupial (*Gastrotheca monticola*, LC); flora singular como orquídeas y helechos arbóreos; además de mamíferos como el pudú (*Pudu mephistophiles*, VU), perezosos, osos hormigueros y venados en Cavernas de Leo, conformando un hotspot ecológico donde investigadores y turistas de naturaleza convergen en la observación y estudio de estas especies,

muchas bajo categorías de amenaza (UICN/CITES), que encuentran refugio en estas ACP como estrategia clave para su conservación (Marmanillo, 2017).

Estos tesoros biológicos, junto con sus bosques de neblina y ecosistemas altoandinos, conforman un corredor ecológico vital que combina importancia ecológica (como dispersores de semillas e indicadores de salud ambiental, valor cultural simbólico en mitologías awajún y wampis y económico como base del turismo especializado y biocomercio, siendo custodios de este patrimonio las comunidades indígenas, cuyos conocimientos ancestrales sobre estas especies como el uso ritual del tunqui (gallito) en ceremonias o las propiedades medicinales de orquídeas- deben integrarse urgentemente en estrategias de conservación que aprovechen las 7 cuencas hidrográficas del departamento y sus 15 áreas naturales protegidas para posicionar a Amazonas como modelo global de desarrollo sostenible biocultural.

Figura 15 - Especies representativas del departamento de Amazonas.



Nota: 1) Gallito de las rocas (*Rupicola peruviana*), 2) Colibrí cola de espátula (*Loddigesia mirabilis*), y 3) Orquídea el zapatito (*Phragmipedium kovachii*).

Fuente: Agro Oriente Viveros (2015); Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP-2023); Sociedad Peruana de Derecho Ambiental (SPDA-2025).

Considerando las potencialidades de la RA, es importante diseñar aplicaciones móviles adaptadas al contexto cultural y ecológico de Amazonas, integrando lenguas originarias awajún y wampis en interfaces y bases de datos, con audios descriptivos grabados por las comunidades locales, e implementando RA para educación intercultural, donde los niños exploren la biodiversidad mediante capas interactivas que muestren nombres tradicionales, usos ancestrales y modelos 3D de especies con narraciones en lenguas indígenas. Además, se necesita desarrollar una app específica como por ejemplo Amazonas Biocultural, basada en iNaturalist pero con saberes locales, alertas comunitarias y módulos de historias orales, junto con protocolos de ciencia ciudadana que capaciten a docentes y

líderes indígenas para monitorear cambios climáticos y calidad del agua, vinculando datos científicos con conocimientos ancestrales. Estas herramientas, articuladas con políticas públicas, no solo preservarán las lenguas originarias y empoderarán a las comunidades como guardianes de su territorio, sino que también generarán datos científicos con enfoque intercultural, como ponemos a la imaginación el caso de un niño en Santa María de Nieva en Condorcanqui que, al fotografiar una orquídea con RA, reciba información en wampis sobre su importancia cultural mientras contribuye a la investigación ambiental.

Alrededor del mundo se ha evidenciado la importancia del Uso de RA en comunidades indígenas y escuelas rurales, algunos estudios lo confirman como el caso de Beltrán (2024) quien demuestra que la RA puede potenciar habilidades técnicas en contextos educativos rurales, pero su verdadero valor en comunidades indígenas radica en adaptarla para preservar saberes ancestrales mediante modelos 3D que integren técnicas modernas y conocimiento local. La efectividad en estudiantes con bajo rendimiento revela su potencial para democratizar el aprendizaje, siempre que se diseñe con participación comunitaria, respetando cosmovisiones indígenas y vinculándola con necesidades territoriales como el manejo sustentable de maderas. Así, la RA no solo sería una herramienta pedagógica, sino un puente entre innovación y soberanía tecnológica de los pueblos originarios.

La RA aplicada en la comunidad de Wayuu de Colombia trasciende su función educativa al facilitar el aprendizaje de carpintería mediante modelos 3D interactivos para convertirse en una herramienta transformadora de empoderamiento económico y preservación cultural que desde la perspectiva del desarrollo sustentable amazónico encuentra su máximo potencial al adaptar estos entornos móviles para fortalecer oficios tradicionales como el tallado ancestral mediante la integración de saberes ecológicos locales sobre manejo forestal mientras impulsa emprendimientos verdes que conectan la producción artesanal con mercados sostenibles y supera barreras lingüísticas a través de interfaces de RA sin texto lo que resulta crucial para pueblos indígenas con tradición oral transformándose así en un puente innovador entre tecnología moderna y autodeterminación comunitaria y promueve activamente el uso sustentable de los recursos biodiversos como eje fundamental de su diseño e implementación (Beltrán; Huertas, 2023).

La RA ofrece una vía prometedora para la preservación cultural de la tribu Mah Meri de Malasia al integrar los ámbitos físico y digital para mejorar la participación del usuario y las experiencias de aprendizaje. Un proyecto diseñó prototipos de empaques con RA para mostrar artefactos, historias y rituales Mah Meri de forma interactiva e inmersiva. Al escanear el empaque con un dispositivo móvil, los usuarios pueden acceder a contenido aumentado, como modelos 3D, narraciones de audio y animaciones visuales, que brindan información contextual y perspectivas sobre la cultura Mah Meri, e incluso permite interactuar con miembros de la comunidad Mah Meri (Doukianou; Lalioti, 2024).

Del mismo modo, un proyecto realizado en el grupo étnico Pingpu de Taiwán buscó promover el patrimonio cultural de los pueblos indígenas de las llanuras a través de la localización global y la globalización en la tierra en la futura forma de la industria artística y creativa. Usando RA para promoverlos e integrarlos en aplicaciones digitales y de diseño. Exploró cómo dar a los jóvenes una mejor comprensión e interés en la cultura de los pueblos indígenas de las llanuras para que la cultura pueda continuar y transmitirse, motivando el planteamiento de modelos de práctica de temas de diseño e innovación profundizando aún más la marca de innovación agrícola sostenible y promueve el turismo local y la construcción de la marca de innovación agrícola en forma de una marca digital de innovación agrícola sostenible (Peng *et al.*, 2024).

CONCLUSIÓN

Este capítulo demuestra que existen diversas tecnologías innovadoras, con especial énfasis en la RA, aplicables a instituciones educativas y de conservación en todo el mundo, capaces de transformar la educación ambiental en una experiencia interactiva y significativa. La RA emerge como una herramienta clave para la conservación de la biodiversidad, al facilitar la visualización de ecosistemas amenazados, promover la conexión emocional con la naturaleza y fortalecer la vigilancia comunitaria mediante aplicaciones adaptadas a contextos locales. Como próximo paso, se plantea implementar un proyecto piloto en instituciones educativas de Amazonas, integrando RA con saberes ancestrales para monitorear especies emblemáticas y degradación de hábitats, asegurando que la tecnología sea co-diseñada con comunidades indígenas y responda a

sus necesidades reales. Además, se resalta la urgencia de políticas públicas que apoyen estas iniciativas, combinando innovación tecnológica con enfoques interculturales y sostenibles, para que estrategias como la RA no solo protejan la biodiversidad, sino que también empoderen a las poblaciones locales como guardianes activos de su territorio. Así, este capítulo refuerza el propósito central del libro al ofrecer estrategias prácticas y replicables para proteger el planeta, donde la RA se consolida como un puente entre el conocimiento científico, la acción colectiva y la preservación de nuestro patrimonio natural.

REFERÊNCIAS

ABATE, Tenaw G. *et al.* **Valuation of marine plastic pollution in the European Arctic: Applying an integrated choice and latent variable model to contingent valuation.** *Ecological Economics*, v. 169, p. 106521, mar. 2020.

ABU, Amjad; FOTIADIS, Anestis; ABDALLAH, Ali; TZUNG, Huan. **Enhancing pro-environmental behavior in tourism: Integrating attitudinal factors and Norm Activation Theory.** *Tourism Management*, v. 109, p. 105155, ago. 2025.

AGRO ORIENTE VIVEROS. **Galería Virtual - Orquídeas.** Disponível em: <<https://www.orquideasamazonicas.com/es/Catalogo/Especie.php?seleccionar=300&Orquidea=1>>. Acesso em: 30 maio. 2025.

AJZEN, Icek. **The theory of planned behavior.** *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, v. 50, n. 2, p. 179–211, dez. 1991.

AKSOY, Serra; DEMIRCIOGLU, Pinar; BOGREKCI, Ismail. **Web-Based AI System for Detecting Apple Leaf and Fruit Diseases.** *AgriEngineering*, v. 7, n. 3, p. 51, 20 fev. 2025.

APAZA, Cynthia M. *et al.* **Quality of service of accommodation establishments as a factor in tourism competitiveness.** *International Journal of Innovative Research and Scientific Studies*, v. 7, n. 3, p. 1128–1139, 29 abr. 2024.

ARISTA, Jessy P. *et al.* **(Laeliinae), a new species from a montane wet forest of the Private Conservation Area La Pampa Del Burro, Amazonas, Peru.** *Lankesteriana*, 29 ago. 2023.

ARIZA, Carla P.; ZUBIRIA, Lili M.; DAZA, Bertha C. **Environmental education, bioethics and Agenda 2030: an urgent episteme in the university.** *Encuentros (Maracaibo)*, n. 23, p. 174–184, 1 jan. 2025.

AROCA, Catalina; LLORENTE, Carmen. **Diseño, construcción y validación de rúbrica para medir la motivación en Educación Infantil con el uso de Realidad Aumentada.** *Innoeduca. International Journal of Technology and Educational Innovation*, v. 9, n. 1, p. 143–156, 1 jun. 2023.

ATTANASI, Giuseppe; BULJAT, Barbara; FESTRÉ, Agnès; GUIDO, Andrea. **Raising environmental awareness with augmented reality.** *Ecological Economics*, v. 233, p. 108563, jul. 2025.

BAABDULLAH, Abdullah M. *et al.* **Usage of augmented reality (AR) and development of e-learning outcomes: An empirical evaluation of students' e-learning experience.** *Computers & Education*, v. 177, p. 104383, fev. 2022.

BANDURA, Albert. **Social Cognitive Theory of Mass Communication.** *Media Psychology*, v. 3, n. 3, p. 265–299, ago. 2001.

BELTRÁN, Gonzalo A. **Implementation of a Visual Augmented Reality Method in a Carpentry Course: A Case Study.** *Electronic Journal of e-Learning*, v. 22, n. 3, p. 141–159, 20 dez. 2024.

BELTRÁN, Gonzalo; HUERTAS, Adriana P. **Augmented Reality for the Development of Skilled Trades in Indigenous Communities: A Case Study.** *Electronic Journal of e-Learning*, 20 set. 2023.

BERMAN, Barry; POLLACK, Debra. **Strategies for the successful implementation of augmented reality.** *Business Horizons*, v. 64, n. 5, p. 621–630, set. 2021.

BRANNON, Jennifer; MCLEAN, Graeme; SHAH, Esta; MACK, Rhonda. **Blending the real world and the virtual world: Exploring the role of flow in augmented reality experiences.** *Journal of Business Research*, v. 122, p. 423–436, jan. 2021.

BRIDA, Juan G; ROSAS, Erika L; GIMÉNEZ, María N. **Dark satisfaction in Guanajuato's Mummies Museum visitors.** *Journal of Tourism, Heritage and Services Marketing*, v. 9, n. 1, p. 15–24, 2023.

BURSALI, Hamiyet; YILMAZ, Rabia M. **Effect of augmented reality applications on secondary school students' reading comprehension and learning permanency.** *Computers in Human Behavior*, v. 95, p. 126–135, jun. 2019.

BUZZAO, Davide; STEININGER, Lukas; GUALA, Dimitri; SONNHAMMER, Erik L. **The FunCoup Cytoscape App: multi-species network analysis and visualization.** *Bioinformatics*, v. 41, n. 1, 26 dez. 2024.

CABERO, Julio; BARROSO, Julio; LLORENTE, Carmen; FERNÁNDEZ, María M. **Educational Uses of Augmented Reality (AR): Experiences in Educational Science.** *Sustainability*, v. 11, n. 18, p. 4990, 12 set. 2019.

CASTRO, Jairo; GUTIÉRREZ, Juan C.; BELLIDO, Juan J.; BÁEZ, José C. **Distribution modelling of jellyfish in Spanish coastal areas: An approach based on the maximum entropy principle.** *Ocean & Coastal Management*, v. 266, p. 107694, jul. 2025.

CHAUDHARY, Manjula; ISLAM, Naser U. **Tourists' risk perception towards Kashmir valley: An analysis using Tourism Risk Index.** *Journal of Tourism, Heritage and Services Marketing*, v. 9, n. 1, p. 48–57, 2023.

CHEN, Xin; CHENG, Zhen; YANG, Hui. **Empowering pro-environmental behavior in tourists through digital media: the influence of eco-guilt and empathy with nature.** *Frontiers in Psychology*, v. 15, 9 maio 2024.

CHOWDHURY, Mohammed Z. **Evaluation of agarwood oil authenticity with smartphone-based handheld near-infrared spectrometer.** *Microchemical Journal*, v. 209, p. 112792, fev. 2025.

COLLAZOS, Erik M.; ROJAS, Josué C.; RIOJA, William; OLIVO, Jesús A. **Percepción del impacto del Turismo rural en el Desarrollo sostenible del distrito Colcamar, Amazonas-Perú.** *Revista Ñeque*, v. 7, n. 18, p. 165–179, 17 maio 2024.

CORONEL, Elver *et al.* **Género gynoxys cass (asteraceae) en el departamento de Amazonas, Perú: distribución y nuevos registros.** *Folia Amazónica*, v. 32, n. 2, p. e32724, 31 dez. 2023.

DAVICINO, Giuliana; LABAQUE, María C.; GARCIA, Leticia. **Escritos sobre la Biología y su enseñanza.** In: *Córdoba: Revista Bio-grafía*, 2022. Disponível em: <<https://revistas.upn.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/18445>>. Acesso em: 27 maio. 2025.

DOIG, Federico. **Primera expedición arqueológica a los mausoleos chachapoya (S)1 de la laguna de las momias (Dpto. de Amazonas, Perú).** *Chungara*, v. 32, n. 1, p. 49–54, 2000.

DORIGONI, Alessia; BONINI, Nicolao. **Water bottles or tap water? A descriptive-social-norm based intervention to increase a pro-environmental behavior in a restaurant.** *Journal of Environmental Psychology*, v. 86, p. 101971, mar. 2023.

DOUKIANOU, Stella; LALIOTI, Vali. **Ethical Extended Reality: Bridging Technology and Cultural Heritage.** In: *IEEE*, 21 out. 2024.

DUELLMAN, William E. **Uma nova espécie de perereca-marsupial (Anura: Hemiphractidae: Gastrotheca) dos Andes do norte de Perú.** *Phyllomedusa: Journal of Herpetology*, v. 12, n. 1, p. 3, 18 jun. 2013.

FÉLIX, Axel F. *et al.* **Integration of YOLOv8 Small and MobileNet V3 Large for Efficient Bird Detection and Classification on Mobile Devices.** *AI*, v. 6, n. 3, p. 57, 13 mar. 2025.

FENNELL, David A. **Empathy in animal-based tourism contrasting constructed care and care ethics at a captive wildlife venue.** *Tourism Recreation Research*, v. 49, n. 6, p. 1222–1237, 7 nov. 2024.

FERNÁNDEZ, Bárbara; DUARTE, Ana. **Analysis of scientific production in WOS on augmented reality and early childhood education.** *Innoeduca. International Journal of Technology and Educational Innovation*, v. 9, n. 2, p. 82–95, 1 dez. 2023.

FERNANDEZ, Robin *et al.* **Dos nuevas especies de Magnolia de los extremadamente amenazados bosques montanos del norte de Perú.** *Brittonia*, v. 72, n. 3, p. 324–336, 20 set. 2020.

GUZMÁN, Wagner; ORIHUELA, Carlos E.; VÁSQUEZ, Felipe; ARÉVALO, Luis Alberto. **Evaluation of the impact on the productivity of coffee and cocoa crops with agroforestry systems in the departments of Amazonas and San Martín, Perú.** *Economía Agraria y Recursos Naturales*, v. 24, n. 1, p. 99–125, 28 jun. 2024.

HART, Adam G. *et al.* **Assessing the accuracy of free automated plant identification applications.** *People and Nature*, v. 5, n. 3, p. 929–937, 27 jun. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA (INEI). **Resultados Definitivos.** Disponível em: <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1567/01TOMO_01.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2024.

ISLEY, Steven C.; KETCHAM, Robert; ARENT, Douglas J. **Using augmented reality to inform consumer choice and lower carbon footprints.** *Environmental Research Letters*, v. 12, n. 6, p. 064002, 1 maio 2017.

JONES, Hamlyn G.; JONES, Amanda J. **Application and pitfalls of the use of plant ID apps for urban flora and citizen science studies.** *Plant Ecology & Diversity*, p. 1–9, 21 mar. 2025.

LAPOLA, David M. *et al.* **The drivers and impacts of Amazon forest degradation.** *Science*, v. 379, n. 6630, 27 jan. 2023.

LAVOYE, Virginie; MERO, Joel; TARKIAINEN, Anssi. **Consumer behavior with augmented reality in retail: a review and research agenda.** *The International Review of Retail, Distribution and Consumer Research*, v. 31, n. 3, p. 299–329, 27 maio 2021.

LEHR, Edgar *et al.* **A New Species of Toad (Anura: Bufonidae: Rhinella) from Northern Peru.** *Taxonomy*, v. 1, n. 3, p. 210–225, 31 jul. 2021.

LEVSTEK, Maruša *et al.* **Immersive storytelling for pro-environmental behaviour change: The Green Planet augmented reality experience.** *Computers in Human Behavior*, v. 161, p. 108379, dez. 2024.

MARDONES, Rodolfo E; BERROETA, Héctor. Psicología ambiental en América Latina. **Revista Interamericana de Psicología/Interamerican Journal of Psychology**, v. 58, n. 2, p. e1994, 9 set. 2024.

MARMANILLO, Luigi. **Plan para potenciar el desarrollo del turismo sostenible en las áreas de la Red AMA.** Lima: Sociedad Peruana de Derecho Ambiental (SPDA), 2017.

MONTOYA, Régulo *et al.* **Turismo Sostenible y Desarrollo Local: Análisis de Políticas Públicas Efectivas.** *Prohominum*, v. 6, n. 3, p. 182–194, 19 set. 2024.

MORI, Moises; MORI, Pepe O; GARCÍA, C. **Turismo sostenible teniendo como base la evaluación de geositos.** *Universidad y Sociedad*, v. 14, n. 3, 2022.

PASCA, Laura; LUÍS, Sílvia. **Introduction to the PsyEcology 15(3) Special Issue 'People and places in a changing world: socio-spatial behaviour for sustainability. XVI Conference of Environmental Psychology (PSICAMB 2022).** *PsyEcology: Bilingual Journal of Environmental Psychology*, v. 16, n. 1, p. 5–8, 6 fev. 2025.

PENG, Li; PAN, Chi; INDARTI, Indarti; MOHAMMAD, Adam. **A Preliminary Study on the New Southbound International Co-creation and Design Empowerment of Ethnic Studies - A.R. Application of the Taivoan Tribe.** In: [S.l.: S.n.], p. 309–324.

RAUSCHNABEL, Philipp A. *et al.* **What is XR? Towards a Framework for Augmented and Virtual Reality.** *Computers in Human Behavior*, v. 133, p. 107289, ago. 2022.

RAUSCHNABEL, Philipp A.; HÜTTL, Verena; AHUVIA, Aaron C.; SCHEIN, Katrin E. **Augmented reality marketing and consumer-brand relationships: How closeness drives brand love.** *Psychology & Marketing*, v. 41, n. 4, p. 819–837, 18 abr. 2024.

SERVICIO NACIONAL DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS POR EL ESTADO (SERNANP). **Conoce más sobre el gallito de las rocas, ave nacional del Perú que se conserva en 22 áreas naturales protegidas.** Disponível em: <<https://www.gob.pe/institucion/sernanp/noticias/884277-conoce-mas-sobre-el-gallito-de-las-rocas-ave-nacional-del-peru-que-se-conserva-en-22-areas-naturales-protegidas>>. Acesso em: 30 maio. 2025.

SIMON, Herbert A. **A Behavioral Model of Rational Choice.** *The Quarterly Journal of Economics*, v. 69, n. 1, p. 99, fev. 1955.

SKOKANOVÁ, Katarína; JAKAB, Imrich. **Mobile Citizen Science Applications for Teaching Biodiversity Within the Third Cycle of Elementary Education.** In: [S.l.: S.n.], p. 235–247.

SOCIEDAD PERUANA DE DERECHO AMBIENTAL (SPDA). **Conoce al colibrí cola de espátula, una de las aves más bellas del planeta.** Disponível em: <<https://www.actualidadambiental.pe/conoce-al-colibri-cola-de-espatula-una-de-las-aves-mas-bellas-del-planeta/#>>>. Acesso em: 30 maio. 2025.

SONG, Yuzhou *et al.* **Three-dimensional varifocal meta-device for augmented reality display.** *Photonix*, v. 6, n. 1, p. 6, 10 mar. 2025.

STUCCHI, Marcelo *et al.* **A 6,000+ year-old specimen of a spectacled bear from an Andean cave in Peru.** *Ursus*, v. 20, n. 1, p. 63–68, abr. 2009.

THANH, Vu T; HONG, Nguyen T; THU, Dang. **Environmental Education and its Role in Enhancing Intention to Separate Waste: Evidence from Higher Education in Vietnam.** *Salud, Ciencia y Tecnología - Serie de Conferencias*, v. 4, p. 1346, 1 jan. 2025.

VELARDE, Davis; SANABRIA, Jorge; RAMÍREZ, Maria S.; CEBRAL, Manuel. **Augmented Reality in Educational Innovation: A Literature Mapping Review.** In: *Communication and Applied Technologies*. [S.l.]: ICOMTA , 2024. v. 375 p. 49–58.

VENEGAS, Pablo J.; TOWNSEND, Josiah H.; KOCH, Claudia; BÖHME, Wolfgang. **Two New Sympatric Species of Leaf-Toed Geckos (Gekkonidae: Phyllodactylus) from the Balsas Region of the Upper Marañon Valley, Peru.** *Journal of Herpetology*, v. 42, n. 2, p. 386–396, jun. 2008.

VYGOTSKY, L. S. **Mind in society: Development of higher psychological processes.** United States Of America: Harvard University Press, 1978.

YOUCHEN, Zhen *et al.* **Grassland locust species intelligent identification APP system based on improved ResNetSO.** *Journal of Chinese Agricultural Mechanization*, v. 46, n. 5, p. 68–78, 2025.

APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS COMERCIALES MEDIANTE PRODUCCIÓN DE HUMUS CON *EISENIA FOETIDA*: UNA PROPUESTA BASADA EN ECONOMÍA CIRCULAR

Liz Emperatriz Velásquez-Mauricio

Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú (UNTRM)

Nemecio Chauca-Rituay

Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú (UNTRM)

Moises Mori-Huaman

Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú (UNTRM)

Yesica Rojas-Bravo

Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú (UNTRM)

Harver Aldrick Luna-Maicelo

Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú (UNTRM)

Leif Armando Portal-Cahuana

Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú (UNTRM)

RESUMEN

La alarmante acumulación de residuos orgánicos en Chachapoyas - Perú exige una intervención urgente mediante economía circular, transformando desechos en recursos valiosos para frenar la contaminación, proteger la salud y enfrentar el cambio climático. Este estudio, de enfoque mixto, tiene como objetivo diseñar una propuesta estratégica basada en el modelo de economía circular para el aprovechamiento de los residuos orgánicos generados por las juguerías del Mercado Modelo de Chachapoyas. Para el logro de este objetivo, se propone dividir el estudio en dos etapas; la primera, abarca desde la socialización del proyecto hasta la producción de humus de lombriz *Eisenia foetida*. Posteriormente, con el producto ya desarrollado, se dio paso a la segunda etapa en la que se realizó el análisis del proceso y se buscó fomentar prácticas sostenibles. Como resultado se presenta una estrategia para la producción de cuyes basada en el modelo de economía circular. Se concluye que la propuesta de transformar los residuos de estos comercios lo convierte en un recurso valioso, creando un ciclo sostenible en la gestión de los residuos, aportando así acciones a la mitigación del cambio climático.

Palabras-Clave: Sostenibilidad; Valorización de Residuos; Emprendimiento Sostenible.

INTRODUCCIÓN

Se estima que, a nivel mundial, para el 2050 existirán 3.800 millones de toneladas de residuos sólidos urbanos acumulados (Programa del Medio Ambiente de las Naciones Unidas UNEP y Asociación Internacional de Residuos Sólidos ISWA, 2024). La cantidad de residuos generados por las personas y la industria contribuyen a la acumulación de estos desechos, generando contaminación ambiental, riesgos a la seguridad y salud pública (Domingo, 2024), llegando a convertirse en un serio problema público que involucra a todos. De ello que, una gestión correcta de residuos sea vital, no solo para disminuir las consecuencias de la acumulación, sino porque contribuye al desarrollo sostenible y mitigación del cambio climático. Pues, una disposición inadecuada, como el vertido a rellenos sanitarios o quema a cielo abierto generan grandes cantidades de gases de efecto invernadero, especialmente metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2), que son los que contribuyen en gran medida al calentamiento global (Kaza et. al., 2018). En esta línea, diversas estrategias de gestión, reciclaje y disposición adecuada de residuos se han abordado con el fin de eliminar este problema (Chen *et al.*, 2021). Sin embargo, los retos son mayores en términos de cantidad de desechos, su origen, su composición, así como, los métodos que se emplean para su eliminación.

En el Perú se recolecta al rededor 26 mil toneladas de residuos sólidos diariamente por medio de sus 1860 municipalidades que han reportado esta actividad (Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI, 2021a). Uno de los departamentos que registra municipalidades que no realizan esta labor, es el departamento de Amazonas, a pesar de ello, este departamento recolecta diariamente de 150.9 toneladas promedio de residuos por medio de sus 81 municipios activos en esta labor. De estas, 39 destinan lo recogido a rellenos sanitarios (INEI, 2021-b). Esta situación evidencia una gestión parcial e insuficiente de los residuos sólidos en la región, poniendo en manifiesto que existe la necesidad de fortalecer los sistemas locales de manejo y disposición final de los residuos con prácticas más sostenibles con el medio ambiente.

Chachapoyas es uno de los distritos del departamento de Amazonas, donde se generan aproximadamente 36.26 toneladas de residuos sólidos diarios (Municipalidad Provincial de Chachapoyas MPCH, 2024). Estos no solo

afectan al medio ambiente, sino son parte de una problemática social, pues son depositados en la quebrada El Atajo, contaminando el río Sonche, afluente del Utcubamba, principal río del departamento y fuente de acceso de agua de cultivo para varios distritos e incluso para consumo humano, afectando a no solo a la salud pública, sino a la calidad de vida de las personas. De ello que, fuera declarado en emergencia en el 2019 (Ministerio del Ambiente MINAM, 2019). Ante este escenario, se torna necesario adoptar un nuevo enfoque, como la economía circular, que permita revalorizar los residuos en recursos, promoviendo su aprovechamiento dentro de las actividades productivas y reduciendo así la presión ambiental y social que actualmente están generando.

Principalmente, los residuos recolectados por el distrito son, en su mayoría, materiales orgánicos. Se estima que aproximadamente el 42% de los residuos recolectados en establecimientos comerciales corresponde a residuos de tipo orgánico, mientras que en el ámbito doméstico esta proporción asciende a cerca del 66% del total recolectado (Canelo, 2020). A pesar de que la población se encuentra satisfecha con las estrategias adoptadas por la municipalidad, como el servicio de recojo de residuos por tipo de desecho y el trueque de residuos domésticos utilizables por abono previamente preparado (Albújar et. al., 2024), estas resultan insuficientes. Ello se debe, entre otros factores, a que no abarcan una proporción significativa de los residuos, ya que, en su mayoría, estos no son segregados en origen. Muestra de ello es que, al mes, recolectan poco más de 10 toneladas de residuos inorgánicos mediante la iniciativa de trueque (Albújar et. al., 2024), lo que representa menos del 1% de la cantidad de basura que la ciudad recolecta, mencionada en el párrafo anterior. Como consecuencia, una proporción significativa de residuos continúa siendo dispuesta de manera inadecuada en el botadero municipal.

Por ello, se hace necesaria la implementación de un plan de gestión debidamente estructurado, que fortalezca los mecanismos de valorización y que esté orientado a incidir de manera positiva en el desarrollo de hábitos ambientales sostenibles por parte de la población y comercios del distrito.

Una institución comercial ubicada en Chachapoyas es el Mercado Modelo, que genera una cantidad significativa de residuos orgánicos, producidos especialmente por juguerías que se encuentran establecidas dentro de este, existen 24 comercios que por la naturaleza de su negocio generan gran

cantidad de este tipo de residuos. Siendo perjudiciales no solo para el ambiente sino para las personas (Domingo, 2024). Residuos que, si no son gestionados adecuadamente, han de acumularse generando contaminación, produciendo malos olores y atrayendo plagas.

De ello que, un correcto aprovechamiento de la cantidad de residuos orgánicos generados ofrecería una solución, transformándolos en un recurso valioso, como lo es el humus de lombriz *Eisenia foetida*, que contiene nutrientes y características viables como fertilizante de suelos y suplemento para plantas, útil para resolver el problema de acumulación de desechos (Rincones et. el, 2023). Beneficiando no solo al mercado y a la población, sino también a la economía y al ambiente. Contribuyendo, a cerrar el ciclo de los materiales, en una llamada economía circular, con producción de humus de lombriz de residuos orgánicos generados específicamente por las juguerías de este mercado, promoviendo así la innovación, sostenibilidad y la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero que tanto impactan al cambio climático (ONU, s-f).

Se han identificado propuestas que valoran el aprovechamiento de residuos, como generación de biogás, como fuente de energía, a partir del residuos sólidos (Khairuddin *et al.*, 2015); producción de enzimas, como sustrato, a partir de desechos agroindustriales (Kumla *et al.*, 2020); entre otros, que no solo ofrecen una alternativa sostenible para la gestión de los desechos; sino que, remarca la importancia de saber aprovechar los residuos, especialmente orgánicos, para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, promover la sostenibilidad y plantear oportunidades para población. Siendo también, una forma de aprovechar los residuos orgánicos, la producción de humus de lombriz, como abono orgánico fruto de un proceso dado por la degradación de la materia orgánica (Canales, 2020; Lino, 2023).

Al respecto, diversos estudios han demostrado que la aplicación de humus de lombriz mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, beneficiando a una amplia variedad de especies vegetales y la productividad de los cultivos, que lo convierte tanto en un componente no solo valioso sino sostenible (Domínguez *et al.*, 2010; Alvarez_Arias *et al.*, 2022; López *et al.*, 2018; Fernández *et al.*, 2021). Su principal importancia radica en la capacidad de mejorar las condiciones del suelo, al otorgarle un uso esencial como abono en la producción de diversos cultivos, permitiendo reducir la dependencia de

fertilizantes sintéticos y, en consecuencia, contribuir a la sostenibilidad, al disminuir la contaminación del suelo y del agua asociada al uso excesivo de dichos insumos químicos (Fernández *et al.*, 2021; Alvarez_Arias *et al.*, 2022). Evidenciando que los desechos pueden convertirse en recursos valiosos, susceptibles de ser aprovechados de manera sostenible, promoviendo el ingreso a una economía circular y reduciendo el impacto ambiental que estos generan.

Por su parte, el término economía circular ha ganado gran atención como un enfoque sostenible para un desarrollo económico, centrado en maximizar la eficiencia de los recursos, minimizando a su vez los desechos por medios de estrategias como el reciclaje, la reutilización y la maximización de uso de los recursos (Kaswan, 2023; Idrus, 2024; Obiuto, 2024). Su objetivo es mantener la máxima utilidad y valor de los productos, haciendo hincapié en el uso sostenible de estos (Hopff *et al.*, 2019; Kiaušienė, 2024). De ello que, la implementación de los principios de la economía circular en las prácticas empresariales no solo contribuye a la sostenibilidad económica, al promover la eficiencia de los recursos, sino que también aborda resolver problemáticas ambientales, como lo es la acumulación de desechos (Amanullah, 2024; Dijmarescu, 2022).

En esencia, la economía circular representa un cambio de la economía lineal tradicional de tomar, de hacer y de desperdiciar a un modelo más sostenible que enfatiza la optimización de los recursos, la reducción de desechos y el reciclaje (Duncan, 2023; Triệu, 2023). Desempeña, además, un papel crucial a la hora de abordar los desafíos ambientales, pues mejora la eficiencia de los recursos y promueve el crecimiento económico (Stamevska *et al.*, 2020; Popović y Radivojević, 2022; Amanullah, 2024); que, consecuentemente, traen ventajas como la reducción de costos, el aumento de ingresos y mitigación de riesgos (Beamer *et al.*, 2023). Lo que representa un cambio de paradigma hacia un sistema económico más sostenible y eficiente que no solo beneficia a la economía, sino que también contribuye a la protección del medio ambiente y la equidad social (Luz, 2022; Atapattu *et al.*, 2022). Por consiguiente, la economía circular ofrece un marco integral para abordar la problemática relacionada a la acumulación de residuos, pues el término permite repensar cómo se utilizan los recursos y cómo se gestionan los desechos, pero de una manera más eficiente y respetuosa con el medio ambiente.

Este estudio contribuye a la mitigación del cambio climático, al estimar la reducción de gases de efecto invernadero mediante el aprovechamiento de residuos orgánicos generados en las juguerías del Mercado Modelo de Chachapoyas. La transformación de estos residuos en abono orgánico, a través de la elaboración de humus de lombriz, permite el secuestro de carbono en el suelo (Panichini y Ovalle, 2020; Organismo Internacional de Energía Atómica IAEA, s-f) y una reducción posible de 91.9% de emisiones de metano (CH₄) que se liberarían si los residuos fueran dispuestos en un botadero (Canelo, 2020). Esta reducción de gases de efecto invernadero coloca a este estudio como una estrategia local, que además genera abono natural mejorando la salud del suelo, promoviendo un modelo más sostenible.

Con ello, el estudio se aporta al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 8 y 12 relacionados con el trabajo decente, crecimiento económico y, consumo y producción responsable (ONU, 2015). A nivel nacional, se alinea con el eje 2 y eje 3 de la Visión del Perú al 2050, enfocados en la gestión sostenible de la naturaleza y el desarrollo con empleo digno, respectivamente (CEPLAN, 2023). Además, contribuye al logro de los objetivos 2 y 3 del Plan Estratégico de Desarrollo Nacional al 2050, que promueven la gestión de un territorio sostenible y el aumento de la competitividad e innovación (CEPLAN, 2023), pues aumenta el conocimiento de cómo la reutilización de residuos bajo el enfoque de economía circular permite el desarrollo de la sociedad atendiendo a una problemática social que afecta al cambio climático.

A diferencia de estudios previos centrados únicamente en la disposición de residuos o la generación de humus, este estudio integra el proceso de transformación de residuos orgánicos en humus de lombriz y producción de pasto que sirva de alimento para cuyes, considerando como indicadores la eficiencia del proceso, interpretado en los kilos de humus producido por tonelada de residuo, y la propuesta de idea de negocio basada en economía circular. De ello que, se plantea responder la siguiente interrogante: ¿Cómo el aprovechamiento de residuos orgánicos de las juguerías del Mercado Modelo de Chachapoyas - Perú se convierte en una propuesta de idea de negocio basada en el modelo de economía circular?

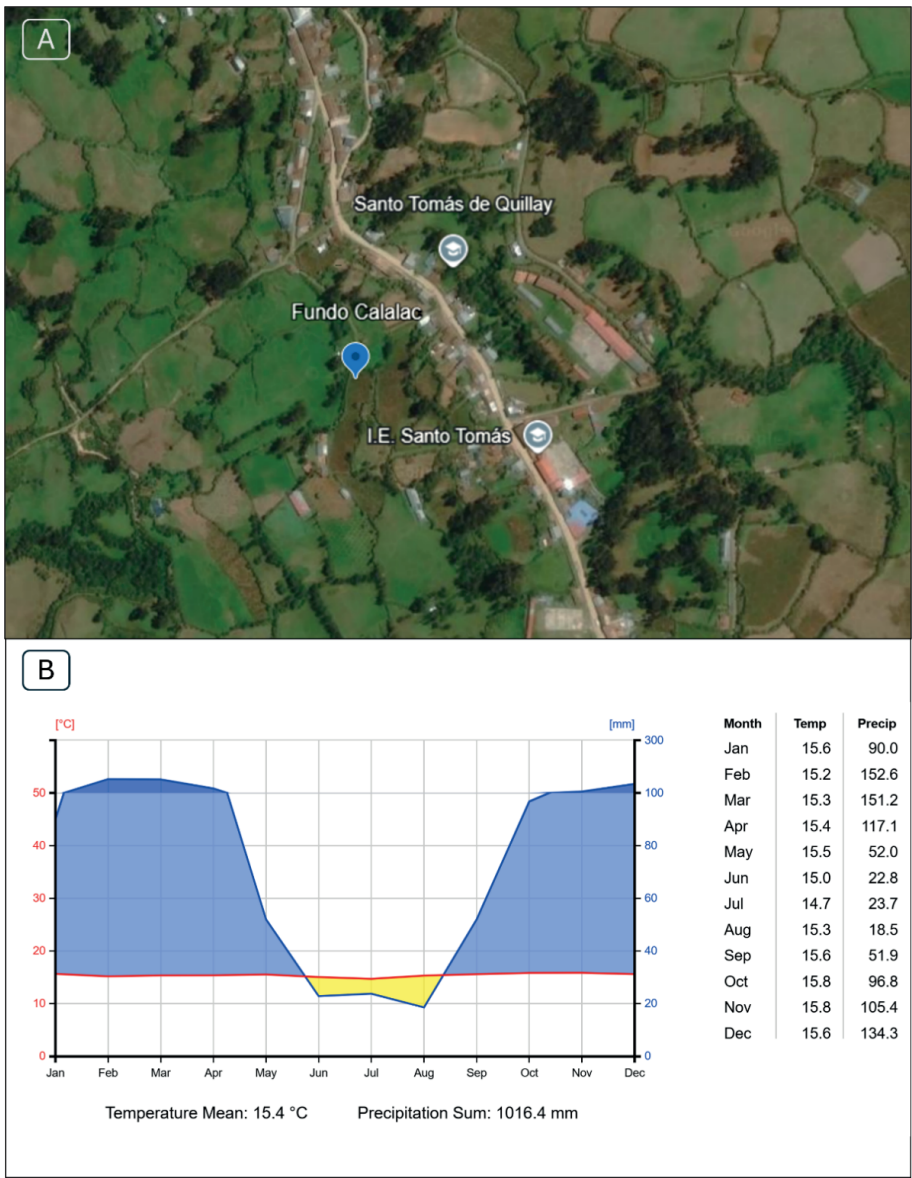
El objetivo es proponer una idea de negocio basada en el modelo de economía circular a partir del aprovechamiento de los residuos orgánicos generados por las juguerías del Mercado Modelo de Chachapoyas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Este estudio se llevó a cabo en el distrito de Santo Tomás, provincia de Luya, ubicado en el nororiente del Perú, en el departamento de Amazonas. El distrito se ubica a un 2840 msnm y presenta una temperatura promedio de 15.4°, así como precipitaciones anuales promedio de 1016.4 mm (figura 1). Se encuentra conformado por una población de 3012 habitantes (INEI, 2017). Así mismo, es conocido por comercializar productos a partir de la leche de vaca, además de productos agrícolas como arvejas, papa, maíz, entre otros.

Figura 1 - Climatograma y ubicación del Fundo Calalac.



Fuente: A: ClimateCharts.net (Zepner et. al., 2020); B: Google Earth.

Se instaló una planta piloto para el tratamiento de los residuos orgánicos en las instalaciones del fundo Calalac. Este fundo se ubica en la Villa de Santo Tomás (coordenadas 6°34'39"S, 77°51'49"O) y cuenta con acceso a una vertiente de agua natural denominada por los pobladores como "el chorro de Calalac",

siendo importante puesto que la producción de humus requiere mantener adecuadas condiciones de humedad.

Materia prima

La fuente de obtención de residuos orgánicos es la juguería “Medalith”, del Mercado Modelo de Chachapoyas, de la provincia de Chachapoyas del departamento de Amazonas. Esta juguería acumula al día aproximadamente 4 baldes de 20 litros de desechos orgánicos, que es utilizado como materia prima para la producción piloto de humus de lombriz de la especie *Eisenia foetida*.

Diseño de investigación

Se realizó el análisis de datos cualitativos como cuantitativos, enmarcado en un enfoque mixto de corte longitudinal (Hernández, 2014). De ello que, se dividió el trabajo en dos etapas, la primera abarcó desde la socialización del proyecto hasta la producción de humus de lombriz *Eisenia foetida*. Y, posteriormente, se dio paso a la segunda etapa, en la que se realizó el análisis del proceso y se buscó fomentar prácticas sostenibles (figura 2).

Figura 2 - Etapas del proceso de estudio.



Recolección de datos

El desarrollo del estudio se realizó durante marzo y diciembre del año 2024. En este periodo se recolectaron los datos llevando a cabo una serie de técnicas, así como la utilización de diversos instrumentos (figura 3).

Figura 3 - Técnicas e instrumentos.



Transformación

Primer momento: Etapa de Ejecución

Se realizó la socialización y concientización a la propietaria de la juguería “Medalith”, generando un cambio respecto al manejo de sus residuos orgánicos y promoviendo en ella una actitud responsable y proactiva con el estudio. Se le informó sobre los impactos ambientales de una disposición inadecuada de

residuos, así como los beneficios del aprovechamiento de estos mediante la producción de humus de lombriz y las posibles repercusiones en su negocio. La participación de las personas fue clave para garantizar el desarrollo del estudio. Además, esta etapa sirvió para conocer con mayor precisión las características de los residuos.

Se caracterizaron los residuos registrando los tipos de residuos identificados. Se diseñó un sistema de recolección de los residuos, teniendo en cuenta que la recolección sea de manera diaria para no afectar el buen funcionamiento de la juguería, para ello se utilizaron baldes de 20 litros, los cuales fueron canjeados por baldes vacíos en cada recojo. Los residuos recogidos de la juguería se llevaron a un espacio que sirvió de almacenaje hasta el término de la semana que fueron trasladados al fundo. En el fundo se clasificaron los residuos en las categorías encontradas como cítricos, bagazos, de origen vegetal, de origen animal y se añadió una categoría otros para los residuos que no encajaban en las categorías anteriores. Con esta clasificación se procedió a realizar un registro diario y semanal de los mismos, con el fin de obtener un promedio mensual.

Se diseñó e implementó el módulo piloto considerando las condiciones óptimas de temperatura y humedad, para ello se consideró que la producción de humus sea realizada en tierra garantizando así el hábitat y la cadena trófica de la especie. Se implementaron dos unidades de este módulo las cuales se pusieron a producción (figura 4).

El proceso de producción de humus de lombriz, inició con la selección de las especies *Eisenia foetida* que anteriormente se habían sembrado en varias zonas del fundo, para ello se cavó un espacio en la tierra de aproximadamente 90 cm. de ancho por 3 cm. de largo en donde se colocó una parte de los residuos orgánicos recolectados junto con estiércol de cuy previamente lavado y seco a una altura de 5 cm. aproximadamente, volviéndose a tapar con aproximadamente con 2 cm. de altura de la misma tierra. La temperatura, la humedad y aireación se midió con el método de tacto y aspecto, ajustándose constantemente con el fin de garantizar la producción y calidad del humus. Una vez realizada la captación de lombrices, una semana aproximadamente, se procedió a ir aplicando las mismas capas de residuos orgánicos mezclado con estiércol de cuy y cubierto de tierra, la tierra sirve de barrera natural de insectos, pues permite que durante la fase de descomposición de los residuos estos no se acerquen. Todo este proceso fue registrado en cantidades de residuos

orgánicos procesados como en la cantidad de humus producido. Se realizó la recolección final del humus de lombriz, que fue almacenado en sacos para su posterior uso. Se le dio uso al humus, en las siguientes semanas, en el sembrío de pastos que sirven de alimento de cuy.

Figura 4 - Imágenes del proceso.



Fuente: A: Juguerías del Mercado Modelo de Chachapoyas; B: Balde con residuos orgánicos; C: sistema para producción de humus; D: Proceso de producción de humus, cama de residuos orgánicos; E: Fase de descomposición de residuos con *Eisenia foetida*; F: Humus cernido; G: Pasto abonado en crecimiento.

Segundo momento: Etapa de Análisis

Se analizó el proceso teniendo en cuenta el modelo de economía circular, que busca extender el ciclo de vida de los productos reduciendo los residuos. De esta manera, se logra que los residuos de un producto que ya han sido utilizados se mantengan dentro de la economía y se pueda crear, a partir de estos, un nuevo producto. En este estudio se presenta una primera parte del análisis, que responde al objetivo propuesto, puesto que el estudio completo contempla una producción sostenible de carne de cuy, a partir de residuos orgánicos generados por las juguerías; pasando por la producción de humus de lombriz, sembrado de pastos que sirven de alimento del cuy, logrando una producción sostenible de esta proteína; manteniendo el círculo de la economía en un constante proceso de retroalimentación y aprovechamiento de recursos, donde los residuos se reinsertan en un nuevo ciclo productivo como materia prima, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental, económica y social (figura 5).

Cabe mencionar que todos los datos han sido registrados en el Software Excel y las imágenes han sido trabajadas con información del estudio en Napkin AI.

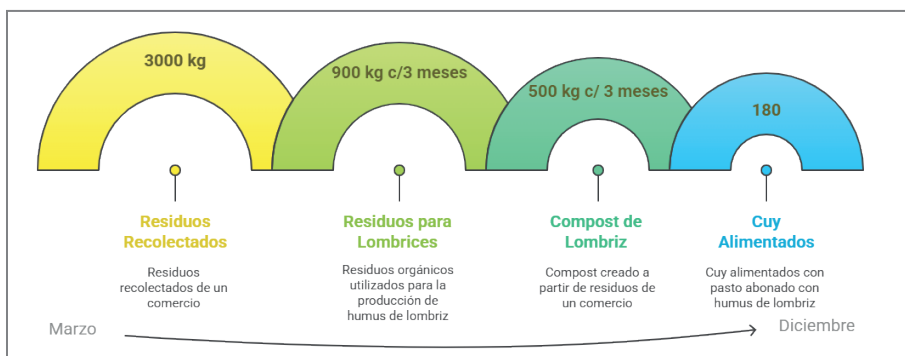
Figura 5 - Proceso de circularidad de Fundo Calalac.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante un periodo de diez meses, comprendido entre marzo y diciembre, se recolectaron aproximadamente 3.000 kilogramos de residuos orgánicos provenientes de una sola juguería ubicada en el Mercado Modelo de Chachapoyas. En la fase inicial del piloto, se utilizaron 900 kilogramos de residuos orgánicos vegetales, combinados con estiércol de cuy, los cuales fueron sometidos a un proceso de producción durante 12 semanas, obteniéndose 500 kilogramos de humus de lombriz *Eisenia foetida*. Esta etapa aún se encuentra en proceso de validación, enfocada en la mejora del sistema de producción a través del análisis microbiológico del humus, la evaluación de su calidad como fertilizante, y el estudio de los costos y el impacto ambiental asociados al transporte y procesamiento de los residuos.

Figura 6 - Cantidades del proceso.

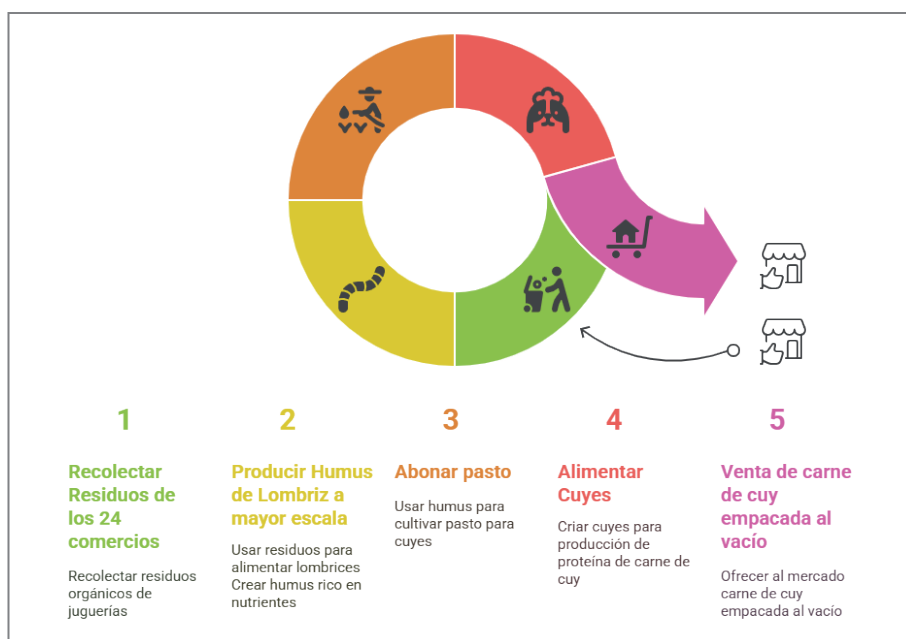


El humus obtenido fue aplicado como fertilizante en cultivos de pasto orgánico destinados a la alimentación de cuyes, en un ciclo de producción cerrado y sostenible. Se logró alimentar a 180 cuyes, cada uno alcanzando un peso promedio de 1 kg vivo tras una alimentación diaria de 350 gramos de pasto verde durante aproximadamente 2,5 meses. El ciclo de crecimiento del forraje fertilizado con humus varió entre 2 a 3 meses, demostrando la eficiencia del abono orgánico como insumo agrícola (figura 6), cumpliendo así el objetivo de diseñar una propuesta estratégica de aprovechamiento de residuos basada en la economía circular para las juguerías del Mercado Modelo de Chachapoyas.

Actualmente, se estudia la tasa de reproducción de los cuyes bajo este modelo, estimando un promedio de cuatro partos anuales con al menos tres crías por parto, lo que sugiere una potencial escalabilidad del sistema productivo. En la figura 7 se presenta el modelo estratégico basado en economía circular incluyendo los 24 comercios existentes en el mercado.

Esta práctica evidencia una interconexión efectiva entre la gestión de residuos, la producción agrícola y la seguridad alimentaria, alineándose con los principios de la economía circular. En concordancia con la teoría, la propuesta demuestra que la transformación de residuos orgánicos en insumos agrícolas no solo mitiga la contaminación ambiental, sino que propone una idea de negocio que genera valor económico y oportunidades para la población rural, especialmente en las zonas de los andes nororientales donde la crianza de cuyes constituye una actividad tradicional y económicamente significativa.

Figura 7 - Modelo de economía circular de Fundo Calalac.



En este contexto, la iniciativa de Calalac, puede ser concebida como una propuesta preliminar para el desarrollo de una startup sostenible, alineada con

las tendencias actuales en innovación ambiental. Según Zvirgzdina *et al.* (2019) y Todeschini *et al.* (2017), las startups sostenibles no solo buscan eficiencia financiera, sino también integran en su modelo de negocio valores sociales y ambientales. En consonancia, Sadma (2021) argumenta que las prácticas empresariales responsables son clave para abordar desafíos ambientales sin comprometer la viabilidad económica. Estas empresas, a menudo catalogadas como innovaciones verdes, reducen su impacto ambiental y generan beneficios a largo plazo (Alkathiri *et al.*, 2024).

No obstante, como señala la ONU (2023), se requieren transformaciones rápidas y sin precedentes, así como un liderazgo comprometido que promueva alianzas entre empresas, gobiernos e inversionistas para avanzar hacia los ODS. En este sentido, el aprovechamiento de residuos como materia prima para la producción de abono orgánico representa una solución innovadora y económicamente viable, tal como lo afirman Barco *et al.* (2023) y Pita y Miranda (2023), quienes destacan que el humus de lombriz no solo mejora la productividad agrícola, sino que también contribuye a la generación de empleo y a la mitigación del impacto ambiental.

Finalmente, se ha evidenciado en la última década, que el desarrollo de innovaciones ha cobrado importancia, representadas en propuestas relacionadas con la sostenibilidad que ofrecen oportunidades a la problemática de acumulación de residuos y las consecuencias que esta acarrea. Como las innovaciones que abarcan la producción de energías limpias (Chauca, 2010; Olano, 2015; Común, 2024), el compostaje (Chirito, 2024; Lino, 2023), la fabricación de productos (Sánchez-Bernal, 2019; Guerrero, 2024), destacando, de entre estas, el compostaje por ser eficientes y menos costosas, pues se logra en un menor tiempo de elaboración (Crisolo, 2020).

De este modo, iniciativas como la presentada no solo fortalecen el desarrollo de emprendimientos sostenibles en el ámbito agrario, sino que también posicionan al sector como un actor clave en la lucha contra el cambio climático y en la promoción de economías inclusivas y resilientes (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego MIDAGRI, 2021; Rasheed *et al.*, 2024). De ello, que se deben adoptar prácticas innovadoras que sumen esfuerzos para la gestión y eliminación de residuos.

CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos demuestran que la transformación de residuos orgánicos en humus de lombriz *Eisenia foetida* es una alternativa sostenible para la gestión de desechos en contextos rurales. La recolección de residuos provenientes de una sola juguería permitió producir abono orgánico de alta calidad, que, al ser aplicado en cultivos de pasto, sustentó exitosamente la alimentación de cuyes en un sistema cerrado de producción. Este modelo no solo redujo el impacto ambiental de los residuos, sino que también generó valor económico y social, fortaleciendo una cadena productiva integrada que impulsa la seguridad alimentaria y la generación de ingresos en zonas rurales.

La experiencia evidencia el potencial de replicabilidad y escalabilidad de este tipo de iniciativas en contextos similares, promoviendo la articulación entre la economía circular, la innovación ambiental y la inclusión productiva. Asimismo, posiciona al emprendimiento sostenible como una estrategia clave para enfrentar la problemática de acumulación de residuos, impulsar la agroindustria local y contribuir activamente a la construcción de territorios resilientes frente al cambio climático. Por tanto, se concluye que este tipo de propuestas pueden convertirse en motores de desarrollo con alto impacto ambiental, económico y social, siempre que cuenten con el respaldo técnico, organizativo y normativo necesario para su consolidación.

REFERENCIAS

ALBÚJAR, C.; MEDINA, I.; CASTRO, R. **Gestión del servicio de recolección y tratamiento de residuos sólidos y satisfacción de la población en la ciudad de Chachapoyas - Perú.** *Revista Venezolana de Gerencia*, Maracaibo, v. 29, n. 106, p. 609-622, 2024. DOI: <https://doi.org/10.52080/rvgluz.29.106.10> Acceso en: 01 mar. 2025.

ALKATHIRI, *et al.* **Knowledge management and sustainable entrepreneurship: a bibliometric overview and research agenda.** *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, v. 13, p. 38, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13731-024-00387-3>. Acceso en: 01 mar 2025.

ALVAREZ_ARIAS, C.; FERRO, A.; PEÑA, N.; HUARACA APARCO, R.; FLORES PACHECO, N.; CARBAJAL, J. **Fertilización con humus de lombriz (*Eisenia foetida*) en el crecimiento vegetativo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.).** *C&T Riqchary Revista de Investigación en Ciencia y Tecnología*, v. 4, n. 1, p. 39-45, 2022. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/367484650_Fertilizacion_con_humus_de_lombriz_Eisenia_foetida_en_el_crecimiento_vegetativo_del_cultivo_de_papa_Solanum_tuberosum_L. Acceso en: 02 mar. 2025.

AMANULLAH. **Pakistan's path to sustainability: Advancements in cleaner production, a circular economy, and climate-smart solutions.** *Journal of Agriculture, Food Systems, and Community Development*, v. 13, n. 3, p. 117-126, 2024. DOI: <https://doi.org/10.5304/jafscd.2024.133.021>. Acceso en: 01 mar 2025.

ATAPATTU, A. M. D. S.; CHANDANIE, H.; DILAKSHAN, R. **Importance of a value assessment tool in regenerating a circular built environment in Sri Lanka.** SANDANAYAKE, Y. G.; GUNATILAKE, S.; WAIDYASEKARA, K. G. A. S. (eds.). *Proceedings of the 10th World Construction Symposium*, 24-26 jun. 2022, Sri Lanka. [Online]. p. 558-570. DOI: <https://doi.org/10.31705/WCS.2022.45>. Acceso en: 12 feb. 2025.

BARCO, C.; GUERRERO, S.; ROMERO, T.; TELLO, C. **Modelo ProLab: humus de lombriz potenciado con nutrientes orgánicos de nitrógeno-potasio-fósforo (NPK) en presentación Grow Cubes, una propuesta sostenible para mejorar la calidad de los cultivos.** *Tesis (Magíster en Administración Estratégica de Empresas) – Pontificia Universidad Católica del Perú*, Lima, 2023. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/27048>. Acceso en: 12 feb. 2025.

BEAMER, K.; ELKINGTON, K.; SOUZA, P.; TUMA, A.; THORENZ, A.; KÖHLER, S.; KUKEA-SHULTZ, K.; KOTUBETEV, K.; WINTER, K. **Island and indigenous systems of circularity: how Hawai'i can inform the development of universal circular economy policy goals.** *Ecology and Society*, v. 28, n. 1, 2023. DOI: <https://doi.org/10.5751/es-13656-280109>. Acceso en: 22 feb. 2024.

CANALES GUTIÉRREZ, A. *et al.* **Crianza de *Eisenia foetida* (Lombriz Roja) en diferentes sustratos de desarrollo biológico.** *Ecología aplicada*, Lima, v. 19, n. 2, p. 87-92, jul. 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v19i2.1559>. Acceso en: 24 feb. 2024.

CENTRO NACIONAL DE PLANEAMIENTO ESTRATÉGICO (CEPLAN). **Resumen ejecutivo: Plan Estratégico de Desarrollo Nacional al 2050.** 1. ed. 2023. Disponible en: <https://peru2050.ceplan.gob.pe/wp-content/uploads/2023/12/Resumen-ejecutivo-PEDN-Peru-2050-Ceplan.pdf>. Acceso en: 30 mar. 2024.

CHEN, H.; NATH, T.; CHONG, S.; FOO, V.; GIBBINS, C.; LECHNER, A. **The plastic waste problem in Malaysia: Management, recycling and disposal of local and global plastic waste.** *SN Applied Sciences*, v. 3, n. 4, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42452-021-04234-y>. Acceso en: 11 may. 2025.

CHIRITO, C. **Aprovechamiento de fertilizante a base de residuos de pescado para obtener mayor rendimiento ecológico de lechuga (*Lactuca sativa* L.), en Barranca, 2023.** *Tesis (Maestría) – Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión*, Huacho, 2024. Disponible en: <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/8812>. Acceso en: 12 feb. 2025.

CHAUCA RITUAY, N. **Propuesta para manejo sustentable de la ganadería en Santo Tomás – región Amazonas.** *Tesis (Título profesional en Ingeniería Industrial) – Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas*, Chachapoyas, 2010. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14077/967>. Acceso en: 12 mar. 2025.

COMÚN, M. **Eficiencia de un biorreactor implementado con tecnologías de control para la producción de biogás y biol en la Granja Común - 2022.** Tesis (Título profesional de Ingeniero Ambiental) – Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental, Universidad Continental, Huancayo, 2024. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12394/14567>. Acceso en: 12 feb. 2025.

CRISOLO, L. **Técnicas de aprovechamiento de residuos orgánicos como alternativa de uso sostenible.** Tesis (Bachiller en Ingeniería Ambiental) – Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental, Universidad Científica del Sur, Lima, 2020. <https://doi.org/10.21142/tb.2020.1540>. Acceso en: 17 feb. 2024.

DIJMARESCU, E. **How “Circular” Is the Supply Chain? Study case: impact of the corporate social responsibility on the circular economy within the power energy supply chain.** *New Trends in Sustainable Business and Consumption*, 2022. DOI: <https://doi.org/10.24818/basiq/2022/08/080>. Acceso en: 24 mar. 2025.

DOMINGO, N. **Generalised linear modelling for construction waste estimation in residential projects: case study in New Zealand.** *Sustainability*, v. 16, n. 5, p. 1941, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/su16051941>. Acceso en: 24 mar. 2025.

DOMÍNGUEZ, J.; LAZCANO, C.; GÓMEZ-BRANDÓN, M. **Influencia del vermicompost en el crecimiento de las plantas. Aportes para la elaboración de un concepto objetivo.** *Acta Zoológica Mexicana (N S)*, v. 26, p. 359–371, 2010. DOI: <https://doi.org/10.21829/azm.2010.262900>. Acceso en: 20 ene. 2024.

DUNCAN, A. **Applying circular economy principles to intensification of livestock production in Sub-Saharan Africa.** *Outlook on Agriculture*, v. 52, n. 3, p. 327–338, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1177/00307270231199116>. Acceso en: 20 ene. 2024.

FERNÁNDEZ, P.; FIGUEROA, O.; ORIHUELA, J.; PÉREZ, A.; MENDOZA, A.; FERNÁNDEZ, A.; ACOSTA, M.; ARCE, V. **Influence of vermicompost in the yields of Vitis vinifera L. Malbec in Ica, Peru.** *Idezia (Arica)*, v. 39, n. 4, p. 121–128, 2021. DOI: <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292021000400121>. Acceso en: 20 ene. 2024.

GOOGLE EARTH. **Coordenadas geográficas: -6.57852523, -77.86436414.** *Vista digital interactiva.* [s.l.], [s.f.]. Disponible en: <https://earth.google.com/web/@-6.57852523,77.86436414,2793.29127677a,656.64238877d,35y,359.99972459h,0t,0r/data=CgRCAGgBOgMKATBCAggASggl7O-AkAEQAA>. Acceso en: 12 may. 2025.

GUERRERO, N. **Propuesta de instalación de una línea de producción de cartón para aprovechar la cáscara de maracuyá en una empresa agroindustrial.** 2024. Tesis (Licenciatura) – Facultad de Ingeniería, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo (USAT), Chiclayo, 2024. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12423/7324>. Acceso en: 20 ene. 2025.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, R.; FERNÁNDEZ COLLADO, C.; BAPTISTA LUCIO, P. **Metodología de la investigación.** 6. ed. México D.F.: McGraw-Hill, 2014. Disponible en: https://www.academia.edu/32697156/Hern%C3%A1ndez_R_2014_Metodologia_de_la_Investigacion. Acceso en: 16 dic. 2023.

HOPFF, B.; NIJHUIS, S.; VERHOEF, L. **New dimensions for circularity on campus – Framework for the application of circular principles in campus development.** *Sustainability*, v. 11, n. 3, p. 627, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11030627>. Acceso en: 20 ene. 2024.

IDRUS, R. **Analysis of the relationship between the implementation of circular economy principles and financial inclusion to poverty alleviation in Indonesia.** *WSSHS*, v. 2, n. 04, p. 631–640, 2024. DOI: <https://doi.org/10.58812/wsshs.v2i04.792>. Acceso en: 26 ene. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA (INEI). **Censos Nacionales de Población y Vivienda 2017.** Disponible en: <https://censos2017.inei.gob.pe/redatam/>. Acceso en: 5 jun. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA (INEI). **Cantidad promedio diaria de residuos sólidos recolectados, según departamento**, 2021a. Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/indices_tematicos/65_3.xlsx. Acceso en: 6 jul. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA (INEI). **Municipalidades que destinan parte o todo de los residuos sólidos recolectados al relleno sanitario, según departamento**, 2020-2021b. Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/indices_tematicos/67_3.xlsx. Acceso en: 6 jul. 2024.

KASWAN, M. **Integrating circular economy aspects with manufacturing planning: an MSME perspective**. *E3s Web of Conferences*, v. 453, p. 01007, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202345301007>. Acceso en: 6 jul. 2024.

KAZA, S.; YAO, L.; BHADA-TATA, P.; VAN WOERDEN, F. **What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050**. *Urban Development*. Washington, DC: World Bank, 2018. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10986/30317>. Acceso en: 6 jul. 2024.

KHAIRUDDIN, N.; MANAF, L.; HASSAN, M.; GHANI, W.; HALIMOON, N. **Biogas harvesting from organic fraction of municipal solid waste as a renewable energy resource in malaysia: a review**. *Polish Journal of Environmental Studies*, v. 24, p. 1477-1490, 2015. DOI: <https://doi.org/10.15244/pjoes/34670>. Acceso en: 7 jul. 2024.

KIAUŠIENĖ, I. **Application of circular economy principles in the tourism sector**. *Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development*, v. 46, n. 1, p. 31-44, 2024. DOI: <https://doi.org/10.15544/mts.2024.04>. Acceso en: 12 ene. 2025.

KUMLA, J.; SUWANNARACH, N.; SUJARIT, K.; PENKHRUE, W.; KAKUMYAN, P.; JATUWONG, K.; VADTHANARAT, S.; LUMYONG, S. **Cultivation of mushrooms and their lignocellulolytic enzyme production through the utilization of agro-industrial waste**. *Molecules*, v. 25, n. 12, p. 2811, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules25122811>. Acceso en: 6 jul. 2024.

LINO MOLINA, C. **Evaluación de humus con harina de rocas compuestas, para la producción de albahaca (*Ocimum Basilicum*) en el huerto del centro ecológico la lombriz feliz - SJL**, 2023. *Tesis (Licenciatura) – Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad Científica del Sur*, Lima, 2023. DOI: <https://doi.org/10.21142/tl.2023.3025>. Acceso en: 6 jul. 2024.

LÓPEZ, M.; RUVALCABA, L.; VALDÉS, T.; ALCARAZ, T.; BOJÓRQUEZ, G.; OSUNA, T. **Respuesta del tomate cultivado en hidroponía con soluciones nutritivas en sustrato humus de lombriz-fibra de coco**. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, v. 5, n. 5, p. 807-818, 2018. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v5i5.903>. Acceso en: 6 jul. 2024.

MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO (MIDAGRI). **Decreto Supremo que aprueba la Política Nacional Agraria 2021 - 2030 - DECRETO SUPREMO - No 017-2021-MIDAGRI**, 2021. Disponible en: <https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/1975873-14>. Acceso en: 22 jul. 2024.

MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM). Resolución Ministerial N°099-2019-MINAM. **Declaran en emergencia la gestión y manejo de residuos sólidos en la ciudad de Chachapoyas y Huancas, provincia de Chachapoyas, Región Amazonas**, 2019. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/271664-099-2019-minam>. Acceso en: 6 jul. 2024.

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CHACHAPOYAS (MPCH). **Acuerdo de Concejo N° 058-2024-MPCH. Aprobar la Ordenanza Municipal que Aprueba la Propuesta de Proyecto de la Formalización de Recicladores en la Provincia de Chachapoyas**. 2024. Disponible en: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/7140518/6129329-acuerdo-de-concejo_2024_058.pdf. Acceso en: 14 abr. 2025.

OBIUTO, N. **Implementing circular economy principles to enhance safety and environmental sustainability in manufacturing.** *IJAMRS*, v. 4, n. 2, p. 22-29, 2024. DOI: <https://doi.org/10.62225/2583049x.2024.4.2.2432>. Acceso en: 6 may. 2025.

OLANO, E. **Producción de biogás a partir de aguas mieles y pulpa de café (Coffea arabica) en el Distrito de Copallín, Bagua – Amazonas, 2017.** *Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental. Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza*, Amazonas. Perú, 2018. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14077/1637>. Acceso en: 6 jul. 2024.

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA (IAEA). **Agricultura climáticamente sostenible**, 2024. Disponible en: <https://www.iaea.org/es/temas/reduccion-de-los-gases-de-efecto-invernadero>. Acceso en: 6 dic. 2024.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS. **Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible**, 2015. Disponible en: https://unctad.org/system/files/official-document/ares70d1_es.pdf. Acceso en: 6 jul. 2024.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS. **Causas y efectos del cambio climático**, 2024. Disponible en: <https://www.un.org/es/climatechange/science/causes-effects-climate-change>. Acceso en: 6 jul. 2024.

PANICHINI, M.; OVALLE, C. **Secuestro de carbono en suelos, opción real para la mitigación.** *Tierra Adentro*, n. 112, 2020. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/5464>. Acceso en: 6 jul. 2024.

PITA, A.; MIRANDA, O. **Producción y Comercialización de Abono Orgánico (Humus de Lombriz Roja Californiana) en el Municipio de Ventaquemada Boyacá.** *Especialización en Gestión para el Desarrollo Empresarial. Universidad Santo Tomás*. Bogotá. Colombia, 2023. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11634/54005>. Acceso en: 6 jul. 2024.

POPOVIĆ, A.; RADIVOJEVIĆ, V. **The circular economy: principles, strategies and goals.** *Economics of Sustainable Development*, v. 6, n. 1, p. 45-56, 2022. DOI: <https://doi.org/10.5937/esd2201045p>. Acceso en: 12 jul. 2024.

RASHEED, R.; RASHID, A.; AMIRAH, N.; HASHMI, R. **Integrating environmental and entrepreneurship advocacy into enviropreneurship through green supply chain management, waste management, and green innovation: A study on SMEs of US.** *Cleaner Engineering and Technology*, v. 21, p. 100768, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clet.2024.100768>. Acceso en: 12 ene. 2025.

RINCONES, P.; ZAPATA, J.; FIGUEROA, O.; PARRA, C. **Evaluation of substrates on the productive parameters of the red California earthworm (Eisenia fetida).** *Información tecnológica*, v. 34, n. 2, p. 11-20, 2023. DOI: <https://dx.doi.org/10.4067/s0718-07642023000200011>. Acceso en: 6 jul. 2024.

SADMA, O. **Role of environmental-based "green startup" in reducing waste problem and its implication to environmental resilience.** *Research Horizon*, v. 1, n. 3, p. 106-114, 2021. DOI: <https://doi.org/10.54518/rh.1.3.2021.106-114>. Acceso en: 6 jul. 2024.

SÁNCHEZ-BERNAL, R.; PITA-CASTAÑEDA, D.; GONZÁLEZ-VELANDIA, K.; HORMAZA-VERDUGO, J. **Análisis de mezclas de residuos sólidos orgánicos empleadas en la fabricación de ladrillos ecológicos no estructurales.** *Revista De Ciencias Ambientales*, v. 53, n. 1, p. 23-44, 2019. Disponible en: <https://doi.org/10.15359/rca.53-1.2>. Acceso en: 12 jul. 2024.

STAMEVSKA, E.; STANKOVSKA, A.; STAMEVSKI, V. **Principles of the circular economy.** *Economics and Management*, v. 17, n. 1, p. 99-107, 2020. DOI: <https://doi.org/10.37708/em.swu.v17i1.9>. Acceso en: 12 jul. 2024.

TODESCHINI, B.; CORTIMIGLIA, M.; CALLEGARO-DE-MENEZES, D.; GHEZZI, A. **Innovative and sustainable business models in the fashion industry: entrepreneurial drivers, opportunities, and challenges.** *Business Horizons*, v. 60, n. 6, p. 759-770, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2017.07.003>. Acesso em: 6 jul. 2024.

TRIỆU, T. **Circular economy models in agriculture in Vietnam.** *Vietnam Academy of Social Sciences S VSSR*, v. 217, n. 5, p. 30-45, 2023. DOI: [https://doi.org/10.56794/vssr.5\(217\).30-45](https://doi.org/10.56794/vssr.5(217).30-45). Acesso em: 12 jul. 2024.

UNITED NATIONS. **The Sustainable Development Goals Report 2024**, 2024. Disponível em: <https://unstats.un.org/sdgs/report/2024/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2024.pdf>. Acesso em: 6 jul. 2024.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME [UNEP]; INTERNATIONAL SOLID WASTE ASSOCIATION [ISWA]. **Global Waste Management Outlook 2024 - Beyond an age of waste: Turning Rubbish into a Resource**, 2024. Disponível em: <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/44939>. Acesso em: 6 ene. 2025.

ZEPNER, L.; KARRASCH, P.; WIEMANN, F.; BERNARD, L. **ClimateCharts.net – an interactive climate analysis web platform.** *International Journal of Digital Earth*, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/17538947.2020.1829112>. Acesso em: 6 mar. 2025.

ZVIRGZDINA, R.; SKADINA, H.; LININA, I. **The effect of microeconomic factors on business models in fintech industry.** *Environment Technology Resources Proceedings of the International Scientific and Practical Conference*, v. 1, p. 364, 2019. DOI: <https://doi.org/10.17770/etr2019vol1.4125>. Acesso em: 6 mar. 2025.

POLÍTICAS PÚBLICAS AMBIENTAIS BRASILEIRAS: ANÁLISE DAS ESTRATÉGIAS DE COMBATE AO DESFLORESTAMENTO E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE

Murilo Carlos da Silveira Marinho
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Bianca Cerqueira Martins
Universidade Federal do Acre (UFAC)

Augusto César Gomes Nagy
Universidade Federal do Acre (UFAC)

Barbara da Silva Soares
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Carlos Eduardo Silveira da Silva
Serviço Florestal Brasileiro (SFB)

RESUMO

Introdução: As políticas públicas consistem em ações e programas desenvolvidos pelo Estado com o intuito de atender às demandas coletivas e promover o bem-estar social. **Objetivo:** Esta pesquisa tem como objetivo retratar o panorama das políticas públicas de prevenção e controle da conversão florestal, do incentivo a ações de recuperação de áreas degradadas e conservação da biodiversidade. **Métodos:** Foi realizada revisão qualitativa, em que as informações sobre os temas foram obtidas por meio de pesquisa em fontes bibliográficas diversas, especialmente a legislação ambiental. Abordou-se as iniciativas do ponto de vista das estratégias que fundamentam as ações de conservação da cobertura florestal, observando-se os Padrões Abertos para a Prática da Conservação. **Resultados:** Os resultados alcançados abrangeram aspectos históricos e perspectivas sobre biodiversidade e desflorestamento, além de examinar a estrutura de gestão, o arcabouço normativo e as estratégias planejadas para promoção do enfrentamento ao desmatamento e suas consequências. **Conclusão:** O arcabouço de políticas públicas brasileiras vem sendo construído ao longo do tempo, mas pode ter sua implementação adaptada e aperfeiçoada, a partir do estabelecimento de uma visão ampla e sistemática de cada política ambiental individualmente e em interação entre si.

Palavras-chave: Controle Ambiental; Gestão Adaptativa; Instrumentos Normativos; Planejamento Estratégico.

INTRODUÇÃO

O território brasileiro, com 8.510.345,540 km² (IBGE, 2022), detém mais de 13% da biota global, estabelecendo-o como um dos principais *hotspots* de biodiversidade do planeta. Conforme Myers (1988), essa designação se aplica a regiões com concentrações excepcionais de espécies e alto endemismo, que enfrentam ameaças críticas. A inação conservacionista nessas áreas pode precipitar extinções em massa, com taxas alarmantes, ressaltando a urgência de sua proteção.

Sua rica biodiversidade distribui-se em seis biomas: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal (ICMBIO, 2018). O Brasil detém o maior número aproximado de espécies arbóreas globalmente (7.880), com diversidade expressiva na Amazônia e Mata Atlântica (FAO, 2006). Nesse cenário, Mata Atlântica e Cerrado são particularmente reconhecidos como *hotspots* prioritários de conservação (ICMBIO, 2018), dada a magnitude das pressões e o risco iminente de perda biológica irreversível.

Entretanto, a destruição ambiental no Brasil configura um cenário crítico, marcado pela perda de áreas naturais e pela ameaça à diversidade biológica. O desmatamento, entendido como a supressão da cobertura vegetal e das interações ecológicas essenciais para sua regeneração (Soares; Da Motta, 2010), compromete a integridade de ecossistemas e coloca em risco a sobrevivência de inúmeras espécies nativas. A esse respeito, Prado, Vasconcelos e Chiodi (2014) destacam que a inviabilidade da manutenção *in situ* pode ser considerada um critério determinante para o enquadramento de uma espécie como ameaçada de extinção.

Esse processo de desmatamento, entretanto, não é recente. Desde o Período Colonial, a história brasileira retrata formas de provimento da sociedade por meio do desflorestamento de territórios, com a proposta do uso do capital natural das espécies madeireiras para a construção de moradias, ou para a disponibilização de áreas para a prática da agropecuária e outros usos com potencial para ocasionar impactos ambientais. A exploração do “pau-brasil” para uso comercial e a expansão territorial dos portugueses, por exemplo, colaboraram para que muitas regiões florestadas fossem devastadas com a finalidade de construir cidades, devido às políticas de colonização (Marques;

Borges, 2020). Com o advento da Carta Régia em 1542, teve início a regulação da exploração do pau-brasil, e apenas em 1605 foi editado o Regimento do Pau-Brasil (Conceição *et al.*, 2022).

Esse padrão histórico de uso predatório dos recursos naturais persiste até os dias atuais. De acordo com a FAO (2006), a área florestal global continua diminuindo. Nesse contexto, o Brasil registrou a maior perda líquida anual de florestas entre 2000 e 2005, com cerca de 3.103.000 hectares desmatados por ano. No mesmo período, os dez países com as maiores perdas somaram 8.216.000 hectares anuais. A taxa anual de perda líquida aumentou de 3,78 milhões de hectares (1990-2000) para 3,95 milhões de hectares (2000-2010) e 1,50 milhão de hectares entre 2010 e 2020 (FAO, 2020).

O desmatamento na Amazônia é especialmente alarmante, dado que se trata do maior bioma brasileiro, com significativa cobertura florestal remanescente. Segundo Lemos e Silva (2011), as principais causas de desmatamento entre 1978 e 2009 foram a expansão da agropecuária, falhas na legislação ambiental, questões fundiárias e obras de infraestrutura. Essas atividades intensificam a perda de biodiversidade e impactam o ecossistema local e global, pois a Amazônia desempenha um papel crucial na estabilidade e regulação climática mundial (Esquivel-Muelbert *et al.*, 2018).

A degradação de biomas como a Caatinga e a Mata Atlântica é intensificada por queimadas intencionais e fiscalização ambiental deficiente (Azevedo *et al.*, 2021), comprometendo sua integridade ecológica. Para mitigar esse cenário, o Brasil desenvolveu, ao longo dos séculos, um arcabouço de políticas públicas. Essas políticas, voltadas à subsistência humana e da fauna e à preservação florestal, são ferramentas cruciais contra a conversão desordenada. Contudo, a legislação brasileira, com suas diversas normas reguladoras (leis, decretos, instruções normativas, resoluções, entre outras), forma um acervo intrincado e, por vezes, confuso de instâncias, mecanismos e diretrizes.

Considerando a destruição causada pela antropização sem controle, o monitoramento e a implementação eficaz das políticas públicas são cruciais para seu aperfeiçoamento. O objetivo geral desse trabalho de revisão qualitativa é apresentar a evolução do desmatamento no Brasil, caracterizar as políticas públicas para combatê-lo e destacar as formas de prevenção e gestão adotadas pelo poder público e órgãos de controle ambiental.

MÉTODOS

As informações utilizadas neste estudo foram obtidas por meio de uma revisão qualitativa da literatura, em livros, artigos científicos, teses, sites oficiais, relatórios técnicos e leis e decretos. O foco concentrou-se nos temas relacionados ao histórico do desmatamento e às políticas públicas de conservação da biodiversidade no Brasil, bem como na análise da influência dessas políticas sobre o controle do avanço da conversão da cobertura florestal.

Foi realizada uma análise temporal, apresentada de forma textual e gráfica, na forma de tabela e figuras. Com base nas informações coletadas, discutiram-se as políticas de combate ao desflorestamento no território brasileiro, e a consequente perda de biodiversidade. Ademais, abordou-se as iniciativas do ponto de vista das estratégias subjacentes às ações de conservação da cobertura florestal. Para tanto, fundamentou-se a análise nos conceitos e os princípios empregados globalmente no planejamento estratégico de programas de conservação de grande escala, os chamados *Open Standards for Conservation Practice*, conforme Schwartz *et al.* (2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aspectos do histórico e perspectivas: a biodiversidade e o desflorestamento

O Brasil é um país de vasto território de florestas naturais e atualmente, este é o segundo país com maior área florestal do mundo (12%). O primeiro lugar é ocupado pela Rússia, que possui cerca de 20% (FAO, 2020).

A Lista de Espécies da Flora do Brasil (2014) registra mais de 45.848 espécies vegetais, abrangendo algas, angiospermas, briófitas, fungos, gimnospermas, samambaias e licófitas. Desde 1968, estratégias de preservação foram desenvolvidas, embora o número de espécies tenha diminuído alarmantemente devido à exploração ilegal e falhas na fiscalização. Loyola *et al.* (2014) indicam um aumento nas espécies ameaçadas de extinção desde a primeira notificação. O desmatamento progressivo é uma das maiores preocupações para a preservação ambiental atual, causando desequilíbrio ambiental local e global (Arraes *et al.*, 2012).

O desflorestamento no Brasil é presente desde o início da nossa história. Na época do descobrimento, quando ainda era habitado amplamente pelos povos indígenas, se iniciou uma exploração de árvores nativas para fins comerciais, sendo o popular pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam., sinonímia *Paubrasilia echinata* (Lam.) Gagnon, H.C. Lima & G.P. Lewis) principal alvo de busca, na região da Mata Atlântica. Essa espécie madeireira pertence da família Fabaceae (CNCFLORA, 2022) e possui um extrativo que pode servir para a produção de uma tintura de cor vermelha. Nessa época, Portugal procurava desenvolver uma política de ocupação para expandir seu território para além das suas fronteiras, trazendo formas de controle político, religioso e militar. No entanto, com este povoamento, parte do território florestal começou a ser devastado, e com o passar dos anos se instaurou um potencial agrícola mais forte ocasionando em danos à riqueza ambiental e florestal nativa do Brasil (Araújo; Vieira, 2019).

Para Maurano *et al.* (2019), a perda da cobertura florestal foi pouco relevante até as décadas de 50-60, sendo a construção dos eixos rodoviários Belém-Brasília e Brasília-Acre responsáveis pela intensificação do processo de ocupação da Amazônia e, também, da perda de cobertura.

Com o desenvolvimento das ciências ambiental e florestal, atualmente, pode-se obter uma análise mais detalhada do avanço do desmatamento. A tecnologia, no âmbito da análise dos diferentes ambientes naturais, mostra como a expansão agrícola vem destruindo a flora natural e, consequentemente, colaborando para a extinção de espécies vegetais e animais (Serra, 2003).

Os impactos ambientais do aquecimento global afetam ecossistemas e distribuições geográficas de espécies terrestres, marinhas e aquáticas, com altas temperaturas atingindo biotas locais. Na Amazônia, bioma de maior biodiversidade e importância ecológica global, a devastação ambiental afeta o clima, influenciando regimes de chuvas, temperatura e umidade do ar em níveis locais, regionais e globais (Marengo; Souza JR., 2018).

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), assim como diversas outras instituições e organizações civis, utiliza tecnologias geoespaciais como os Modelos Digitais de Elevação (MDE), Modelos Digitais de Superfície (MDS) e Modelos Digitais de Terreno (MDT), que são muito relevantes para que se possa investigar e monitorar as mudanças no uso da terra, ou seja, o ordenamento territorial. Para o mapeamento florestal, são muito utilizados o STRM e o ASTER,

além do *Lidar* (Da Silva *et al.*, 2012). Por exemplo, Maurano *et al.* (2019) utilizaram o processamento digital de imagens de satélites e sensores remotos, para testar o nível de qualidade e confiabilidade e os índices de exatidão do mapeamento das áreas desmatadas apontadas pelo PRODES. Os autores atestaram a validade desse tipo de análise para o monitoramento do desmatamento.

Em uma escala temporal, os dados da ampliação do desflorestamento (acumulado) ocorrido nos últimos 20 anos, expõem os níveis crescentes de áreas desmatadas desde o ano 2001, em 2010 e o último registro no ano de 2020. De acordo com GFW (2022), com relação aos componentes da mudança líquida na cobertura florestal do Brasil, entre 2000 e 2020, sendo 28.1Mha (-5.9%) de mudança de cobertura, sendo: floresta estável (41.4Mha), ganho de cobertura (8.06Mha), perda de cobertura (36.1Mha), além de, 3.4Mha de novas áreas perturbadas.

No entanto, os resultados alcançados pela implementação de diversas políticas públicas podem ter contribuído para a redução da taxa anual de desmatamento no âmbito do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAM) e Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento no Cerrado (PPCERRADO). No primeiro caso, identificou-se uma redução de 60%, quando comparado ao período entre 1996 à 2005 (média de 19.625 km²) e 2018 (7.900 km²). No caso do PPCERRADO, a redução foi da ordem de 57%, partindo de uma média de 15.700 km² (1999 a 2008) para 6.657 km² em 2018 (MMA, 2019). Neste ponto, é preciso considerar que a comparação da taxa média de um período com a taxa absoluta de um ano especificamente pode não ser o melhor parâmetro para uma tomada de decisão.

Da Silva *et al.* (2023) destacaram a desaceleração do ritmo do desmatamento na Amazônia Legal, em meados dos anos 2000, com posterior incremento, assim como no ano de 2012. De acordo com os autores, entre 1988 e 2021 houve uma queda média da ordem de 3,11% por ano na taxa de desmatamento da Amazônia Legal, mas, desde 2015 o aumento tem sido persistente, do mesmo modo que a substituição de um tipo de uso da terra por outro, além de situações de desvio de políticas em relação ao cenário amazônico, onde áreas de lavoura podem crescer cerca de 0,23% e áreas florestais diminuir 0,1% (Da Silva *et al.*, 2023).

As áreas sob regimes diferenciados de gestão de uso, como as Terras Indígenas (TIs) e as Unidades de Conservação (UCs), apresentaram os menores percentuais de desmatamento. As TIs representaram apenas 4,7% do total de alertas e 1,9% da área total desmatada no Brasil em 2021, e dentre 2.181 UCs federais e estaduais terrestres registradas no Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (CNUC), 252, ou seja 11,6%, tiveram pelo menos um evento de desmatamento de pelo menos 1 hectare em 2021, e 254 em 2020 (Azevedo *et al.*, 2022).

Em relação aos biomas Brasileiros, em todos, foi detectado o incremento do desmatamento, sendo que, e as áreas médias desmatadas por alerta, em 2021, foram: Pantanal (97,2 ha), Cerrado (72,4 ha), Mata Atlântica (5,8ha), Caatinga (10,9ha), Amazônia (21ha), Pampa (15,1ha) (Azevedo *et al.*, 2022). Os autores atribuem essas menores áreas à fragmentação da paisagem e à estrutura fundiária, predominantemente constituída por propriedades rurais de menor tamanho.

De acordo com Azevedo *et al.* (2022), observando-se a localização dos maiores desmatamentos detectados no Brasil em 2021 em cada um dos biomas, há uma extensa frente de desmatamento que abrange os estados de Roraima, Pará, Amazonas, Rondônia e Acre, inclusive indo nesse último, até as regionais Tarauacá e Juruá. Sendo, também, visível a intensidade do desmatamento no Paraná e Minas Gerais.

Políticas públicas: estrutura de gestão e arcabouço normativo

As políticas públicas brasileiras, anteriormente mencionadas, são implementadas na esfera do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), que engloba:

“os órgãos e entidades da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos Territórios e dos Municípios, bem como as fundações instituídas pelo Poder Público, responsáveis pela proteção e melhoria da qualidade ambiental” (Brasil, 1981, Art.6º).

As entidades que constituem o SISNAMA atuam sobre questões que envolvem, além de aspectos burocráticos, aspectos ecológicos e sociais, e detêm responsabilidades que visam a proteção ambiental no País. Trata-se de um sistema em que cada setor (órgão) segue as mesmas diretrizes e princípios,

e possuem objetivos que estão alinhados à preservação do meio ambiente e seu equilíbrio ecológico (Locatelli *et al.*, 2008).

A estrutura do SISNAMA foi definida na Lei No 6.938 de 1981, sendo constituído por distintos órgãos: Superior, Consultivo e Deliberativo, Central, Executivos e Seccionais, que incluem entidades estaduais, que atuam diretamente no licenciamento e na fiscalização de atividades que potencialmente resultam em impactos ambientais. Cabe ressaltar que tais órgãos deverão dar publicidade aos resultados das análises efetuadas e sua fundamentação (Brasil, 1981).

O Conselho de Governo assessora a presidência da República na formulação da política nacional para o meio ambiente e recursos ambientais. A Secretaria do Meio Ambiente, órgão central, é responsável por planejar, coordenar, supervisionar e controlar a política nacional e diretrizes governamentais. O CONAMA, órgão consultivo e deliberativo, é constituído por representantes dos setores público, empresarial e sociedade civil, e estabelece normas e critérios para atividades com potenciais poluidores, baseado em estudos propostos pelo IBAMA e outras instâncias do SISNAMA (Brasil, 1981).

O IBAMA e o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO) executam e fiscalizam as políticas e diretrizes. Aos chamados órgãos seccionais, ou entidades estaduais, cabem as execuções de programas e projetos, controle e fiscalização de atividades potencialmente degradadoras. Estão presentes, também, os órgãos locais, ou entidades municipais, que controlam e fiscalizam essas atividades nas suas respectivas jurisdições (Brasil, 1981).

A partir de 1981 diferentes políticas públicas foram instituídas no Brasil, de modo a abranger diferentes aspectos, conforme as dimensões da sustentabilidade. De acordo com Iaquineto (2018), são dimensões da sustentabilidade: econômica, social, territorial, ecológica, política, cultural, ética, jurídico-política, psicológica e tecnológica. Além do mais, mesmo em períodos anteriores a essa data o Brasil vinha adotando políticas com vistas à conservação da biodiversidade e à sustentabilidade, ou à manutenção do capital natural de interesse da Coroa Portuguesa no Brasil.

Alguns aspectos dos instrumentos legislativos mais contemporâneos (República Presidencialista) merecem destaque, estes formam o conjunto de leis, medidas provisórias, decretos, instruções normativas e resoluções que estabelecem mecanismos de combate ao desmatamento (regras), as instituições

e/ou organizações responsáveis pelo acompanhamento e implementação, de bonificação e de penalidades econômicas, à praticantes e a infratores, respectivamente.

Ao longo do tempo, essas políticas públicas estabelecidas se complementaram na regulação dos limites das atividades de produção de base florestal e outros empreendimentos ampliadores potenciais do desmatamento. A seguir são caracterizadas algumas das principais:

- Decreto No 23.793/34 - **1º Código Florestal**: a partir desta política pública *"as florestas existentes no territorio nacional, consideradas em conjunto, constituem bem de interesse commum a todos os habitantes, do paiz"* e *"às demais formas de vegetação, reconhecidas de utilidade às terras que revestem"* [sic], respectivamente, Art. 1º e 2º. No Art. 22º estão elencadas as restrições à derrubada, queima, abate de árvores, entre outras práticas, impostas sobre aos que se dediquem à exploração das florestas (Brasil, 1934).
- Lei No 4.771/65 - **2º Código Florestal**: manteve a compreensão de que as florestas são "bens de interesse comum a todos os habitantes do País", relacionando ao disposto no Art. 302, XI b, do Código de Processo Civil, e condenando a adoção de práticas contrárias. Neste está claramente estabelecida a imunidade das árvores ao corte, passa a haver a exigência de licença emitida por órgão competente, a necessidade de plantio de novas áreas, além de detalhar aspectos do uso de florestas de preservação permanente (Brasil, 1985).
- Lei Federal No 6.938/81 - institui a **Política Nacional de Meio Ambiente**: organiza as políticas ambientais para as estruturas governamentais (federais, estaduais ou municipais). Esta Lei prevê como degradação de qualidade ambiental toda, e qualquer, mudança prejudicial das características do meio ambiente (Brasil, 1981).
- Lei No 7.347/85 - disciplina a **ação civil pública de responsabilização por danos causados à distintos elementos**, e dá outras providências: são estabelecidos mecanismos práticos de defesa ao meio ambiente e outros bens públicos. Esta Lei incentiva a instrumentação de atividades de recuperação de áreas degradadas, por meio de lici-

tações para que se obtenha contrato com empresas especialistas em recuperação de áreas devastadas (Brasil, 1985);

- **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988:** dedica o Capítulo VI – Do Meio Ambiente, e seu Art. 225 estabelece de modo amplo que:

“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (BRASIL, 1988). Além disso, nos parágrafos do § 1º (e seus incisos) ao 7º estabelecem as diretrizes para assegurar a efetividade do direito expresso na Lei Federal No 7.347/85: *caput* do Art. 225.

- Decreto-Lei No 97.632/89 - Regulamenta a **obrigação da recuperação das áreas degradadas como uma parte do Relatório de Impacto Ambiental**: institui-se o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD), como medida de prevenção ou para correção de áreas prejudicadas por ações de mineradoras, visando a obtenção de uma estabilidade do meio ambiente (Brasil, 1989). De modo geral, o PRAD contém roteiros estratégicos e detalhados, relacionados às práticas de mitigação e recuperação, no entanto, são necessários tempo, tecnologia e investimento. Tal proposta deverá ser mais eficiente e mais econômica, sendo necessário, para isso, o conhecimento dos passivos ambientais do sítio e a análise de seu estado atual, além do planejamento de curto, médio e longo prazos. Como premissas, consideram-se a identificação dos agentes de degradação, a delimitação das áreas de influência direta e indireta e a expectativa de uso futuro, pautado no interesse social (Brasil, 1989).
- Decreto Nº 1.354/94 - **Programa Nacional da Diversidade Biológica (Pronabio)**: sua proposta é envolver o Poder Público e a sociedade civil na utilização da diversidade biológica de modo equitativo e pautada na conservação (Brasil, 1994).
- Lei No 9.605/98 - **Política Nacional dos Crimes Ambientais**: exclui a subsistência como conduta criminosa, mas estabelece pena para exploração de áreas superiores a 1.000 ha (mil hectares) e para o comércio e uso informal de motosserra, além de estabelecer restrições

ao uso de instrumentos e substâncias destinados a caça em Unidades de Conservação, sem licença (Brasil, 1998). Além do Decreto Nº 6.514/2008, que dispôs sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, e estabeleceu o processo administrativo federal para apuração destas infrações.

- Lei No 9.985/2000 - **Sistema Nacional de Unidades de Conservação**: tem o CONAMA como órgão consultivo e deliberativo de gestão, o Ministério do Meio Ambiente como coordenador e como executivos o IBAMA, os órgãos estaduais e municipais, além do ICMBIO. Estabelece que, danos que afetem espécies ameaçadas de extinção será considerada circunstância agravante e punível (Brasil, 2000). Marca a saída da conservação da biodiversidade do Código Florestal, ampliando os mecanismos de promoção da conservação da biodiversidade.
- Decreto Nº 4.339/2002 - **Política Nacional da Biodiversidade**: institui princípios e diretrizes para a implementação. Além de se prestar a atender os compromissos assumidos na Convenção sobre Diversidade Biológica, em 1992, sendo o desenvolvimento de estratégias, políticas, planos e programas nacionais de biodiversidade alguns dos principais. Essa política pública tem, também, como objetivo *"fortalecer a fiscalização para controle de atividades degradadoras e ilegais: desmatamento, destruição de habitats, caça, aprisionamento e comercialização de animais silvestres e coleta de plantas silvestres"* (Brasil, 2002).
- Decreto Nº 4.703/2003 - **Programa Nacional da Diversidade Biológica** (PRONABIO): ampliou os princípios e as diretrizes do Decreto Nº 4.339/2002 (Brasil, 2003). Foi substituída temporariamente pelo Decreto Nº 10.235/2020, que vigorou até sua revogação com o Decreto Nº 10.473/2020b.
- Lei No 11.284/2006 - **Gestão de Florestas Públicas**: realizará o gerenciamento das florestas públicas por meio da gestão direta, da destinação a comunidades locais e da concessão florestal, para a exploração de produtos e serviços florestais. Cria o Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal (FNDF), para fomentar o desenvolvimento sustentável e promover a inovação tecnológica do setor florestal, além

do controle e do monitoramento das atividades florestais e desmatamentos. Também, passa a existir o Serviço Florestal brasileiro (SFB), órgão com autonomia administrativa e financeira, cujos 30% dos recursos oriundos da concessão serão destinados ao IBAMA, para controle e fiscalização ambiental (Brasil, 2006a).

- Decreto Nº 5.758/2006 - **Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas**: dentre inúmeras estratégias e, respectivos, objetivos propõe a reabilitar e restaurar habitats e ecossistemas degradados nas áreas de interstício entre as áreas protegidas e, também, nas unidades de conservação e suas zonas de amortecimento; com a adoção de medidas para acessar crédito para reabilitar essas áreas; além de, fomentar critérios de boas práticas ambientais, evitando a degradação ou a ampliação de tais áreas, e propor mecanismos que favoreçam a recuperação das APP e a recomposição, manejo e alocação das Reservas Legais (Brasil, 2006b).
- Decreto No 6.063/2007 - **Regulamenta dispositivos da Lei de Gestão de Florestas Públicas**: estabelece o monitoramento das florestas públicas federais, visando sua proteção da contra incêndios, desmatamentos e explorações ilegais e outras ameaças à sua integridade. Além disso, determina que florestas "*não destinadas a manejo florestal ou unidades de conservação ficam impossibilitadas de conversão para uso alternativo do solo, até que sua recomendação de uso pelo ZEE esteja oficializada e a conversão seja plenamente justificada*" (Brasil, 2007a).
- Decreto Nº 6.040/2007 - **Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais**: estabelece o desenvolvimento de Planos de Desenvolvimento Sustentável embasados em parâmetros ambientais, regionais, temáticos, étnico-socio-culturais; além disso, tem como um de seus objetivos solucionar e/ou minimizar os conflitos oriundos da implantação de UC de Proteção Integral em territórios tradicionais e estimular a criação de UC de Uso Sustentável; garantir acesso aos recursos naturais utilizados tradicionalmente, promover seu uso equilibrado, de modo a haver melhoria da qualidade de vida da presente geração e para as gerações futuras (Brasil, 2007b).

- Lei No 12.187/2009 - **Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC**: tem como um dos instrumentos os Planos de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento nos biomas e a adoção de indicadores de sustentabilidade, e visa a preservação, a conservação e a recuperação dos recursos ambientais do Patrimônio Nacional. Tudo isso, pautado em padrões ambientais e de metas, quantificáveis e verificáveis, para a redução de emissões antrópicas de gases do efeito estufa (Brasil, 2009).
- Decreto de 15/09/2010 - estabelece o **Plano de Ação para a Prevenção do Desmatamento e das Queimadas no Bioma Cerrado**: política que tem como finalidade de promover medidas e ações que visem à redução da taxa de desmatamento, queimadas e incêndios florestais neste Bioma (Brasil, 2010).
- Decreto Nº 7.390/2010 – **Regulamenta Art. 6º, 11 e 12 a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC**: instituiu a PNMC, mas foi substituída pelo Decreto nº 9.578/2018. Essa política estabeleceu como parâmetro a projeção das emissões de gases de efeito estufa - GEE para o ano de 2020 decorrentes da mudança de uso da terra (Brasil, 2010; Brasil, 2018).
- Lei No 12.651/2012: **Código Florestal**: Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, estabelecendo diretrizes para a proteção e o uso das áreas de Preservação Permanente e de Reserva Legal, as exigências para a prática da exploração e suprimento de matéria-prima florestal, controle da origem dos produtos florestais, controle e prevenção dos incêndios florestais, bem como, os instrumentos econômicos e financeiros (Brasil, 2012).
- Decreto nº 9.578/2018: Consolida atos normativos **Fundo Nacional sobre Mudança do Clima** e a **Política Nacional sobre Mudança do Clima**: cria o Plano Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) integrado pelos planos de ação para a prevenção e o controle do desmatamento nos biomas e pelos planos setoriais de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas. Estão previstos projetos de redução de emissões de carbono pelo desmatamento e pela degradação florestal, priorizando áreas naturais ameaçadas de destruição e relevantes para

estratégias de conservação da biodiversidade. Receberão recursos do FNMC atividades de pesquisa, criação de sistemas e metodologias de projeto e inventários que contribuam para redução das emissões líquidas de gases de efeito estufa e para redução do desmatamento e alteração de uso do solo, de sistemas agroflorestais como sumidouros de carbono e geração de renda (Brasil, 2018). Decreto Nº 10.143/2019 - Altera o Decreto Nº 9.578/ 2018: insere outros temas considerados prioritários para os projetos apoiados pelo Fundo (Brasil, 2018).

- Decreto No 10.144/2019 - Institui a CONAREDD - **Comissão Nacional para Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa Provenientes do Desmatamento e da Degradação Florestal, Conservação dos Estoques de Carbono Florestal, Manejo Sustentável de Florestas e Aumento de Estoques de Carbono Florestal - REDD+**, que coordena, acompanha, monitora e revisa a Estratégia Nacional para REDD+ (Brasil, 2019).
- Lei No 14.119/2021 - **Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais**: Cria o Programa Federal de Pagamento por Serviços Ambientais (PFPSA), no âmbito do Sisnama, para realizar o “pagamento desses serviços pela União, nas ações de manutenção, de recuperação ou de melhoria da cobertura vegetal nas áreas prioritárias para a conservação, de combate à fragmentação de habitats, de formação de corredores de biodiversidade e de conservação dos recursos hídricos”. Além disso, uma das modalidades de pagamento por serviços ambientais admitidas é a compensação vinculada a certificado de redução de emissões por desmatamento e degradação (Brasil, 2021).

Complementarmente, a Tabela 1, apresenta a **Súmula Evolutiva dos Instrumentos das Principais Políticas Públicas Brasileiras**, que foram dedicadas a prevenção e controle da devastação florestal, nos últimos quatro séculos (1605 a 2021), passando por diferentes regimes de Governo (Período Colonial e Repúblicas Oligárquica e Presidencialista), e seus respectivos instrumentos legislativos, administrativos e econômicos, bem como os principais objetivos identificados.

Tabela 1 - Súmula evolutiva dos instrumentos das principais políticas públicas do Brasil e voltadas para a prevenção e controle da devastação florestal.

PERÍODO	Ano	INSTRUMENTO			
		Legislativo	Administrativo	Econômico	Objetivo
PERÍODO COLONIAL	1605	Regimento do Pau-Brasil e madeiras de Lei	- Provedor-Mor da Fazenda. - Capitânias hereditárias.	- Para os infratores, a aplicação de punições como: multas, prisão e pena capital.	- Assegurar lucros da Fazenda Real. - Evitar a exploração descontrolada do Pau-Brasil.
	1850	Lei No 601 (Lei de Terras)	- Capitão-Mor. - Extinção das Sesmarias.		
REPÚBLICA OLIGÁRQUICA	1898 1930*	Política do Café com Leite	- Acordo informal entre oligarcas dos estados de Minas Gerais e São Paulo.	-	-
REPÚBLICA PRESIDENCIALISTA	1934	Decreto No 23.793 (1º Código Florestal)	CBF - Conselho Florestal. IBDF - Instituto Brasileiro de Defesa Florestal. - Polícia Florestal: Agentes florestais da União (autoridades locais, auxiliadas por cidadãos idôneos) responsáveis pela guarda e conservação das florestas.	- Fundo Florestal (Ministério da Agricultura): contribuições das empresas, companhias, sociedades, institutos e particulares, interessados na conservação das florestas; doações.	- Defender das florestas nas diversas regiões, em qualquer parte do território nacional, regulando atos governamentais atinentes a árvores, florestas ou imóveis.
	1965	Lei No 4.771 (2º Código Florestal)	APP - Áreas de Preservação Permanente. RL - Reserva Legal. - Planos técnicos de manejo para exploração das florestas primitivas da bacia amazônica.	- Prioridade de crédito aos projetos de florestamento, reflorestamento ou aquisição de equipamentos. - Projetos com anuência do Conselho Florestal. - Isenção ou dedução de imposto. - Fiscalização direta da União (Ministério da Agricultura).	- Preservação e conservação da vegetação nativa e regulação do uso dos recursos florestais.
	1981	Lei No 6.938 (Política Nacional do Meio Ambiente - PNMA)	SISNAMA - Sistema Nacional de Meio Ambiente. CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. CTFAIDA - Cadastros Técnicos Federais de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental. Zoneamento ambiental, licenciamento ambiental, criação de áreas protegidas.	- Cabe recurso à instância superior do SISNAMA, ou à Diretoria de Portos e Costas, do Ministério da Marinha. - Concessão florestal, servidão ambiental, seguro ambiental e outros. TCFA - Taxa de Controle e Fiscalização Ambiental (possibilidade de parcelamento).	- Preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental (vida). - Desenvolvimento socioeconômico.
	1985	Lei No 7.347 (Ação civil pública de responsabilização por danos)	- Ministério e Defensoria Pública, União, Estados, Distrito Federal, Municípios, autarquia, empresa pública, fundação ou sociedade de economia mista e associação, são os legítimos atores-chave para propor ação principal e ação cautelar.	- Multa (após o trânsito em julgado), revertida a um fundo (Conselho Federal ou Conselhos Estaduais contendo, necessariamente, Ministério Público e representantes da comunidade). - Recursos destinados à reconstituição dos bens lesados.	- Proteger de danos morais e patrimoniais o meio ambiente, os bens públicos e os interesses difusos e coletivos.
	1989	Decreto-Lei No 97.632 (Do plano de recuperação de áreas degradadas)	EIA - Estudo de Impacto Ambiental. RIMA - Relatório do Impacto Ambiental. PRAD - Plano de Recuperação de Área Degradada.	- Concede prazo de 180 dias para a apresentação de PRAD, à empreendimento já em operação.	- Regularizar dispositivo da Política Nacional do Meio Ambiente no âmbito da recuperação de áreas degradadas, visando a obtenção de uma estabilidade do meio ambiente.
	1994	Decreto Nº 1.354/94 Programa Nacional da Diversidade Biológica (Pronabio)	Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal. Cides - Comissão Interministerial para o Desenvolvimento Sustentável.	Recursos do Tesouro Nacional, recursos captados no país e no exterior, junto a órgãos governamentais, privados e multilaterais.	- Promover parceria entre o Poder Público e a sociedade civil na conservação da diversidade biológica, utilização sustentável de seus componentes e repartição justa e equitativa dos benefícios dela decorrentes.

PERÍODO	Ano	INSTRUMENTO			
		Legislativo	Administrativo	Econômico	Objetivo
REPÚBLICA PRESIDENCIALISTA	1998	Lei No 9.605 (Lei de crimes ambientais)	- Auto de infração ambiental e instauração de processo administrativo. - Fiscais de órgãos ambientais do SISNAMA e agentes das Capitâneas dos Portos, do Ministério da Marinha). - Cooperação internacional.	- Sanções penais a condutas lesivas ao meio ambiente, para pessoa jurídica e física. - Desmatar e degradar, penalidade: 2 a 4 anos e multa. - Termo de compromisso para readequação das atividades.	- Coibir crimes contra a flora e a fauna, poluição e outros crimes ambientais.
	2000	Lei No 9.985 (Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC)	MMA - Ministério do Meio Ambiente. ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. - 5 gerências regionais (GR I, II, III, IV e V).	- Crime culposo: pena reduzida.	- SNUC: Critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação. - Duas categorias: Uso Sustentável e Proteção Integral, e Reserva da Biosfera.
	2002	Decreto Nº 4.339 (Política Nacional da Biodiversidade)	CTNBio - Comissão Técnica Nacional de Biossegurança. CGEN - Conselho de Gestão do Patrimônio Genético. PRONABIO - Programa Nacional da Diversidade Biológica.	- Cabe aos países desenvolvidos o aporte de recursos financeiros e tecnologias aos países em desenvolvimento. - Imposto sobre circulação de mercadoria (ICMS Ecológico) a ser adotado em todos os estados da federação.	- Promover a conservação da biodiversidade e a utilização sustentável de seus componentes equitativamente.
	2003	Decreto No 4.703 (Reformula o PRONABIO)	PRONABIO - Programa Nacional da Diversidade Biológica. - Comissão Nacional da Biodiversidade. - Secretaria de Biodiversidade e Florestas do MMA.	- Financiamento com recursos do Tesouro Nacional e recursos captados no País e no exterior, junto a órgãos governamentais, privados e multilaterais.	- Orientar a elaboração e a implementação da Política Nacional da Biodiversidade, estimulando e promovendo distintas ações, de modo a alcançar seus objetivos.
	2006	Lei No 11.284 (Gestão de florestas públicas - GFP)	SFB - Serviço Florestal Brasileiro. - Gestão direta; Comunidades/associações; Concessão florestal. - Controle e monitoramento das atividades florestais e desmatamento. *Comissão de Gestão de Florestas Públicas/SFB.	FNDF - Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal (40%); Concessão (30%); - Órgãos do SISNAMA controle e fiscalização (IBAMA e CONAMA).	- Criação de florestas nacionais, estaduais e municipais, destinação de florestas públicas às comunidades locais, concessão florestal, incluindo florestas naturais ou plantadas e as unidades de manejo das áreas protegidas.
	2006	Decreto Nº 5.758 (Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas)	Quatro eixos temáticos: 1. Planejamento, Fortalecimento e Gestão; 2. Governança, Participação, Equidade e Repartição de Custos e Benefícios. 3. Capacidade Institucional. 4. Avaliação e Monitoramento.	- Garantia da sustentabilidade econômica das unidades de conservação e do SNUC, por meio de recursos da compensação ambiental e conversão de multas das UC.	- Estabelecer metas e estratégias de conservação para áreas protegidas -(SNUC, terras indígenas e quilombolas).
	2007	Decreto Nº 6.040 (PN de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais)	- Planos de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais. - Comissão Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais - Fóruns regionais e locais; e Plano Plurianual.	- Propõe garantir aos povos e comunidades tradicionais o acesso e a gestão facilitados aos recursos financeiros provenientes dos diferentes órgãos de governo;	- Promover o desenvolvimento sustentável, reconhecer, fortalecer e garantir: direitos territoriais, sociais, ambientais, econômicos e culturais; respeito e valorização à identidade, formas de organização e instituições.
	2007	Decreto No 6.063 (Regulamenta a GFP)	1. Cadastro Nacional de Florestas Públicas. 2. Sistema Nacional de Cadastro Rural. 3. Cadastro-Geral de Florestas Públicas da União. 4. Sistema Nacional de Informações Florestais. - Planos de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento nos biomas.	PAOF - Plano Anual de Outorga Floresta deve prever os meios necessários para sua implementação, incluindo os recursos humanos e financeiros. - Para realizar auditorias, o SFB poderá conceder desconto no preço dos recursos florestais auferidos da floresta pública.	- Regular, em âmbito federal: a destinação de florestas públicas às comunidades locais, o PAOF, o licenciamento ambiental, a licitação e os contratos de concessão florestal, o monitoramento e as auditorias da gestão de florestas públicas.

PERÍODO	Ano	INSTRUMENTO			
		Legislativo	Administrativo	Econômico	Objetivo
REPÚBLICA PRESIDENCIALISTA	2008	Decreto No 6527 (Cria Fundo Amazônia)	BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social.	- Destinar o valor das doações recebidas em espécie. Aplicações não reembolsáveis.	- Realizar de em ações de prevenção, monitoramento e combate ao desmatamento e de promoção da conservação e do uso sustentável da Amazônia Legal,
	2009	Lei No 12.187 (Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC)	- Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima; Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima; Fórum Brasileiro de Mudança do Clima; Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais - Rede Clima; Comissão de Coordenação das Atividades de Meteorologia, Climatologia e Hidrologia.	- Fundo Nacional sobre Mudança do Clima. - Alíquotas diferenciadas, isenções, compensações e incentivos (lei específica). - Linhas de crédito e financiamento específicas (agentes financeiros públicos e privados).	- Princípios, objetivos, diretrizes e instrumentos. - Meta: reduzir entre 36,1% e 38,9% de emissões até 2020.
	2012	Lei No 12.651 (3º Código Florestal)	SINIMIA – Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente. CAR - Cadastro Ambiental Rural. PRAs - Programas de Regularização Ambiental.	- Programa de apoio e incentivo à conservação do meio ambiente (dedução - Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural - ITR, obtenção de crédito e seguro agrícola, destinação de parte dos recursos da cobrança pelo uso da água, proposição de linhas de financiamento, isenção de impostos, investimentos em pesquisa científica, dedução sobre o imposto de renda utilização de fundo público, entre outros).	- Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e tem como objetivo o desenvolvimento sustentável.
	2019	Decreto No 10.144 (Cria Comissão REDD+)	- Comissão Nacional para REDD+. - Assessoramento aos Estados, Distrito Federal e ao Ministério do Meio Ambiente	- Acessa o Fundo Amazônia via BNDES.	- Coordenar, acompanhar, monitorar e revisar a Estratégia Nacional para REDD+.
	2021	Lei Nº 14.119 (Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais)	- Programa Federal de Pagamento por Serviços Ambientais (PFPSA)-SISNAMA. *Órgão colegiado - Cadastro Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (CNPSA). - Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (nos Estados e Municípios).	- Pagamentos recebido não integram a base de cálculo do imposto sobre a renda e proventos de qualquer natureza.	- Conceitos, objetivos, diretrizes, ações e critérios de implantação.

*1930 - ano aproximado de encerramento da política do Café com Leite

Identificou-se que, entre os 305 decretos revogados por meio do Decreto Nº 10.473 de 24 de agosto de 2020, pelo menos, 19 são relacionados a temas que importam às questões do desmatamento e da sustentabilidade (Brasil, 2020b). Estes incluem o Programa de Defesa do Complexo de Ecossistemas da Amazônia (1988), a Conferência Nacional do Meio Ambiente (2003), e o Programa Nacional da Diversidade Biológica (2004, 2020), Programa Nacional de Conservação e Uso Sustentável do Bioma Cerrado (2005), Operação Arco Verde (2009), e a prorrogação do prazo de inscrição ao Cadastro Ambiental Rural (2017). Em 2019, os decretos focavam na redução das emissões de gases de efeito estufa e no controle do desmatamento ilegal. Nos anos seguintes, focavam em questões como a concessão de florestas públicas (2020) e o Programa Adote um Parque (2021), que visava promover a conservação e recuperação das unidades de conservação federais.

O Decreto nº 4.703/2003, com alterações posteriores, instituiu a Política Nacional da Biodiversidade (PRONABIO), prevendo ações nacionais por biomas. Este programa, iniciado em 1994 (Brasil, 1994), buscava coordenar medidas, promover articulação e estimular cooperação (Brasil, 2003). O Decreto nº 10.235/2020, no entanto, suprimiu orientações sobre metodologias, áreas prioritárias, utilização sustentável, monitoramento e repartição de benefícios (Brasil, 2020a).

As alterações efetuadas no Decreto nº 4.703/2003 e em vários dos demais, mesmo que temporárias, afetaram a função de respaldo social, pela desregulamentação de conselhos e comissões, bem como afetaram Programas como o da Defesa do Complexo de Ecossistemas da Amazônia, Programa Cerrado Sustentável e Adote um Parque. Além disso, do ponto de vista do desmatamento, afetaram o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal.

Gestão Estratégica: Políticas Públicas e Modelos Conceituais

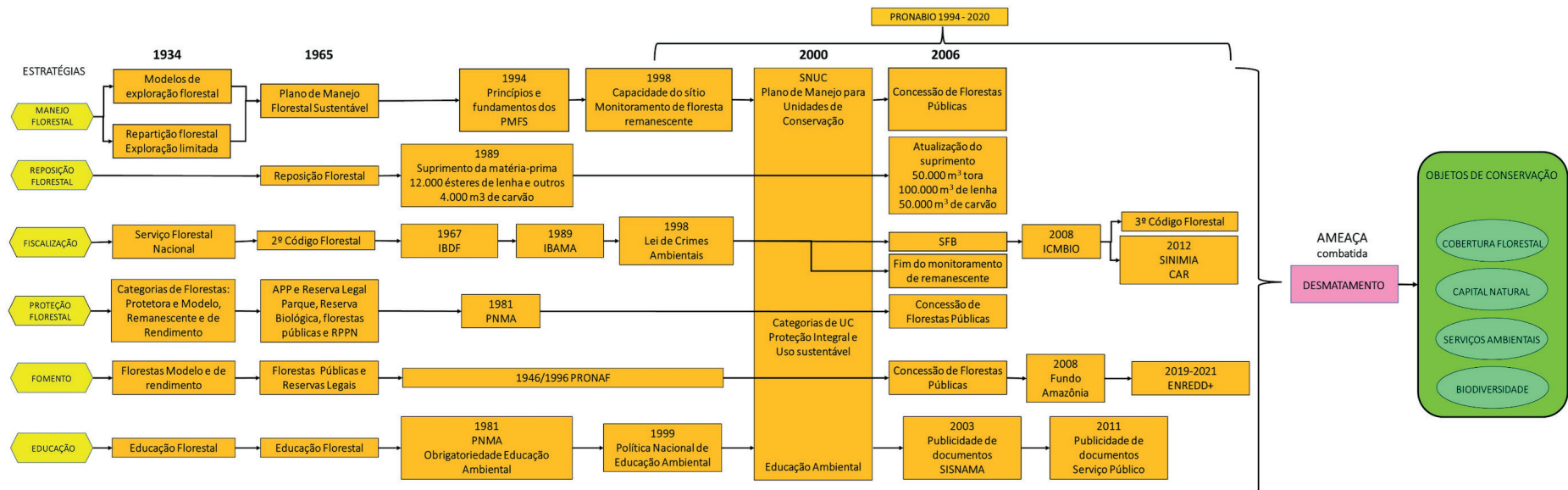
A legislação ambiental vigente no Brasil é tida por especialistas em direito ambiental como uma das melhores no cenário mundial (IPEA, 2014; Bursztyn, 2003). Hoje, os empreendimentos que apresentam potencial para consequências prejudiciais a natureza, antes de entrar em operação se adequam

ao procedimento de licenciamento, respeitando um conjunto de normas, e assumindo responsabilidade da realização de processos mitigadores para alcançar um controle compensador frente aos impactos a natureza que serão causados. No entanto, os órgãos públicos não apresentam uma sistemática eficaz de controle e fiscalização para que as normas sejam respeitadas e não ocorra a devastação ambiental nos territórios de exploração (Almeida, 2016).

Para o estabelecimento de uma visão ponderada sobre o aspecto político da questão, levou-se em consideração os argumentos de Schwartz *et al.* (2012), de que uma estrutura chave para a gestão da conservação é valorizada devido possibilidade de uma visão estruturada, clara e lógica. Além disso, a abordagem sistêmica (e até adaptativa) apresenta algumas vantagens, do ponto de vista científico, as quais: aparato conceitual diverso, distinção objetiva do objeto de estudo, criação de um modelo de partida e construção de isomorfismo conceitual e terminológico (Rodriguez; Da Silva, 2013).

Na Figura 1, evidenciou-se que quando organizadas, mesmo que de modo simplificado, as muitas iniciativas de implementação das políticas públicas, alinhadas e progressivas, podem ser agrupadas de modo a caracterizarem seis estratégias principais, tais quais: Manejo Florestal, Reposição Florestal, Fiscalização, Proteção Florestal, Fomento e Educação para a sustentabilidade. Apesar da solidez conceitual dessas abordagens, o presente estudo revela uma lacuna pela possível ausência do planejamento estratégico e da efetivação de um controle amplo sobre o desmatamento, reflexo da complexidade da implementação e dos interesses que permeiam a gestão ambiental.

Figura 1 - Simulação reduzida da Cadeia de Resultados Estratégicos das Políticas Públicas Brasileiras e seus respectivos instrumentos orientados para a redução do desmatamento e da pressão sobre as diferentes dimensões da conservação florestal.



Legenda: PMFS = Plano de Manejo Florestal Sustentável; SNUC = Sistema Nacional de Unidades de Conservação; IBDF = Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal; IBAMA = Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis; ICMBIO = Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade; SINIMIA = Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente; CAR = Cadastro Ambiental Rural; PNMA = Política Nacional de Meio Ambiente; UC = Unidade de Conservação; SISNAMA = Sistema Nacional de Meio Ambiente; PRONABIO = Política Nacional da Biodiversidade; RPPN = Reserva Particular do Patrimônio Natural; APP = Área de Preservação Permanente.

A exigência de elaboração de Plano de Manejo Florestal Sustentável evidencia a estratégia de incentivo ao Manejo Florestal. Com a consolidação de seus princípios fundamentais, que ocorreu ao longo de três décadas, o respeito à capacidade de suporte e ao monitoramento do sítio foi estabelecido como critério.

Com a criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), uma política considerada transversal entre as estratégias, foi possível separar Unidades de Conservação de Uso Sustentável e, dentre essas, as Florestas Nacionais passaram a fazer parte do rol de florestas públicas passíveis de serem concedidas para manejo empresarial. Essa estratégia se alinhou às expectativas relacionadas à Reposição Florestal, visando incrementar o suprimento de matéria-prima de base florestal. Além das Reservas Extrativistas e das Reservas de Desenvolvimento Sustentável, que abastecem mercados, formais e informais, com produtos da sociobiodiversidade e seus inúmeros produtos florestais não madeireiros. Concomitantemente, as estratégias de Fiscalização e Proteção Florestal garantiram décadas consecutivas de construção de instrumentos fundamentais para controle da supressão desenfreada, e os órgãos federais (Serviço Florestal Nacional (SFN), Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF), Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Serviço Florestal Brasileiro (SFB) e Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO) materializaram a aplicação da Lei de Crimes Ambientais, do Código Florestal, que foi atualizado em 2012, e das demais políticas públicas exemplificadas na Tabela 1.

É importante destacar a importância de tais órgãos, mas também de tantas outras organizações como os Conselhos Gestores das UCs, do Funbio e de doadores como o *KfW Development Bank* (KfW), *Global Environment Facility* (GEF); *The World Bank*, Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), *Gordon and Betty Moore Foundation*, *Anglo American*, *World Wide Fund for Nature* (WWF), entre outros.

Redford *et al.* (2018) abordaram iniciativas de organizações não-governamentais de conservação que lançaram uma comunidade de prática chamada *Conservation Measures Partnership* (CMP), para melhorar a responsabilização das ações de conservação por meio do manejo adaptativo. Os autores consideraram importante a adoção desse modo de organização, análise e utilização da informação nos planos operacionais pelas várias estruturas de apoio à decisão

para que se tenha maior responsabilidade de conservação. De acordo com Brasil (2003), o fortalecimento do marco-legal para a integração de políticas públicas e para a cooperação internacional está previsto e é incentivado pela Pronabio.

A PRONABIO, uma política com caráter transversal e contínua para a conservação da biodiversidade, possui sete componentes principais: conhecimento (inventários e pesquisas ecológicas), conservação (variabilidade genética, ecossistemas e espécies ameaçadas), utilização sustentável (biotecnologia e gestão pública), monitoramento e recuperação de ecossistemas degradados, acesso e repartição de benefícios dos recursos genéticos e conhecimentos tradicionais, educação e sensibilização pública, e fortalecimento jurídico e institucional (infraestrutura, recursos humanos, tecnologia e financiamento).

Com o estabelecimento do SNUC, vários mecanismos de controle do uso dos espaços definidos como Unidades de Conservação (UCs), têm contribuído sobremaneira para reduzir a conversão de áreas florestadas e a mudança do uso do solo. Nesse sentido, as categorias de UCs (Proteção Integral e Uso Sustentável) possuem diferentes níveis de acesso e utilização dos recursos existentes nestas unidades (Brasil, 2000). Desse modo, uma parcela considerável do território nacional é mantida sob regime de proteção. Embora existam registros de ocorrência de incêndios florestais e desmatamento ocasionados por invasores, considera-se que o SNUC trata-se de uma das mais importantes ações do poder público em prol do controle do desmatamento, assim como a Pronabio tem objetivos que incidem sobre todas as principais estratégias identificadas neste estudo.

Mota (2001) afirma que as políticas públicas ambientais são formuladas em função de demandas imediatas, impulsionadas pela urgência, sem a devida clareza da relação existente entre economia e natureza, existindo diferentes modelos. De acordo com Bobbio (1997), o estudo de um fenômeno político dá-se pela busca de explicação causal e a aceitabilidade dos resultados, sendo permitido um caráter avalorativo, pois, nem sempre é possível submeter tal fenômeno a um critério científico.

Desse modo, pondera-se a respeito da importância do trabalho de mapear e organizar a totalidade das políticas que concorrem para a conservação da cobertura florestal, suas metas e seus resultados periódicos, na forma de indicadores, construindo-se com esta informação um modelo conceitual, capaz de

sistematicamente facilitar a identificação do nível de criticidade das ameaças e da sobreposição das ações.

É fundamental reconhecer que a construção e o aprimoramento desse modelo conceitual constituem um processo iterativo, que exige revisitar e reexaminar cada etapa da implementação. De acordo com WWF-Brasil (2014), a metodologia para o planejamento estratégico de programas de conservação é flexível e permite a alternância da sequência do passo-a-passo para adaptar projetos em andamento. Assim, é possível construir um modelo conceitual genérico com uma equipe inicial (grupo de trabalho), que identificará os atores-chave e as conexões entre as ameaças e seus fatores de ocorrência (WWF-Brasil, 2014). Para Margoluis *et al.* (2009), um modelo conceitual representa visualmente o contexto e os fatores que influenciam a biodiversidade.

Salafsky *et al.* (2001) abordaram a questão da gestão adaptativa há décadas, e suas ideias incorporam a pesquisa na ação de conservação, integrando *design*, gerenciamento e monitoramento para testar sistematicamente suposições para se adaptar e aprender. Para Salafsky *et al.* (2008) importam a realização de avaliações de situação e teorização de caminhos de mudança, para detalhamento de um conjunto de questões analíticas e suposições específicas, a serem avaliadas, em relação à base de evidências para “defender” uma estratégia proposta e identificar lacunas de conhecimento, que serão integradas nas estruturas de tomada de decisão já existentes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente estudo sobre o caso brasileiro, avaliaram-se as políticas do tipo normativo, ou um conjunto de regras que em sinergia sustentam as florestas e suas distintas dimensões (cobertura florestal, capital natural, biodiversidade e serviços ambientais).

O desmatamento é persistente em todas as regiões do Brasil, com o bioma Amazônia enfrentando uma rápida expansão da conversão florestal e mudança de uso da terra. Nesse cenário, terras indígenas e unidades de conservação emergem como alternativas cruciais para a conservação da biodiversidade e para a proteção do capital natural, evitando seu uso ou supressão imediata. Com isso, a continuidade da conversão dos biomas em ritmo persistente, mesmo que

eventualmente estabilizada em um patamar elevado, ainda representaria um processo de desmatamento massivo. Tal cenário afetaria milhões de pessoas dependentes dos recursos naturais para sua subsistência e economia.

Além das políticas públicas mencionadas na presente pesquisa, inúmeras outras, inclusive das esferas estadual e municipal, deverão ser acrescentadas à sistematização das informações concernentes às estratégias (manejo florestal, reposição florestal, fiscalização, proteção florestal, fomento, educação e outras). Isso possibilitará acompanhar os ajustes adotados ao longo do tempo pelos diferentes Entes, e tornará as tomadas de decisão mais dinâmicas.

Considerando-se os fundamentos do planejamento estratégico adaptativo para programas de conservação, há muito o que se sistematizar e discutir sobre estratégias, resultados, aprendizado e adaptação do sistema das políticas públicas brasileiras que se prestam a controlar o desmatamento, como modo de manutenção do desenvolvimento sustentável. Há carência de organização estratégica prática para a implementação otimizada das políticas públicas (financeira, operacional e humana), tornando necessária uma análise funcional de suas aplicações. É importante se guiar por três regras gerais, para se construir uma visão estratégica ampla: caracterizar o contexto das partes interessadas, desenvolver o plano estratégico participativo, monitorar indicadores de diferentes aspectos das estratégias, avaliar e compartilhar o aprendizado, conforme os “Padrões abertos para a prática da conservação”.

Apesar da existência de um arcabouço normativo robusto e de uma clara articulação de estratégias (conforme simulado na cadeia de resultados), a efetiva materialização dos objetivos de conservação é dificultada pela persistente carência de organização estratégica prática, de monitoramento abrangente e pela interferência de múltiplos interesses na implementação das políticas públicas brasileiras.

Diante desse cenário, observa-se que a simples formulação de normas não garante sua efetividade. A falta de metas claras, indicadores e monitoramento contínuo dificulta a concretização dos objetivos, especialmente frente às mudanças ambientais provocadas pelas alterações climáticas.

Por fim, não se pode afastar que múltiplos interesses interferem no desenho final de uma política pública. No entanto, a partir da revisão e das análises apresentadas neste estudo preliminar do sistema das políticas públicas

brasileiras para o controle do desmatamento e que regulam a utilização dos recursos florestais em suas distintas dimensões, representam um arcabouço fundamental para o enfrentamento ao desmatamento.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D. S. de. Legislação básica aplicada à recuperação ambiental. In: *Recuperação ambiental da Mata Atlântica*. [S.l.]: [s.n.], 2016. p. 32–39.

ARAÚJO, R.; VIEIRA, I. C. G. Deforestation and the ideologies of the frontier expansion: The case of criticism of the Brazilian Amazon monitoring program. *Sustentabilidade em Debate*, v. 10, n. 3, p. 354-365, 2019.

ARRAES, R. A.; MARIANO, F. Z.; SIMONASSI, A. G. Causas do desmatamento no Brasil e seu ordenamento no contexto mundial. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 50, n. 1, p. 119–140, 2012.

AZEVEDO, T. et al. *Relatório Anual de Desmatamento 2021 – São Paulo, Brasil*. São Paulo: MapBiomias, 2022. p. 12.

BRASIL. Decreto nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934. Aprova o Código Florestal. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 9 fev. 1934.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2 set. 1981.

BRASIL. Lei nº 7.347, de 24 de julho de 1985. Disciplina a ação civil pública por danos ao meio ambiente. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 25 jul. 1985.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 5 out. 1988.

BRASIL. Decreto nº 97.632, de 10 de abril de 1989. Dispõe sobre a regulamentação do art. 2º, inciso VIII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, 12 abr. 1989.

BRASIL. Decreto nº 1.354, de 29 de dezembro de 1994. Institui o Programa Nacional da Diversidade Biológica (Pronabio). *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 30 dez. 1994.

BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre sanções penais e administrativas ambientais. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 13 fev. 1998.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Institui o SNUC. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 19 jul. 2000.

BRASIL. Decreto nº 4.339, de 22 de agosto de 2002. Institui princípios e diretrizes da Política Nacional da Biodiversidade. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 23 ago. 2002.

BRASIL. Decreto nº 4.703, de 21 de maio de 2003. Dispõe sobre o PRONABIO. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 22 maio 2003.

BRASIL. Lei nº 11.284, de 2 de março de 2006. Dispõe sobre a gestão de florestas públicas e cria o Serviço Florestal Brasileiro. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 3 mar. 2006.

BRASIL. Decreto nº 5.758, de 13 de abril de 2006. Institui o Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 17 abr. 2006.

BRASIL. Decreto nº 6.040, de 7 de fevereiro de 2007. Institui a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 8 fev. 2007.

BRASIL. Decreto nº 6.063, de 20 de março de 2007. Regulamenta dispositivos da Lei nº 11.284/2006 sobre gestão de florestas públicas. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 21 mar. 2007.

BRASIL. Decreto nº 6.527, de 1º de agosto de 2008. Cria o Fundo Amazônia. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 4 ago. 2008.

BRASIL. Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 29 dez. 2009.

BRASIL. Decreto de 15 de setembro de 2010. Institui o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Bioma Cerrado. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 16 set. 2010.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 28 maio 2012.

BRASIL. Decreto nº 9.578, de 22 de novembro de 2018. Consolida atos normativos sobre a Política Nacional sobre Mudança do Clima. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 23 nov. 2018.

BRASIL. Decreto nº 10.144, de 28 de novembro de 2019. Institui a CONAREDD+. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 29 nov. 2019.

BRASIL. Decreto nº 10.235, de 11 de fevereiro de 2020. Altera o Decreto nº 4.703/2003 (PRONABIO). *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 12 fev. 2020.

BRASIL. Decreto nº 10.473, de 24 de agosto de 2020. Revoga decretos normativos para fins da Lei Complementar nº 95/1998. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 25 ago. 2020.

BRASIL. Lei nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021. Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 14 jan. 2021.

BOBBIO, Norberto. *Estado, governo e sociedade: para uma teoria geral da política*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

SCARDUA, F. P.; BURSZTYN, M. A. A. *Descentralização da política ambiental no Brasil*. Sociedade e Estado, v. 18, p. 1-2, 2003.

CHIAVARI, J.; LOPES, C.; ARAÚJO, J. N. de. *Onde estamos na implementação do Código Florestal? Radiografia do CAR e do PRA nos Estados Brasileiros*. Rio de Janeiro: Climate Policy Initiative, 2020.

CNCFlora – Centro Nacional de Conservação da Flora. *Caesalpinia echinata* in Lista Vermelha da flora brasileira: versão 2012.2. Rio de Janeiro: CNCFlora, 2012. Disponível em: <https://cncflora.jbrj.gov.br>. Acesso em: [inserir data de acesso].

CONCEIÇÃO, C. S.; CORREIA JUNIOR, E. R.; CRUZ, M. C. S. da. O processo evolutivo da legislação ambiental brasileira do período colonial ao republicano. *Revista Brasileira de Direito*, [s.l.], 2021. DOI: 10.4322/978-85-455202-0-7-01.

CROUZEILLES, R. *et al.* *Relatório temático sobre restauração de paisagens e ecossistemas*. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2019.

DA SILVA, J. A. A. *et al.* *O Código Florestal e a Ciência: contribuições para o diálogo*. 2. ed. São Paulo: SBPC, 2012. 294 p.

DA SILVA, J. G.; ALMEIDA, R. B. de; CARVALHO, V. C. An economic analysis of a zero-deforestation policy in the Brazilian Amazon. *Ecological Economics*, v. 203, 2023.

ESQUIVEL-MUELBERT, A. *et al.* Compositional response of Amazon forests to climate change. *Global Change Biology*, v. 25, p. 39–56, 2018.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION – FAO. *Global forest resources assessment 2005: progress towards sustainable forest management*. FAO Forestry Paper, n. 147, 2006.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION – FAO. *Global forest resources assessment 2020: main report*. Rome: FAO, 2020.

FONSECA, I. F. da; BURSZTYN, M.; MOURA, A. M. M. de. Conhecimentos técnicos, políticas públicas e participação: o caso do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). *Revista de Sociologia e Política*, v. 20, n. 42, p. 183–198, 2012.

GFW – Global Forest Watch. Plataforma online: dados e ferramentas para o monitoramento de florestas. 2022. Disponível em: <https://www.globalforestwatch.org>. Acesso em: 05 de jul. 2025.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Portaria PR-73, de 21 de fevereiro de 2022. Aprova os valores territoriais do Brasil, Estados e Municípios.

IAQUINTO, B. O. A sustentabilidade e suas dimensões. *Revista de EMESC*, v. 25, n. 31, p. 157–178, 2018.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE – ICMBio. *Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção*. v. 1. Brasília, DF: ICMBio/MMA, 2018. 492 p.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. *Brasil em desenvolvimento 2014: estado, planejamento e políticas públicas*. MONASTÉRIO, L. M.; NERI, M. C.; SOARES, S. S. D. (Org.). Brasília: IPEA, 2014.

LEMO, A. L. F.; SILVA, J. de A. Desmatamento na Amazônia Legal: evolução, causas, monitoramento e possibilidades de mitigação através do Fundo Amazônia. *Floresta e Ambiente*, v. 18, n. 1, p. 98–108, 2011.

LOCATELLI, A. F.; SANCHEZ, R. S. da S.; ALMEIDA, F. Q. A. de. Redução, reutilização e reciclagem de resíduos em unidade de alimentação e nutrição. *Revista Símbio-Logias*, v. 1, n. 2, p. 9, 2008.

LOYOLA, R. *et al.* *Áreas prioritárias para a conservação e uso sustentável da flora brasileira ameaçada de extinção*. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio; Instituto de Pesquisas Jardim Botânico, 2014.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Balanço de execução 2018: PPCDAm e PPCerrado (2016–2020)*. Brasília: MMA, 2019.

MARENGO, J. A.; SOUZA JUNIOR, C. Mudanças climáticas: impactos e cenários para a Amazônia. *Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT) para Mudanças Climáticas – Fase 2*, v. 5, p. 1–33, 2018.

MARGOLUIS, R.; STEM, C.; SALAFSKY, N.; BROWN. Using conceptual models as a planning and evaluation tool in conservation. *Evaluation and Program Planning*, v.32, p.138–147, 2009.

- MARQUES, E. O.; BORGES, D. C. S. A importância da educação ambiental na preservação do pau-brasil – *Paubrasilia echinata*. *Scientia Generalis*, v. 1, n. 1, p. 60–70, 2020.
- MAURANO, L. E. P.; ESCADA, M. I. S.; RENNO, C. D. Padrões espaciais de desmatamento e a estimativa da exatidão dos mapas do PRODES para Amazônia Legal Brasileira. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 29, n. 4, p. 1763–1775, 2019.
- MOTA, J. A. O valor da natureza: economia e política dos recursos naturais. Rio de Janeiro: Garamond Universitária, 2001.
- MYERS, N. (1988). Threatened biotas: “hot spots” in tropical forests. The *Environmentalist*, v.8, n.3, p.187–208. 1988. DOI:10.1007/bf02240252.
- PRADO, E. B.; VASCONCELOS, F. C. W.; CHIODI, C. K. Regime jurídico da Mata Atlântica e o risco à sobrevivência in situ de espécies ameaçadas. *Ambiente & Sociedade*, v. 17, n. 2, p. 1–16, 2014.
- REDFORD, K. H. *et al.* Assessment of the Conservation Measures Partnership's effort to improve conservation outcomes through adaptive management. *Conservation Biology*, v. 32, n. 4, p. 926–937, 2018.
- RODRIGUEZ, J. M. M.; DA SILVA, E. V. Planejamento e gestão ambiental: subsídios da geoecologia de paisagens e da teoria ecossistêmica. Fortaleza: Edições UFC, 2013.
- SALAFSKY, N.; MARGOLUIS, R.; REDFORD, K. *Adaptive management: a tool for conservation practitioners*. Bethesda, MD: Foundations of Success, 2019.
- SALAFSKY, N. *et al.* A standard lexicon for biodiversity conservation: unified classifications of threats and actions. *Conservation Biology*, v. 22, n. 48, p. 897–911, 2008.
- SCHWARTZ, M. W. *et al.* Perspectives on the Open Standards for the Practice of Conservation. *Biological Conservation*, v. 155, p. 169–177, 2012.
- SERRA, C. A. T. Considerações acerca da evolução da propriedade da terra rural no Brasil. *Alceu*, v. 4, n. 7, p. 231–248, 2003.
- SOARES, S. C.; MOTTA, A. L. T. da. Diminuição das florestas naturais no mundo. In: Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 6., 2010, Niterói. Anais [...]. Niterói, RJ: Universidade Federal Fluminense, 2010.
- WWF BRASIL. *Padrões da Rede WWF para gestão de programas de conservação*. Brasília: WWF Brasil, 2014.

SOBRE O ORGANIZADOR

Marcelo Henrique Torres de Medeiros

Mestre em Ecologia e Conservação - PPGEC - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) 2023.1. Especialista em Geoprocessamento - FACUMINAS 2023. Graduado do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, pela Universidade do Estado do Rio Grande do Norte - UERN,

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1590789913619435>

ÍNDICE REMISSIVO

A

Amazônia: 56, 82

B

Biodiversidade: 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 25, 28, 29, 31, 32, 38, 39, 41, 42, 50, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 123, 126, 129, 131, 133, 135, 136, 137, 138, 140, 142

C

Cerrado: 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 106, 109, 117, 121, 122, 128, 133, 141

Chlorophyta: 38, 42, 43, 48, 54

Conservação: 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 19, 20, 21, 22, 25, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 38, 52, 54, 115, 116, 117, 119, 122, 123, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 141, 142, 143

Conservación: 56, 58, 59, 60, 61, 62, 67, 68, 71, 74, 77, 80, 81, 82, 83, 84, 86

Controle Ambiental: 116, 118

E

Economía Circular: 92, 93, 95, 96, 97, 98, 99, 105, 106, 107, 109

Eisenia Foetida: 92, 93, 96, 101, 103, 104, 106, 109, 110

Estratégias de Conservação: 9, 11, 12, 13, 14, 15, 129, 131

G

Gestão Adaptativa: 116, 138

Gestão Ambiental: 20, 31, 34, 135, 143

H

Humus de Lombriz: 93, 96, 98, 101, 103, 104, 105, 106, 108, 109, 110, 112, 113

I

Impactos Ambientais: 9, 32, 53, 54, 117, 120, 123

Instrumentos Normativos: 116

Interculturalidad: 56, 57

M

Manejo Sustentável: 9, 10, 13, 15, 16, 129

O

Ochrophyta: 38, 42, 46, 48

P

Planejamento Estratégico: 116, 119, 134, 138, 139

Política Pública: 20, 35, 124, 126, 139

Q

Queimadas: 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 118, 128, 141

R

Recursos Hídricos: 20, 21, 22, 25, 26, 28, 29, 32, 33, 34, 35, 129

Recursos Naturais: 9, 19, 20, 22, 26, 28, 29, 32, 34, 118, 127, 135, 136, 139, 143

Resíduos Orgânicos: 92, 93, 95, 96, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 109, 111

Revisão Bibliográfica: 9, 11, 13

Rhodophyta: 38, 42, 44, 48, 54

S

Sostenible: 56, 61, 67, 79, 80, 84, 86, 88, 90, 93, 94, 96, 97, 98, 105, 106, 107, 109, 110, 111, 113

T

Taxonomia: 38, 54

Tecnología Inmersiva: 56

