#9 2025
Câmara Municipal de Lousada
ISSN 2184-1292

LUCANUS

AMBIENTE E SOCIEDADE



LUCANUS
REVISTA DE AMBIENTE E SOCIEDADE

tem como objetivo assegurar o intercâmbio de conhecimento e de novas perspetivas no domínio do Ambiente, da Ecologia, da Conservação dos Recursos Naturais, da Educação Ambiental e da Comunicação e Divulgação da Ciência.

ESPAÇOS VIVOS DE LOUSADA
SENSIBILIZAÇÃO AMBIENTAL EM PAREDES
FILTROS SOLARES E ECOSSISTEMAS MARINHOS
COMO FUNCIONA A NATUREZA?
REDES ECOLÓGICAS
ORQUÍDEAS DA ARRÁBIDA
PEIXES DA CUENCA DEL PLATA
MEIO AMBIENTE NA CAATINGA
EDUCAÇÃO AMBIENTAL NUM CORREDOR ECOLÓGICO
PRÁTICAS PEDAGÓGICAS
DESPERDÍCIO ALIMENTAR

município de
lousada

LUCANUS

AMBIENTE E SOCIEDADE


10


30


58


74


80


86


104


132


152


170


188

www.lucanus.cm-lousada.pt

© Texto
Vários
Design e paginação
Fedra Santos
Revisão
Ângela Barroqueiro
© Propriedade e edição
Câmara Municipal de Lousada
Gestão editorial
João Carvalho
Carlos Fonseca
Manuel Nunes
Impressão
Lidergraf – Sustainable Printing
1.ª edição
Julho de 2026
Tiragem
500 exemplares
ISSN
2184-1292
Depósito legal
448229/18

SIMULAÇÃO
MISTO
Papel proveniente de florestas responsáveis
www.fsc.org FSC® C006553

Reservados todos os direitos. Esta publicação não pode ser reproduzida, nem transmitida, no todo ou em partes, por qualquer processo eletrónico, mecânico, fotocópia, gravação ou outros, sem prévia autorização escrita da Câmara Municipal de Lousada.

Esta publicação respeita as regras do Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa.

Esta publicação foi impressa com tintas de base vegetal, livres de solventes e biodegradáveis, em papel proveniente de florestas com gestão responsável e sustentada.

REPÚBLICA PORTUGUESA | AMBIENTE E ENERGIA
ICNF Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas
apa agência portuguesa do ambiente
dbio universidade de aveiro departamento de biologia
CESAM CENTRO DE ESTUDOS DO AMBIENTE E DO MAR

ÍNDICE

5 NOTA PRÉVIA

6 APRESENTAÇÃO

10 ESPAÇOS VIVOS DE LOUSADA: CINCO ANOS A DAR NOVA COR (E SENTIDO) AO VERDE

30 ESTRATÉGIAS DE EDUCAÇÃO E SENSIBILIZAÇÃO AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE PAREDES

58 FILTROS SOLARES, SAÚDE HUMANA E PROTEÇÃO DOS ECOSSISTEMAS MARINHOS: ENTRE A NECESSIDADE DE PROTEÇÃO E OS DESAFIOS AMBIENTAIS

74 COMO FUNCIONA A NATUREZA – OU COMO MONTAR UM PUZZLE COM 9 MILHÕES DE PEÇAS?

80 REDES ECOLÓGICAS – UMA JANELA PARA O MOTOR DAS COMUNIDADES BIOLÓGICAS

86 ORQUÍDEAS DA ARRÁBIDA
RETRATOS DE UMA BELEZA VULNERÁVEL

104 REVISIÓN DE LA ANALÍTICA DE LA RELACIÓN ISOTÓPICA DE ESTRONCIO ($^{87}Sr/^{86}Sr$) COMO MARCADOR DE MIGRACIONES DE PECES EN LA CUENCA DEL PLATA

132 SOLO E MEIO AMBIENTE NO BIOMA CAATINGA: SEMEANDO PRÁTICAS EDUCATIVAS EM SR. DO BONFIM-BA

152 DIÁLOGO ENTRE EDUCAÇÃO AMBIENTAL E O NOVO PARADIGMA ECOLÓGICO (NEP): CONSIDERAÇÕES DOS NOVOS RURAIS

170 EDUCAÇÃO AMBIENTAL COM ÊNFASE NA EXECUÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS: CONSIDERAÇÕES A PARTIR DE UM PROCESSO FORMATIVO NO TERRITÓRIO SERGIPANO

188 O RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO EM CONTRADIÇÃO: DESPERDÍCIO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS E A FRAGILIZAÇÃO DA FUNÇÃO PEDAGÓGICA PELA TERCEIRIZAÇÃO

Bem-vindos ao admirável mundo da *Lucanus*, torre de vigia da natureza, território de sensibilização socioambiental e espaço vivo de sentido e de cor. Ela própria é um filtro de redes ecológicas, fazendo interagir ecossistemas locais e regionais, de aquém e de além-mar, em migração de estudos e de conhecimento, convocando processos educativos e desafiando dinâmicas participativas.

Nesta janela aberta para retratos visuais, redescobrindo a natureza encantatória, plena de graça e de mistério, reconhecemos que, se ela criou os prazeres, o homem criou os excessos, mas que é possível encontrar práticas e propostas para um equilíbrio justo e respeitador.

Felicito a equipa de gestão editorial de uma publicação muito apreciada, nomeadamente nos meios culturais e académicos, e agradeço a qualidade e diversidade das colaborações, que muito nos enriquecem e prestigiam.

Lousada, 26 de julho de 2026



Nélson Oliveira
Presidente da Câmara Municipal de Lousada

APRESENTAÇÃO

Passados quase 10 anos desde a apresentação do primeiro volume, em 2017, a ***Lucanus* – Revista de Ambiente e Sociedade** mantém a sua identidade, promovendo a divulgação de boas práticas e a transmissão de conhecimento para uma melhor compreensão do que nos rodeia. Estes objetivos ganharam maior expressão geográfica este ano, com o apoio da *Lucanus* ao VIII Congresso Internacional de Educação Ambiental dos Países e Comunidades de Língua Portuguesa, realizado em Manaus, em julho de 2025. Este nono volume cruza o Atlântico e une a comunidade em torno de desafios comuns que moldam o nosso futuro coletivo.

Lousada é o nosso ponto de partida. O primeiro artigo tem como foco os espaços verdes urbanos do Município, apresentando uma estratégia para a sua gestão sustentável, em harmonia com a conservação e a promoção da biodiversidade.

Continuamos no Vale do Sousa, em Paredes. O segundo artigo reflete as estratégias de educação e sensibilização ambiental concelhias, com foco nas Eco-escolas e no seu potencial para disseminar boas práticas ambientais.

O terceiro artigo analisa os impactos da acumulação de filtros solares nos ecossistemas marinhos e propõe boas práticas para conciliar a saúde humana com a preservação dos oceanos.

Decifrar a natureza e compreender como milhares de espécies interagem entre si é um dos maiores desafios para um ecólogo. O quarto e o quinto artigo apresentam-nos as dificuldades inerentes a esta tarefa e os métodos utilizados para explorar diversos tipos de interação e compreender a origem e os fatores que contribuem para a sua complexidade.

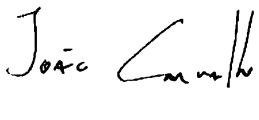
As orquídeas fascinam quem as observa. Neste volume, a fotógrafa Inês Leonardo revela-nos o mundo fantástico das orquídeas, caracterizado por um conjunto de estratégias evolutivas de sobrevivência e de polinização.

Atravessamos o Atlântico para apresentar um estudo realizado numa das maiores bacias hidrográficas do mundo: "*La cuenca del Plata*". Aqui, um grupo de investigadores utilizou um marcador geoquímico para rastrear as rotas de migração dos peixes de água doce, demonstrando que esta técnica é uma ferramenta poderosa para o estudo da conectividade ecológica em ecossistemas fluviais.

Ainda em território sul-americano, os três artigos seguintes dedicam-se à sensibilização ambiental. O primeiro destaca a importância de fomentar a educação ambiental nas escolas, através da articulação entre o conhecimento científico, os saberes locais e as vivências territoriais sobre um bioma singular: a Caatinga. O segundo, realizado em plena Mata Atlântica, avaliou a sensibilidade ambiental dos produtores e moradores das áreas rurais da região, tentando entender como os temas ambientais influenciam a sua vida e as suas atividades. O terceiro estudo, realizado no estado brasileiro de Sergipe (região Nordeste), demonstra que a promoção contínua de processos educativos, participativos e interdisciplinares é essencial para a maior sensibilização e melhor compreensão das dinâmicas ambientais.

O último artigo deste volume apresenta-nos uma quantificação do desperdício alimentar. Este trabalho associa o desperdício reportado em restaurantes universitários à terceirização da sua gestão, o que limita o potencial pedagógico e ecológico do espaço.

No nono volume da ***Lucanus* – Revista de Ambiente e Sociedade**, convidamos os nossos leitores a descobrir um pouco mais sobre vários temas práticos e focados na gestão local, com impacto direto na relação entre o ambiente e a sociedade.



João Carvalho (Coordenador editorial)
Departamento de Biologia e Centro de Estudos do Ambiente e do Mar, Universidade de Aveiro



Carlos Fonseca
Departamento de Biologia e Centro de Estudos do Ambiente e do Mar, Universidade de Aveiro



Manuel Nunes
Docente e investigador. Ministério da Educação.



NOTA INTRODUTÓRIA DA COORDENAÇÃO CIENTÍFICA DA REDE LUSÓFONA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL

A presente edição da ***Lucanus* – Revista de Ambiente e Sociedade** publica um conjunto de contribuições que reafirmam a relevância da Educação Ambiental perante a crise civilizacional intensificada pelas alterações climáticas globais, pela perda acelerada da biodiversidade, pelo aprofundamento das desigualdades sociais e pela crescente vulnerabilidade das populações e dos territórios, em particular daqueles que integram a Rede Lusófona de Educação Ambiental.

Os artigos, elaborados a partir dos debates desenvolvidos durante o VIII Congresso Internacional de Educação Ambiental dos Países e Comunidades de Língua Portuguesa, reúnem reflexões teóricas, investigações empíricas e relatos de experiências realizadas em diferentes países lusófonos, maioritariamente situados no Sul Global. Apesar da diversidade de objetos de estudo, metodologias e contextos, os trabalhos convergem ao evidenciar a necessidade de processos educativos que promovam a participação social, o pensamento crítico, a responsabilidade coletiva e o compromisso ético com a sustentabilidade da vida.

Um dos principais eixos temáticos da última edição do Congresso incidiu sobre a relação entre Educação Ambiental, democracia e participação social. Ao longo dos diferentes momentos de debate e das interações entre investigadores, educadores e demais participantes, emergiram reflexões em torno da construção de sociedades mais sustentáveis, num movimento plural, polifónico e intercultural, rico em potencial heurístico para a construção de novos caminhos perante uma crise socioambiental de dimensão global. Nesta perspetiva, a participação afirmou-se simultaneamente como um princípio formativo e como uma estratégia de transformação social, reafirmando o carácter político e ético da Educação Ambiental.

Esta compreensão, posta em evidência pela leitura dos textos, amplia o papel da Educação Ambiental, que ultrapassa a mera sensibilização para os problemas ambientais e passa a contribuir para a transformação das estruturas que estão na origem das crises contemporâneas, através da formação de cidadãos capazes de compreender criticamente a realidade e de participar na construção de alternativas assentes na solidariedade, na cooperação, na democracia e na justiça social.

Neste sentido, importa destacar a importância desta edição da ***Lucanus* – Revista de Ambiente e Sociedade**, que reafirma o compromisso do seu corpo editorial com o fortalecimento da Educação Ambiental e com os processos de cooperação científica desenvolvidos entre os países e comunidades que partilham a lusofonia como elemento constitutivo da sua identidade histórica e cultural. O mesmo compromisso é assumido pela Rede Lusófona de Educação Ambiental, através de parcerias com revistas técnico-científicas comprometidas com a produção e a difusão do conhecimento, com a transformação social e com o fortalecimento de respostas coletivas aos desafios colocados pela actual crise socioambiental global.

Espera-se que esta publicação contribua para ampliar o diálogo entre investigadores, educadores e decisores, fortalecendo a cooperação entre os países e comunidades de língua portuguesa e promovendo a construção de novos conhecimentos e de práticas educativas capazes de responder aos desafios da sustentabilidade e da justiça socioambiental.

Marília Andrade Torales Campos
Pedro Nuno Gomes Bastos Martins
Filomena Maria Cardoso Pedrosa Ferreira Martins

ESPAÇOS VIVOS DE LOUSADA: CINCO ANOS A DAR NOVA COR (E SENTIDO) AO VERDE



LUÍS GUILHERME SOUSA[1]*, DANIELA BARBOSA[1], RICARDO NOGUEIRA MARTINS[1], ANA MARIA PEREIRA[1], PEDRO SÁ[1], MANUEL NUNES[1]

*luis.guilherme.sousa@cm-lousada.pt

1 Departamento de Obras Municipais e Ambiente, Câmara Municipal de Lousada, Praça Dr. Francisco Sá Carneiro, 4620-695 Lousada

RESUMO

A preocupação com a perda de biodiversidade levou a União Europeia a aprovar a Lei do Restauro da Natureza (2024), com metas para 2030 e 2050. Portugal já está a elaborar o seu plano nacional, priorizando áreas críticas, como os insetos polinizadores — essenciais à segurança alimentar — e os espaços verdes urbanos, vitais para a saúde pública. Antecipando-se a estas políticas em uma década, o Município de Lousada implementou, em 2014, a sua Estratégia Municipal para a Sustentabilidade. Uma das principais medidas foi a transição para uma gestão mais económica, biodiversa e resiliente dos espaços verdes, face às alterações climáticas. Com o forte envolvimento da comunidade, o município tornou-se um modelo nacional de boas práticas, inspirando outros concelhos. Adicionalmente, a monitorização científica nestes locais revelou a sua importância para a conservação, tendo-se registado várias espécies de fauna e flora novas para a região.



PALAVRAS-CHAVE

Alterações climáticas, biodiversidade, conservação da natureza, espaços verdes, gestão municipal.

CITAÇÃO RECOMENDADA Sousa LG, Barbosa D, Martins RN, Pereira AM, Sá P & Nunes M (2025). Espaços Vivos de Lousada: cinco anos a dar nova cor (e sentido) ao verde. *Lucanus* – Revista de Ambiente e Sociedade, Volume IX, Páginas 10-29.

ABSTRACT
Concerns over biodiversity loss have led the European Union to adopt the Nature Restoration Law (2024), setting targets for 2030 and 2050. Portugal is already drawing up its national plan, prioritising critical areas such as pollinating insects – essential for food security – and urban green spaces, which are vital for public health. A decade ahead of these policies, the Municipality of Lousada implemented its Municipal Strategy for Sustainability in 2014. One of the key measures was the transition to a more cost-effective, biodiverse, and climate-resilient management of green spaces. With strong community involvement, the municipality has become a national model of good practice, inspiring other local authorities. Furthermore, scientific monitoring of these sites has revealed their importance for conservation, with several species of fauna and flora new to the region being recorded.

KEYWORDS
Biodiversity, climate change, green spaces, municipal management, nature conservation.



1 INTRODUÇÃO

A perda de biodiversidade é uma realidade do nosso tempo, e uma que compromete a nossa vida tal como a conhecemos (Cardinale *et al.* 2012). Embora cada espécie tenha um valor intrínseco e o direito a existir (Cresswell & Murphy 2017), a *Commonwealth Scientific and industrial Research Organisation* (Morton *et al.* 2014) enumera cinco valores, interligados entre si, que a diversidade biológica tem para as nossas vidas:

– Económico: matérias-primas para produção e consumo;

– Recreativo: turismo de natureza e atividades que exploram elementos naturais e/ou espécies;

– Serviços de ecossistema: oxigénio, purificação do ar e da água, polinização, controlo biológico de pragas, tratamento de águas residuais, entre outros serviços que melhoram a nossa vida;

– Cultural: ligação próxima a espécies e elementos que definem a nossa identidade. Povos indígenas têm uma ligação particularmente forte com a biodiversidade devido a terem desenvolvido ligações espirituais com plantas ou animais;

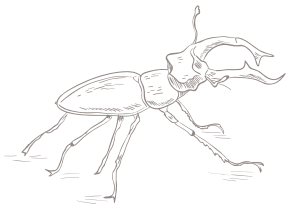
– Científico: o estudo da biodiversidade ajuda a compreender o mundo natural e a origem da vida.

Assim, a perda de biodiversidade compromete estes valores, tendo um impacto direto na nossa qualidade de vida. Recentemente, as alterações climáticas têm recebido grande destaque, servindo de justificativa para muitos declínios e extinções. Contudo, isto é uma subestimação de outras causas igualmente ou mais importantes, e mais facilmente mitigáveis. A destruição e fragmentação dos habitats e a sobre-exploração continuam a ser as principais responsáveis, em conjunto com outras ameaças (Caro *et al.* 2021), pela perda de biodiversidade, estando 99% das extinções relacionadas com a atividade humana (Elisha & Felix 2020). A redução da perda de biodiversidade está diretamente ligada aos seus desafios e pode ser mitigada através da implementação de um conjunto de políticas públicas e soluções económicas, em conjunto com sensibilização ambiental e monitorização contínua (Rafferty 2026).

Em 2024, a União Europeia aprovou a Lei do Restauro da Natureza (2024/1991), definindo como meta para cada país-membro o restauro de 20% da sua área terrestre e marinha até 2030 e de todos os ecossistemas em risco até 2050. Os setores-chave desta lei são:

– Alvos já abrangidos por outras legislações (zonas húmidas, florestas, pradarias, rios e lagos, matos, zonas rochosas e dunas): melhoria e promoção dos habitats a larga escala, recuperação das populações das espécies através do restauro dos seus habitats;

– Insetos polinizadores: reverter o declínio das populações até 2030 e aumentar a tendência positiva das suas populações, garantindo também uma monitorização contínua;



“A redução da perda de biodiversidade está diretamente ligada aos seus desafios e pode ser mitigada através da implementação de um conjunto de políticas públicas e soluções económicas, em conjunto com sensibilização ambiental e monitorização contínua (Rafferty 2026).”

– Ecossistemas florestais: aumentar a existência de madeira morta vertical e no solo, florestas em diferentes estágios de sucessão, conectividade florestal, abundância de espécies de aves florestais comuns e reserva de carbono;

– Ecossistemas urbanos: estabilização da área de espaços verdes e cobertura arbórea até 2030, e aumento regular da área total a partir de 2030;

– Ecossistemas agrícolas: aumento de borboletas associadas a pastagens e de aves associadas a zonas agrícolas, aumento das reservas de carbono orgânico no solo, e partilha das zonas agrícolas com aspetos de grande valor natural na paisagem, restauro das turfeiras em áreas agrícolas;

– Ecossistemas marinhos: restauro de habitats marinhos como as pradarias marinhas ou os fundos com sedimento que apresentem benefícios significativos, incluindo para mitigação das alterações climáticas, e restauro do habitat de espécies marinhas icónicas como golfinhos e toninhas, tubarões e aves marinhas;

– Conectividade dos rios: identificação e remoção de barreiras que impeçam a conectividade das águas superficiais, para que pelo menos 25 000 km de rios sejam restaurados à circulação livre até 2030.

> “A União Europeia aprovou a Lei do Restauro da Natureza (2024/1991), definindo como meta para cada país-membro o restauro de 20% da sua área terrestre e marinha até 2030 e de todos os ecossistemas em risco até 2050.”

Para cumprir estes objetivos, cada país-membro deve submeter um Plano de Restauro da Natureza à Comissão Europeia até setembro de 2026 (European Comission 2026).

Portugal está a trabalhar para este objetivo através da criação do Plano Nacional de Restauro da Natureza, tendo reunido um grupo de trabalho formado por várias entidades governamentais de gestão do território (continental e ilhas) que conta com o apoio de uma rede de conhecimento formada pela comunidade científica (Universidades, Institutos Politécnicos, Laboratórios do Estado e Colaborativos, Centros de Investigação) e outras entidades, que detenham conhecimento técnico e científico, que possa contribuir na elaboração do plano (ICNF 2025).



FIGURA 1 Pavão-diurno (*Aglais io*) uma das espécies de borboleta que tem beneficiado dos Espaços Vivos.

Os espaços verdes em meio urbano têm recebido cada vez mais destaque, não só pelo facto de contribuírem, decisivamente, para a melhoria da saúde física e mental da população (Gascon *et al.* 2015; Nieuwenhuijsen *et al.* 2017a; Leite *et al.* 2023), mas também pelo seu papel a nível da conservação e conectividade da biodiversidade (Rudd *et al.* 2002; Aronson *et al.* 2017; Graffigna *et al.* 2024). Perante esta importância e de acordo com o Pacto Ecológico Europeu e os objetivos de desenvolvimento sustentável, a União Europeia lançou, em 2020, o Acordo Cidade Verde (Green City Accord), no qual as cidades aderentes se comprometem a tornar-se mais verdes e mais limpas e a proporcionar um ambiente mais saudável aos seus habitantes até 2030. Este acordo foca-se em cinco áreas principais:

– Melhorar a qualidade do ar segundo os padrões da Organização Mundial de Saúde e da União Europeia;

– Melhorar a qualidade da água e a sua gestão;

– Proteger e restaurar os ecossistemas urbanos para promoção da biodiversidade;

> “Os espaços verdes em meio urbano têm recebido cada vez mais destaque, não só pelo facto de contribuírem, decisivamente, para a melhoria da saúde física e mental da população (Gascon *et al.* 2015; Nieuwenhuijsen *et al.* 2017a; Leite *et al.* 2023), mas também pelo seu papel a nível da conservação e conectividade da biodiversidade.”

– Promover uma economia circular através da melhor gestão de resíduos e incentivar a reparação, reutilização e reciclagem;

– Reduzir a poluição sonora para níveis recomendados pela Organização Mundial de Saúde.

Segundo o *Green City Accord – Baseline Report* 2020-2026, em Portugal 31 municípios assinaram este acordo e comprometeram-se a cumprir estes objetivos. Apesar desta mudança de paradigma, a nível local a perceção da importância dos espaços verdes urbanos ainda se reduz, em grande medida, à sua componente recreativa e estética, com a maioria dos municípios nacionais sem medidas adequadas de gestão ou promoção destes espaços.



FIGURA 2 Abelha (*Lasioglossum* sp.) a alimentar-se nas flores de olhos-de-gato (*Pentaglottis sempervirens*) no Parque Urbano Dr. Mário Fonseca.

2 LOUSADA

Em 2014, por iniciativa própria, o Município de Lousada iniciou a implementação de uma Estratégia Municipal para a Sustentabilidade com o objetivo de mudar a postura municipal em relação ao ambiente (Matos & Nunes 2021). Este processo transformador, e revolucionário no contexto nacional, foi estruturado em cinco eixos principais:

– Investigação científica e conservação da natureza;

– Educação ambiental e literacia científica;

– Envolvimento social;

– Ações infraestruturais;

– Sustentabilidade interna.

Apesar da independência de cada eixo, estes estabelecem sinergias entre si, com os resultados e o progresso individuais a potenciar os restantes. Como acréscimo, foram estabelecidas parcerias nacionais e internacionais para apoiar e divulgar o trabalho desenvolvido.

O conhecimento da biodiversidade municipal e dos seus habitats é um dos pilares do trabalho que tem vindo a ser desenvolvido no município de Lousada, permitindo criar projetos e programas, traçar objetivos de longo prazo, resolver situações de conflito com conhecimento de causa, gerir os recursos naturais disponíveis de forma mais sustentável, garantir os serviços dos ecossistemas e adaptar a transmissão de conhecimento à realidade documentada. Para tal, o município mantém um programa de monitorização regular dos valores naturais, que atualmente conta com mais de 2 200 espécies registadas. Esta monitorização tem sido direcionada para múltiplos grupos e elementos, e deu origem a diversas publicações: fauna de vertebrados (Couto *et al.* 2017), flora e habitats (Marques *et al.* 2017), espécies de flora dos jardins de casas senhoriais (Alves *et al.* 2018), massas de água endorreicas naturais e artificiais (Couto *et al.* 2019), árvores de grandes dimensões (gigantes verdes) (Soutinho *et al.* 2019), caracterização das bacias hidrográficas (Barbosa *et al.* 2020), fauna de invertebrados (Gil & Grosso-Silva 2023), borboletas noturnas (Nunes 2023), fungos (Floradata 2025) e sete guias de campo sobre a biodiversidade de Lousada (Mata de Vilar, Anfíbios e Répteis, Fetos, Aves, Mamíferos, Borboletas Noturnas e Invertebrados).

Este trabalho de base tem contribuído, não apenas para um conhecimento detalhado da fauna e flora a nível local, mas também a nível nacional e internacional, com a descoberta de várias espécies novas para o país (Gil & Grosso-Silva 2021; Gil *et al.* 2022; Gil *et al.* 2023; Pešić *et al.* 2024) e uma nova para a ciência (Pešić *et al.* 2026).

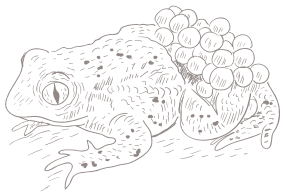


FIGURA 3 Ouriço-europeu (*Erinaceus europaeus*) a alimentar-se no jardim da Casa das Videiras enquanto decorria a apresentação do livro *Coisas que gostam de coisas*.

Através da informação recolhida, tem sido possível priorizar áreas de interesse de conservação, levando à criação de instrumentos de gestão, como a Paisagem Protegida Local do Sousa Superior (Nunes & Martins 2000) e a Rede Municipal de Microrreservas (Nunes *et al.* 2024). Com o intuito de levar o restauro ambiental a todas as partes do município, surgiu, em 2016, o projeto *Plantar Lousada* que conta com mais de 166 000 árvores e arbustos plantados e a recuperação de mais de 100 hectares de áreas degradadas, devido à ação de mais de 15 000 voluntários. Também os recursos hídricos foram abarcados nesta dinâmica de restauro, através dos projetos *Lousada Guarda Rios* e *Lousada Charcos*, onde foram monitorizados e intervencionados mais de 166 troços de rios, num total superior a 24,6 km lineares, e mapeadas mais de 700 massas de água, respetivamente. De igual modo, um pouco por toda a área concelhia, procedeu-se a ações dirigidas à remoção de plantas invasoras e/ou infestantes, tendo sido removida uma área superior a 64 hectares de acácias, erva-das-pampas, tintureira, erva-da-fortuna, erva-rapa, entre outras. Durante o projeto *Gigantes Verdes* foram contabilizadas mais de 7 400 árvores de grandes dimensões e de particular valor ecológico no município. Para além de integrarem uma plataforma vertida no PDM, estas árvores, tanto em espaços públicos como privados, passaram a estar sob proteção da nova geração de Regulamentos de Arvoredo, concretamente o Regulamento Municipal de Gestão de Arvoredo e dos Espaços Naturais do Município de Lousada (Regulamento n.º 63/2021, de 18 de janeiro de 2021) que, entre outros aspetos relevantes em matéria de conservação, estabelece a proteção de 23 espécies de árvores nativas.

Finalmente, ainda no âmbito deste breve périplo por alguns dos mais significativos projetos de restauro e valorização do património natural municipal, importa mencionar a caracterização de mais de 50 jardins históricos integrados em solares dos séculos XVIII-XIX ao abrigo do projeto Lousada Jardins (Alves *et al.* 2018), cujos resultados cifram-se em mais de 190 espécies de árvores e arbustos inventariadas, algumas delas raras no contexto local.

> “Em 2014, por iniciativa própria, o Município de Lousada iniciou a implementação de uma Estratégia Municipal para a Sustentabilidade com o objetivo de mudar a postura municipal em relação ao ambiente.”



3 ESPAÇOS VERDES URBANOS DE LOUSADA

A vila de Lousada apresenta um grande número de espaços verdes urbanos de dimensão variada (10 – 75 000 m²), sendo o Parque Urbano Dr. Mário Fonseca o que apresenta a maior área.

Estes espaços, à semelhança da maioria dos espaços verdes urbanos de Portugal, são compostos maioritariamente por áreas ajardinadas cortadas regularmente (quinzenalmente), com arbustos a formar sebes, árvores espaçadas entre si e canteiros com flores sazonais que são substituídas regularmen-

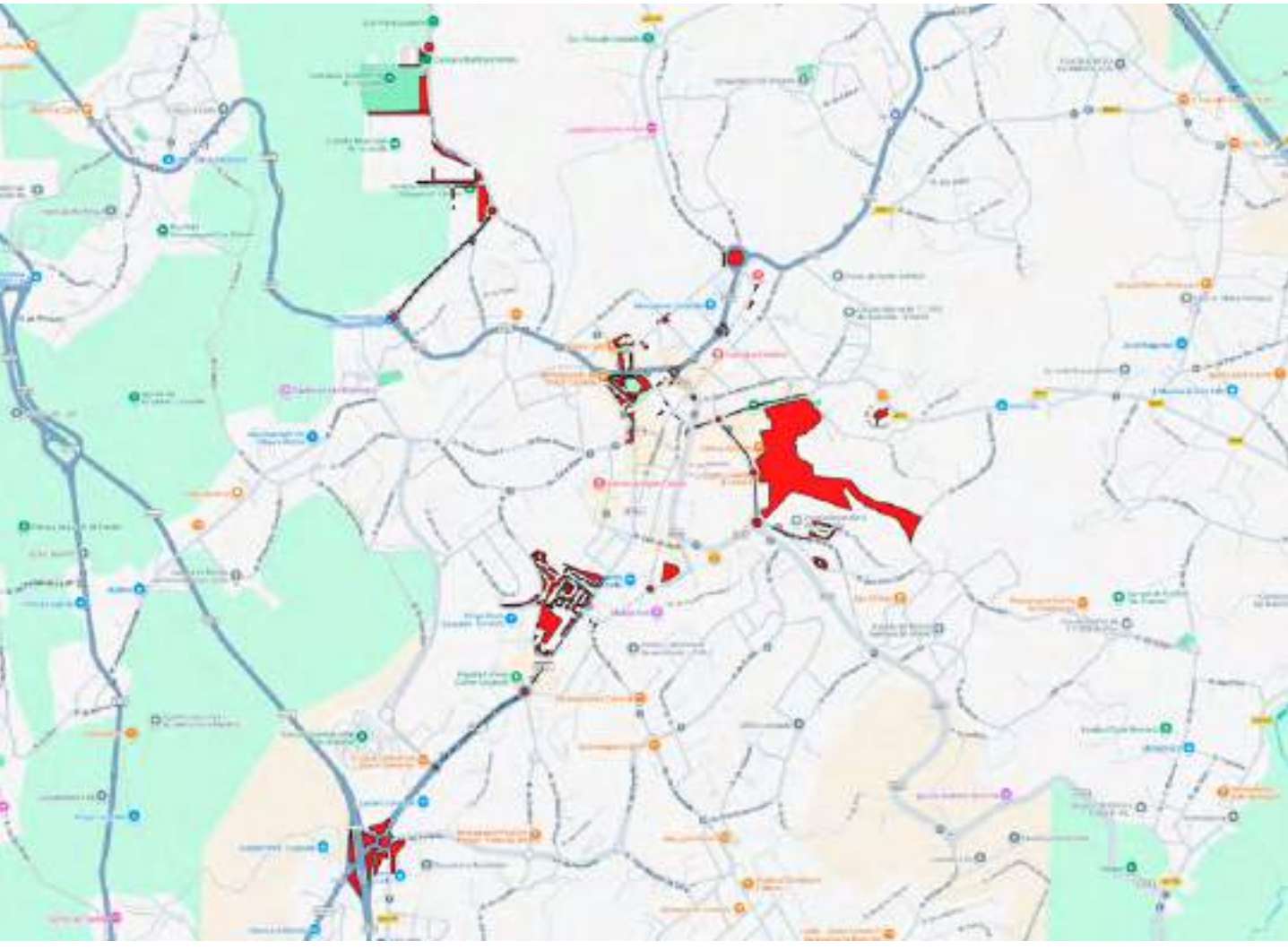
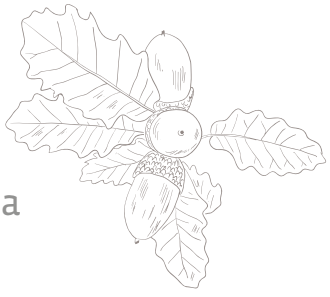


FIGURA 4 Mapa da distribuição dos espaços verdes urbanos da vila de Lousada.

te após a floração. As espécies de flora utilizadas nestes vários elementos são quase exclusivamente exóticas, escolhidas pela sua aparência ou pelo crescimento rápido. Do ponto de vista ecológico, estas espécies apresentam pouco valor, limitando-se a proporcionar abrigo a algumas espécies de fauna. Este tipo de espaços verdes acarreta elevados custos de manutenção, necessitando de uma equipa numerosa de técnicos para efetuar os cortes regulares, de maquinaria e combustível para realizar essas gestões, de adubos para compensar a remoção regular de nutrientes e garantir um crescimento rápido, de fitofármacos para matar potenciais ameaças e de água para regas regulares, pois as espécies plantadas não estão adaptadas às condições climáticas do nosso país.

Com a implementação da Estratégia Municipal para a sustentabilidade impunha-se uma mudança na gestão destas áreas. A utilização de químicos nocivos, como glifosato e inseticidas, nos meios urbanos representa um sério problema, não só para as espécies selvagens residentes, mas também para as pessoas e os animais de estimação (Myers *et al.* 2016). No ano de 2015, o Município de Lousada aderiu à Campanha da *QUERCUS Autarquias sem Glifosato/Herbicidas,* interrompendo um ciclo de décadas de utilização de herbicidas e inseticidas, passando a recorrer a soluções mais naturais ou ecológicas quando realmente necessário. O Projeto Plantar Lousada possibilitou a utilização de um número maior de espécies de flora nativa nos espaços verdes de todo o município, nomeadamente através de diversas ações públicas de plantação no Parque Urbano, onde foram plantadas 820 árvores e arbustos de 32 espécies nativas. Paralelamente, em alguns parques e escolas têm sido construídos hotéis para insetos, anfiteatros de madeira morta e sebes vivas e de madeira morta, de modo a criar mais áreas de abrigo e reprodução para animais, incluindo polinizadores. Também houve um aumento no número de atividades e palestras de sensibilização sobre o tema, quer online, quer presenciais, tendo sido realizadas 89 atividades relacionadas com polinizadores que envolveram 2886 participantes de várias idades. No Parque Urbano foram ainda construídos dois novos charcos com a ajuda de alunos da Escola Secundária de Lousada, o que oferece maior disponibilidade de água e de locais de reprodução para várias espécies, designadamente anfíbios.

“Com a implementação da Estratégia Municipal para a sustentabilidade impunha-se uma mudança na gestão destas áreas.”



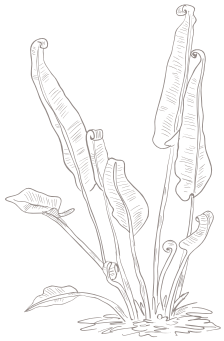








FIGURA 5 BioLousada "*Bio Blitz* Polinizadores", realizado a 2 de abril de 2022 (em cima), hotel para insetos construído no âmbito do Fundo Lousada Sustentável (no meio) e construção do primeiro charco pelos alunos da Escola Secundária (em baixo), ambos no Parque Urbano Dr. Mário Fonseca.

Em 2021, o município optou por não cortar a vegetação nos seus espaços verdes, adotando o slogan "*Não estamos a cortar a relva para alimentar as abelhas*". Tratou-se, efetivamente, de um passo simples, mas significativo, na prática municipal de gestão da biodiversidade em áreas urbanas e/ou periurbanas, de tal modo que se converteu num exemplo de boas práticas para muitos municípios que continuam a replicá-la.





FIGURA 6 Destaques na comunicação social sobre a iniciativa de não corte dos espaços verdes. Menção feita pela *Quercus* (em cima) e no programa Biosfera da RTP (em baixo).



Contudo, após a decisão de não corte da vegetação, várias questões se colocaram:

– Será que, após anos de cortes regulares, subsistiram espécies relevantes?

– Será que, entre a relva, só existem espécies exóticas?

– Será que há polinizadores na área?

– Como é que o não corte afeta as plantas existentes?

– Será que as espécies nativas têm capacidade de colonizar estas áreas?

Assim, em 2022, iniciou-se a inventariação da biodiversidade destes espaços, tendo sido estabelecidos tipos de corte diferenciados – 1 mês, 3 meses e 6 meses – para vários espaços verdes, consoante o tipo de utilização que tinham por parte da população, mantendo-se as áreas mais frequentadas com cortes mensais.



FIGURA 7
Espaços vivos junto à Escola Básica Professor Marnoco e Sousa (em cima) e junto ao Centro de Educação Ambiental da Casa das Videiras (em baixo).

Os resultados superaram as expectativas. Os espaços verdes de Lousada apresentavam, entre árvores, arbustos e flores plantadas, 86 espécies, das quais 40 eram exóticas (8 também invasoras). Se analisarmos os relvados que eram cortados regularmente, este número é ainda mais surpreendente: 189 espécies identificadas, 26 das quais exóticas (14 exóticas invasoras), o que corresponde a 49,9% da flora identificada no município naquela altura. Para além deste resultado, esta inventariação acrescentou 63 novas espécies a essa lista, um aumento de 16,6%, o que evidencia a relevância que estes espaços podem ter. Foram ainda encontrados alguns indivíduos de espécies raras no município, dos quais se conhecem poucas populações (*Polygonatum odoratum* e *Hypericum androsaemum*). Nestes casos, foi interdito o seu corte e arranque, o que permitiu multiplicar o seu número. A flora exótica invasora também tem sido controlada e erradicada.



FIGURA 8 Exemplo da diversidade de cores e formatos das flores identificadas durante o trabalho de monitorização dos Espaços Vivos.

Analisando a fauna, percebemos como estes espaços não são apenas importantes para polinizadores, mas também para muitas outras espécies de invertebrados e vertebrados. Atualmente, estão identificadas 91 espécies de vertebrados que utilizam estas áreas como locais de alimentação, reprodução, abrigo ou apenas de passagem, o que corresponde a 42,9% dos vertebrados registados no município. Destas, 75 apresentam algum tipo de proteção a nível europeu e 7 encontram-se ameaçadas a uma escala nacional ou global.





FIGURA 9 Em cima, uma salamandra-lusitânica (*Chioglossa lusitanica*), espécie que se encontra classificada como Vulnerável em Portugal e é protegida a nível europeu ao abrigo da Diretiva Habitats (Anexo II e IV) e da Convenção de Berna (Anexo II). Em baixo, um macho de dom-fafe (*Pyrrhula pyrrhula*), espécie rara e de ocorrência bastante localizada no contexto municipal.

Relativamente aos invertebrados, foram identificadas 248 espécies, o que corresponde a 19,6% do total de invertebrados identificados no município, das quais 71 são polinizadores. Destas espécies apenas a lesma-do-Gerês (*Geomalacus maculosus*) apresenta proteção a nível europeu. Os grupos mais comuns identificados foram: escaravelhos (61 espécies, 24,7% do total municipal), borboletas (45 espécies, 7,9% do total municipal), percevejos (33 espécies, 20% do total municipal) e moscas (30 espécies, 61,2% do total municipal).



FIGURA 10 Borboleta zigaena-de-cinco-pontos (*Zigaena trifolli*) a descansar entre a vegetação.

Após os primeiros dados, foi adotado o conceito de Espaços Vivos para designar estas áreas, devido à importância que estes espaços revelaram possuir não apenas para polinizadores, mas também para um grande conjunto de fauna e flora.

Os cortes periódicos diferenciados revelaram que não existe uma relação direta entre o período de corte e a riqueza específica, podendo esta depender de outros fatores, como o banco de sementes, a proximidade de áreas naturais ou de outros espaços verdes. Possivelmente, a elevada riqueza es-



pecífica de flora identificada apenas foi possível devido a uma acumulação de diversos fatores, tanto em termos de características dos espaços verdes (ex: dimensão, forma), como da sua gestão (ex: pisoteio regular, presença de canteiros). Contudo, algumas espécies (ex: *Serapias lingua*) com períodos de floração e frutificação maiores beneficiaram dos cortes mais alargados (6 meses), tendo-se registado uma tendência de aumento de indivíduos nesses locais. Outras espécies de menor dimensão beneficiaram de cortes mais regulares (a cada 1 mês) devido à exclusão de espécies de maiores dimensões.

Atualmente, através de alguns programas municipais, como o BioEscola ou o Biogerações, os Espaços Vivos estão a chegar às escolas e a outros espaços de utilização quotidiana no município, por meio da construção de canteiros biodiversos com espécies nativas, promovendo a polinização e a presença de outros animais.



FIGURA 11 Orquídeas silvestres (Erva-língua *Serapias lingua*) a crescer num Espaço Vivo na Praça das Pocinhas.

4 CONCLUSÃO

A existência de áreas de não corte ou de corte periódico em meio urbano é extremamente benéfica para a flora e a fauna locais, sobretudo quando os espaços fazem uso do elenco de espécies nativas disponíveis como elementos ornamentais, de ensombramento, entre outros. A adoção desta estratégia permite tornar os espaços verdes urbanos mais sustentáveis, economizando recursos humanos e materiais, enquanto promove a biodiversidade e a resiliência às alterações climáticas, graças à redução da pegada hídrica, ao maior sequestro de CO_2 e à maior resistência a pragas e doenças. Por outro lado, a manutenção de áreas com cortes diferenciados favorece um maior número de espécies. Ao contrário de alegações infundadas, é possível compatibilizar estes espaços com as atividades recreativas, mantendo um papel ecológico importante, com várias espécies de flora nativa que apresentam valor gastronómico, medicinal e cultural. Apesar de Lousada ainda não ter subscrito o *Green City Accord*, as medidas plasmadas na Estratégia Municipal para a Sustentabilidade vão de encontro aos objetivos traçados por este acordo internacional, assim como do recente Plano de Ação para a Conservação e Sustentabilidade dos Polinizadores (Despacho nº 4214/2026, de 31 de março) do Governo da República Portuguesa, demonstrando a relevância do trabalho realizado em Lousada e a visão estratégica da autarquia que permitiu antecipar, em mais de uma década, os atuais desígnios de conservação e valorização destes espaços para o equilíbrio natural e de bem estar das comunidades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alves D *et al*. (2018). Estudo das árvores e arbustos dos Jardins Históricos das Casas Senhoriais do Concelho de Lousada. *Lucanus* – Revista de Ambiente e Sociedade, 2, 30-81.

Aronson MF *et al*. (2017). Biodiversity in the city: key challenges for urban green space management. Frontiers in Ecology and the Environment, 15(4), 189-196.

Barbosa D, Matos M & Nunes M (2020). Lousada Guarda Rios: a cidadania ativa na proteção dos recursos naturais. *Lucanus* – Revista de Ambiente e Sociedade, Volume 4, 22-47.

Cardinale BJ *et al*. (2012). Biodiversity loss and its impact on humanity. Nature, 486, 59-67.

Caro T *et al*. (2021). An inconvenient misconception: Climate change is not the principal driver of biodiversity loss. Conservation Letters – Society for Conservation Biology, 15 (3).

Couto AP *et al*. (2017). Diversidade da fauna de vertebrados do concelho de Lousada. *Lucanus* – Revista de Ambiente e Sociedade, 1, 56-77.

Couto AP *et al*. (2019). Lousada Charcos: uma rede municipal para a biodiversidade aquática. *Lucanus* – Revista de Ambiente e Sociedade, 3, 36-53.

Cresswell ID & Murphy HT (2017). Australia state of the environment 2016: biodiversity, independent report to the Australian Government Minister for the Environment and Energy. Australian Government Department of the Environment and Energy, Canberra.

Elisha OD & Felix MJ (2020). The loss of biodiversity and ecosystems: a threat to the functioning of our planet, economy and human society. International Journal of Economics, Environmental Development and Society, 1(1), 30-44.



European Commission (2026). Nature Restoration Regulation. Disponível em https://environment.ec.europa.eu/topics/nature-and-biodiversity/nature-restoration-regulation_en. Acesso a 15 de março de 2026.

European Commission (2026). GCA- Baseline Report 2020-2025. Disponível em https://environment.ec.europa.eu/publications/gca-report-progress-and-achievements-2020-2025_en. Acesso a 21 de março de 2026.

Floradata (2025). Inventário micológico do Município de Lousada.

Gascon M *et al.* (2015). Mental health benefits of long-term exposure to residential green and blue spaces: a systematic review. International Journal of Environmental Research and Public Health, 12, 4354–4379.

Gil F & Grosso-Silva J (2021) *Corythycha arcuata* (Say, 1832) (Hemiptera: Tingidae), new species for the Iberian Peninsula. Arquivos Entomolóxicos, 24, 307-308.

Gil F, Valkenburg T & Grosso-Silva JM (2022). *Metacanthus maghrebinus* Péricart, 1977 (Hemiptera: Berytidae), new species for Portugal. Arquivos Entomolóxicos, 25, 327-329.

Gil F, Marques A & Grosso-Silva JM (2023). *Lachnaia gallaeca* Baselga & Ruiz-García, 2007 new for Portugal and confirmation of *Phratora vulgatissima* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Chrysomelidae). Arquivos Entomolóxicos, 26, 105-108.

Gil F & Grosso-Silva JM (2023). Inventário preliminar dos invertebrados de Lousada. *Lucanus* – Revista de Ambiente e Sociedade, 7, 46-77.

Graffigna S *et al.* (2024). Importance of urban green areas' connectivity for the conservation of pollinators. Urban Ecosystems, 27, 417-426.

ICNF (2025). Plano Nacional de Restauro de Natureza. Disponível em https://restauronatureza.icnf.pt/. Acesso a 15 de março de 2026

Leite NG, Mota VL & Sanches FDO (2023). The importance of green areas and public spaces for the urban climate and human well-being. Periódico Eletrônico Fórum Ambiental Da Alta Paulista, Volume 19(2).

Marques R *et al*. (2017). Flora e vegetação do município de Lousada. *Lucanus* - Revista de Ambiente e Sociedade, 1, 78-109.

Matos M & Nunes M (2021). Estratégia Municipal para a Sustentabilidade- O projeto transformador do Município de Lousada. *Lucanus* - Revista de Ambiente e Sociedade, 5, 8-43.

Morton S, Sheppard A & Lonsdale M (2014). Biodiversity: Science and Solutions for Australia. CSIRO.

Myers JP *et al*. (2016). Concerns over use of glyphosate-based herbicides and risks associated with exposures: a consensus statement. Environmental Health, 15(1), 19.

Nieuwenhuijsen MJ *et al*. (2017). Fifty shades of green: pathway to healthy urban living. Epidemiology, 28, 63-71.

Nunes M & Martins RN (2023). Paisagem Protegida Local do Sousa Superior: reflexões sobre a gestão de uma área protegida. *Lucanus* - Revista de Ambiente e Sociedade, 7, 8-45.

Nunes J (2023). As borboletas noturnas de Lousada – Inventário. *Lucanus* - Revista de Ambiente e Sociedade, 7, 78-119.

Nunes M *et al*. (2024). Rede Municipal de Microrreservas de Lousada. *Lucanus* – Revista de Ambiente e Sociedade, 8, 8-45.

Pešić V *et al.* (2024). DNA barcode library of Portuguese water mites, with the descriptions of two new species (Acari, Hydrachnidia). ZooKeys, 1217, 119-171.

Pešić V *et al*. (2026). Molecular phylogeny reveals a new species of the Hygrobates longipalpis complex from Portugal (Acariformes, Hydrachnidia, Hygrobatidae). Ecologica Montenegrina, 94, 84-97.

Raffery JP (2026). Biodiversity Loss- Ecological effects. Encyclopaedia Britannica. DIsponível em https://www.britannica.com/science/. Acesso a 15 de Março de 2026.

Regulamento n.º 63/2021, de 18 de janeiro de 2021 – Regulamento Municipal de Gestão de Arvoredo e dos Espaços Naturais do Município de Lousada. Diário da República, 2.ª série, n.º 11.

Rudd, H., Vala, J., & Schaefer, V. (2002). Importance of backyard habitat in a comprehensive biodiversity conservation strategy: a connectivity analysis of urban green spaces. Restoration Ecology, 10(2), 368-375.

Soutinho JG *et al.* (2019). Gigantes Verdes: as árvores de grande porte do concelho de Lousada. Onde estão e como as podemos conservar? *Lucanus* – Revista de Ambiente e Sociedade, 3, 54-79.

ESTRATÉGIAS DE EDUCAÇÃO E SENSIBILIZAÇÃO AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE PAREDES



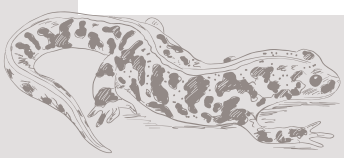
JOÃO COSTA[1 2*]

*joao.costa@cm-paredes.pt

1 Pelouro do Ambiente da Câmara Municipal de Paredes, Praça José Guilherme, 4580-130 Paredes
2 Centro de Investigação e Tecnologias Agroambientais e Biológicas, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Quinta de Prados, 5000-801 Vila Real

RESUMO

A inclusão de conceitos como educação e sensibilização ambiental na ordem do dia é algo que nos deve mover para o futuro sustentável que todos desejamos. O trabalho apresentado neste artigo é o reflexo de uma parte das ações que chegam às escolas e à comunidade, sustentadas por políticas públicas que apostam na consciencialização ambiental de todos e para todos. Foi importante apresentar, nesta publicação sobre o município de Paredes, o panorama geral das escolas que estão, de alguma forma, na base da educação ambiental e se apresentam como Eco-Escolas e, simultaneamente, relacionar as estratégias de educação ambiental com as do município, percebendo o potencial de disseminação que as escolas podem ter como agentes ambientais em toda a comunidade educativa. A apresentação dos principais projetos e atividades ambientais ao longo dos últimos anos em Paredes foi fundamental para evidenciar o impacto desses projetos na comunidade escolar e no público em geral, que segue os exemplos e participa das atividades propostas. Estes resultados comprovam o potencial que Paredes e todos os municípios têm na adoção de políticas públicas focadas na preservação ambiental do território, bem como a sua relevância para as escolas, por desempenharem um papel importante na disseminação exponencial junto à população.



PALAVRAS-CHAVE

Ambiente, desenvolvimento sustentável, disseminação ambiental, educação ambiental, sensibilização, sustentabilidade.

CITAÇÃO RECOMENDADA Costa J (2025). Estratégias de Educação e Sensibilização Ambiental no Município de Paredes. *Lucanus* – Revista de Ambiente e Sociedade, Volume IX, Páginas 30-57.

ABSTRACT
Bringing education and environmental awareness to the forefront should motivate all of us because we want a sustainable future. The work presented in this article reflects part of the actions that reach schools and the wider community, supported by public policies that prioritise environmental awareness for everyone and by everyone. In this study of the city of Paredes, it was important to present an overview of the schools that, in one way or another, form the basis of environmental education and are recognized as Eco-Schools, while also linking environmental education strategies with the municipality's own strategies. This allowed us to understand the potential of schools to disseminate environmental practices as key agents within their educational communities. The presentation of the main environmental projects and activities carried out throughout the year and in recent years in Paredes was essential to demonstrate the impact these projects have on the school community and the public, who follow the examples set and take part in the proposed activities. These results confirm the potential of Paredes and all cities to adopt public policies focused on the environmental preservation of their territories, as well as the importance of directing greater attention to schools, given their exponential capacity to disseminate knowledge and practices among the population.

KEYWORDS
Awareness, environment, environmental dissemination, environmental education, sustainability, sustainable development.

1 INTRODUÇÃO

Quando nos deparamos com o conceito de educação ambiental, encontramos uma abrangência ampla e várias definições para descrever algo simples. Segundo a Agência Portuguesa do Ambiente (APA), "a educação ambiental é um processo de aprendizagem ao longo da vida, que visa promover uma cidadania informada e ativa, que garanta o envolvimento e o compromisso de cada um de nós e das organizações que integramos com um futuro sustentável". Se recuarmos até 1987, o Relatório *Brundtland – Our Common Future* (O Nosso Futuro Comum) introduz, pela primeira vez, o conceito de "desenvolvimento sustentável" na agenda política. Este relatório, publicado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, descreve o desenvolvimento sustentável como "um modelo de desenvolvimento que permite às gerações presentes satisfazer as suas necessidades sem que,

com isso, ponham em risco a possibilidade de as gerações futuras virem a satisfazer as suas próprias necessidades". A forma como ligamos estes dois conceitos-chave determina a tomada de diferentes decisões e a escolha de estratégias para formar e informar os cidadãos sobre como se podem tornar agentes ambientais, promovendo um desenvolvimento sustentável ao longo da sua vida, tomando decisões que não comprometam as gerações futuras e, assim, atribuir a cada um de nós um sentimento de responsabilidade por um futuro mais sustentável.

Paredes, um município no norte de Portugal, com 84.354 habitantes (Censos 2021, INE (2021)), pertencente ao distrito do Porto, é parte integrante da NUTS III (Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos) denominada Área Metropolitana do Porto. Pela sua diversidade ecológica e paisagística, parte do território deste município está inserida na Rede Natura 2000 designada como Sítio de Valongo (Sítio PTCON0024 Valongo). A Rede Natura 2000, segundo o Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF) "é uma rede ecológica para o espaço comunitário da União Europeia". O território deste espaço comunitário corresponde a 1 080 hectares, dos 2 546 totais, pertencentes ao concelho de Paredes, e a restante área é partilhada por Gondomar e Valongo. Da mesma forma que esta região foi considerada sítio de interesse comunitário, foi também criada uma área de proteção denominada "Parque das Serras do Porto" – publicada no Diário da República, Aviso n.º 2682/2017, de 15 de março, que classifica o Parque das Serras do Porto como Paisagem Protegida Regional. Segundo o regulamento de gestão da associação de municípios do Parque das Serras do Porto, este local define-se como o conjunto das cinco serras da Área Metropolitana do Porto (Santa Justa, Pias, Castiçal, Banjas e Santa Iria), de elevado valor natural e cultural. Local caracterizado pelos "serviços ecossistémicos que assegura e pela proximidade face a núcleos urbanos, vias de comunicação e circuitos turísticos". O valor atribuído a este património sustenta-se nos pilares da geologia, na viagem paleozoica que é possível realizar, na vasta fauna e flora registadas e nos vestígios arqueológicos que contribuem para compreender a mineração aurífera massivamente explorada na área. Também o Parque das Serras do Porto está dividido pelos mesmos três municípios, com gestão partilhada – em que Paredes assume novamente a grande maioria da área protegida regional.

> Segundo a Agência Portuguesa do Ambiente (APA), "a educação ambiental é um processo de aprendizagem ao longo da vida, que visa promover uma cidadania informada e ativa, que garanta o envolvimento e o compromisso de cada um de nós e das organizações que integramos com um futuro sustentável."

As potencialidades associadas ao território rapidamente se alastram para a necessidade de transmitir esse potencial às escolas e à população em geral através de atividades e ensinamentos que aumentem o gosto pela natureza e a partilha da necessidade de preservação do ambiente e dos ecossistemas que o compõem. Com o surgimento do conceito "One Health" – Uma só Saúde, que foi adotado pela Organização Mundial da Saúde (OMS), pela Organização Mundial da Saúde Animal (OMSA), pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) e pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), tornou-se indispensável que o cuidar de nós e da nossa saúde implique cuidar da saúde animal e do ambiente. Este conceito salienta que promover as práticas *One Health* é investir num futuro mais justo, saudável e resiliente para todos.



2 DESAFIOS ESTRATÉGICOS DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Os desafios nacionais definidos na Estratégia Nacional de Educação Ambiental (ENEA) foram elaborados em torno de três eixos temáticos: i) "Descarbonizar a Sociedade" onde são incluídos o clima, a eficiência energética e a mobilidade sustentável;, ii) "Tornar a Economia Circular" com os subtemas desmaterialização, economia colaborativa e consumo sustentável, conceção de produtos e uso eficiente de recursos e valorização de resíduos e, iii) "Valorizar o Território" abarcando o ordenamento do território, mar e litoral, água, valores naturais, paisagem, ar e ruído.

Quando apontamos para os desafios futuros no âmbito da direção a tomar nas medidas públicas relacionadas com as temáticas ambientais temos a obrigatoriedade de nos focarmos na ENEA da Agência Portuguesa do Ambiente (APA) que aponta os principais desafios para 2030, incluindo cinco temas que farão parte da sua estratégia: i) Promover a economia circular, ii) Restaurar os ecossistemas, iii) Usar a água com eficiência, iv) Proteger os oceanos e v) Agir pelo clima. Estas assumem-se como as grandes linhas orientadoras desta estratégia. Os desafios globais serão sempre uma medida a ter em consideração para as apostas dos municípios no sentido de existir uma linguagem comum e uma estratégia generalizada para atingir os fins a que nos propomos como um todo. A figura 1 pretende apresentar, de forma sistemática, os Eixos Temáticos da estratégia nacional de educação ambiental definidos no ENEA 2020, bem como as propostas para o ENEA 2030.

ENEA 2020	Descarbonizar a Sociedade
	Tornar a Economia Circular
	Valorizar o Território
ENEA 2030 Desafios propostos	Promover a Economia Circular
	Restaurar os Ecossistemas
	Usar a Água com Eficiência
	Proteger os Oceanos
	Agir pelo Clima

FIGURA 1 Eixos temáticos da estratégia nacional de educação ambiental definidos no ENEA 2020 e as propostas para o ENEA 2030.

Quando confrontados com as realidades municipais, o foco nem sempre permanece alinhado com a estratégia nacional e acaba por se direcionar às realidades locais, de modo a ir ao encontro dos desafios do território e da valorização dada pelos principais agentes ambientais de cada setor.

Em Paredes, a apresentação anual da agenda municipal ambiental é uma forma de balizar a aposta na estratégia de combate aos problemas de sustentabilidade e de educação ambiental que mais se pretendem desenvolver no ano letivo seguinte, por vezes para dar continuidade aos compromissos assumidos, mas sempre com abertura para ir colmatando, ano após ano, os novos desafios detetados. Estes vetores ambientais estão diretamente ligados à educação ambiental para a sustentabilidade, assegurando a salvaguarda dos recursos naturais e a proteção da fauna e da flora existentes em Paredes e no território circundante. Há um grande foco na educação, quer de crianças e jovens, quer da população em geral. Educação de qualidade, aliada à proteção da natureza e ao combate às alterações climáticas, são três dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) que, anualmente, são colocados em prática. O eixo orientador da nossa estratégia tem sido que as atividades e visões sobre a ação sejam abrangidas pelos ODS, pois, segundo as Nações Unidas, "são a visão comum para a Humanidade, um contrato entre os líderes mundiais e os povos e uma lista das coisas a fazer em nome dos povos e do planeta".



"Educação de qualidade, aliada à proteção da natureza e ao combate às alterações climáticas, são três dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) que, anualmente, são colocados em prática."

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. O PODER DAS ESCOLAS NA DISSEMINAÇÃO AMBIENTAL MUNICIPAL

A aposta do município de Paredes na educação e na sensibilização ambiental está na base das políticas públicas ambientais, envolvendo diversos parceiros do setor e, sobretudo, as escolas e o seu importante poder de disseminação. A responsabilização das escolas como Eco-Escolas tem trazido a Paredes um importante compromisso nas estratégias de atuação municipal. Segundo a ABAAE (Associação Bandeira Azul de Ambiente e Educação), o programa Eco-Escolas é um programa internacional da "Foundation for Environmental Education", desenvolvido em Portugal desde 1996 pela ABAE (atualmente designada ABAAE). O seu objetivo é encorajar ações e reconhecer o trabalho de qualidade desenvolvido pela escola, no âmbito da Educação Ambiental para a Sustentabilidade. Se repararmos na evolução dos últimos anos, podemos ver um aumento efetivo e sustentado no número de escolas galardoadas como Eco-Escolas. No ano letivo 2015/2016, Paredes tinha nove escolas galardoadas como Eco-Escolas. Em 2017, galardoou 11 escolas e, desde então, a aposta foi aumentando ano após ano até à marca de 30 escolas galardoadas, no maior evento de Educação Ambiental e de Sustentabilidade do país, organizado pela ABAAE (Associação Bandeira Azul de Ambiente e Educação), em parceria com a Câmara Municipal de Paredes. A tendência observada na figura 2 leva a um aumento considerável no número de alunos envolvidos e, consequentemente, à disseminação de boas práticas (Tabela 1).

Ano Letivo	Escolas Galardoadas
2015/16	9
2016/17	11
2017/18	15
2018/19	18
2019/20	19
2020/21	18
2021/22	21
2022/23	25
2023/24	26
2024/25	30

TABELA 1 Número de escolas galardoadas como Eco-Escolas ao longo dos últimos anos.

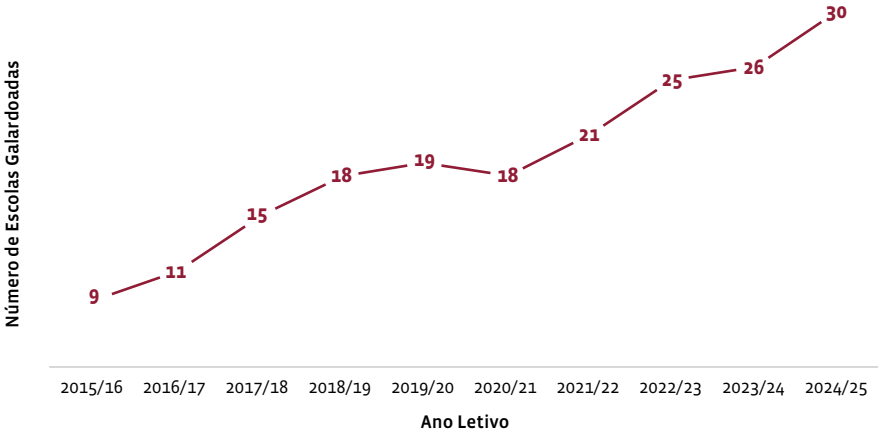
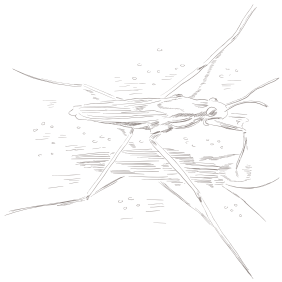


FIGURA 2 Evolução do número de escolas galardoadas em Paredes entre 2016 e 2025.

Com os dados recolhidos na tabela 1, ficamos com a ideia da rede de escolas que conseguem disseminar as políticas ambientais e de proteção da natureza e da biodiversidade, estando a criar alunos mais responsáveis e mais sustentáveis que vão levar para casa medidas concretas de como repensar cada gesto, não só na perspetiva pessoal, mas em contexto familiar. O poder de alastrar os conhecimentos aos pais e aos familiares próximos é muito elevado. A figura 2 mostra-nos que, entre 2016 e 2025, o número de escolas galardoadas como Eco-Escolas triplicou, e será curioso perceber o que aconteceu com o número de alunos envolvidos, para melhor entender a importância da tomada de decisões na adoção de medidas. Na Tabela 2, apresenta-se o número de alunos de 2025 em cada uma das 30 escolas galardoadas. Para que se possa estabelecer uma relação de comparação entre o número de alunos em Eco-Escolas com a totalidade de escolas do município de Paredes, recorreu-se à tabela 3. A figura 3 apresenta uma relação visual e sumária dos dados apresentados nas tabelas 2 e 3. Com recurso à inteligência artificial, foi criada uma imagem que pretende retratar o poder da disseminação na sociedade, sempre que mais uma escola adota o caminho da sustentabilidade com a sua comunidade educativa.



“Com os dados recolhidos na tabela 1, ficamos com a ideia da rede de escolas que conseguem disseminar as políticas ambientais e de proteção da natureza e da biodiversidade, estando a criar alunos mais responsáveis e mais sustentáveis que vão levar para casa medidas concretas de como repensar cada gesto, não só na perspetiva pessoal, mas em contexto familiar.”

	Eco-Escolas	N.º total de alunos	N.º total de alunos por grau de ensino
Jardim de infância	Pulgada (Aguiar de Sousa)	15	243
	Astromil	19	
	Estrebuela (Paredes)	25	
	Carreiras Verdes (Louredo)	20	
	Monte (Paredes)	18	
	Lage (Parada de Todeia)	20	
	S. Marcos (Rebordosa)	100	
	Lagar (Vandoma)	26	
Escola Básica	Baltar	260	3660
	Paredes	362	
	Sobreira	223	
	Vilela	303	
	Recarei	240	
	Lordelo nº 1	270	
	Lordelo nº 2	257	
	Baltar	260	
	Cete	213	
	Gandra	248	
	Mouriz	325	
	Bitarães	267	
	Rebordosa	277	
	Serrinha (Rebordosa)	155	
2.º e 3.º CEB e SEC	EB2/3 de Baltar	366	3827
	ES Daniel Faria	401	
	EBS de Cristelo	462	
	EBS de Lordelo	547	
	EBS de Paredes	501	
	EBS de Rebordosa	590	
	EBS de Sobreira	456	
	EBS de Vilela	504	
Ensino privado	Colégio Casa Mãe	559	793
	Grande Colégio de Paredes	174	
	IFP da CESPU	60	
	Total de alunos do Município de Paredes em Eco-Escolas		**8523**

TABELA 2 Número de alunos por Eco-Escola galardoada em 2025 em Paredes, no ano letivo 2025/26.

	Eco-Escolas	N.º total de alunos	N.º total de alunos por grau de ensino
Jardim de infância	Pulgada (Aguiar de Sousa)	15	387
	Astromil	19	
	Boavista (Beire)	24	
	Paredes	61	
	Estrebuela (Paredes)	25	
	Gondalães	20	
	Carreiras Verdes (Louredo)	20	
	Mó (Paredes)	39	
	Monte (Paredes)	18	
	Lage (Parada de Todeia)	20	
	S. Marcos (Rebordosa)	100	
	Lagar (Vandoma)	26	
Escola Primária e Básica	Sobrosa	284	4509
	Duas Igrejas	203	
	Baltar	260	
	Paredes	362	
	Sobreira	223	
	Vilela	303	
	Recarei	240	
	Lordelo n.º 1	270	
	Lordelo n.º 2	257	
	Baltar	260	
	Cete	213	
	Gandra	248	
	Mouriz	325	
	Paredes	362	
	Bitarães	267	
	Rebordosa	277	
	Serrinha (Rebordosa)	155	
2º e 3º CEB e SEC	EB2/3 de Baltar	366	5209
	ES Daniel Faria	401	
	EBS de Cristelo	462	
	EBS de Lordelo	547	
	EBS de Paredes	501	
	ES de Paredes	1382	
	EBS de Rebordosa	590	
	EBS de Sobreira	456	
	EBS de Vilela	504	
Ensino privado	Colégio Casa Mãe	559	793
	Grande Colégio de Paredes	174	
	IFP da CESPU	60	
	Total de alunos do Município de Paredes		10898

TABELA 3 Total de alunos em todas as escolas do Município de Paredes no ano letivo 2025/26.

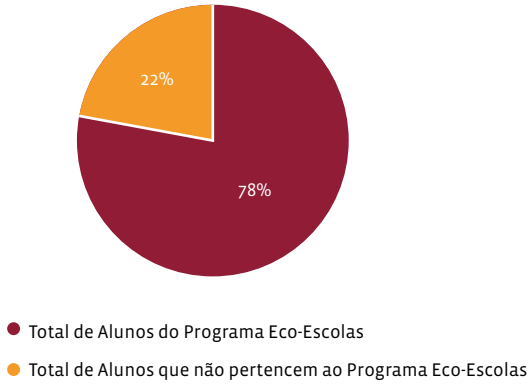


FIGURA 3 Comparação das escolas galardoadas e das escolas totais do Município de Paredes.

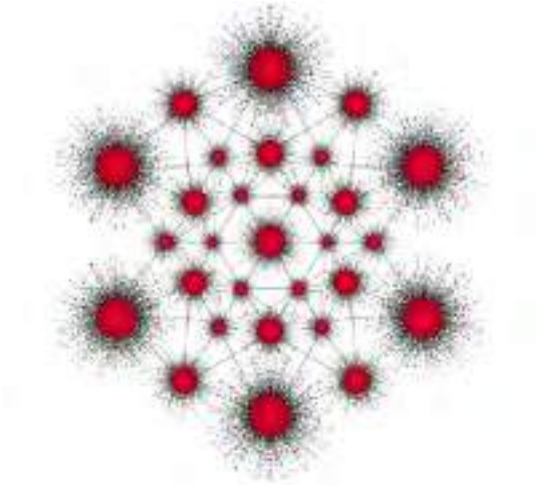


FIGURA 4 O poder da disseminação entre as Eco-Escolas. Fonte: criado por inteligência artificial.

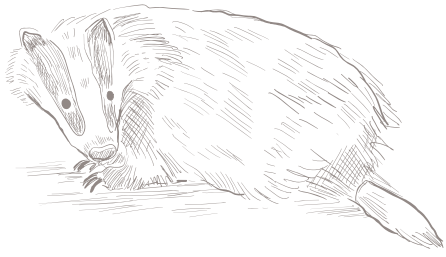
Analisando a figura anterior, cada esfera vermelha representa uma nova Eco-Escola, e os tamanhos indicam a dimensão da escola em função do número de alunos; os pequenos pontos pretos representam o número de pessoas que conseguimos educar e sensibilizar, envolvendo as escolas, até alcançar toda a comunidade educativa e respetivas famílias. Podemos ver também, na figura anterior, a ligação criada entre escolas, o que aumenta a interação entre elas, enraizando as políticas municipais em questões ambientais e potenciando que todos façam parte do processo. Na figura estão representadas as 30 escolas de Paredes. Apercebemo-nos facilmente de que este modelo representa um grande potencial na disseminação dos agentes ambientais locais, mas, ao mesmo tempo, percebemos que ainda não representa uma realidade, pois, dos 8.500 alunos envolvidos nas temáticas ambientais, a muitos ainda não lhes é atribuída a verdadeira responsabilidade de serem agentes ambientais na sua escola. Contudo, o cenário é muito animador quando já



FIGURA 5 Distribuição das Eco-Escolas no território de Paredes.

conseguimos verificar a existência de pelo menos uma Eco-Escola em quase todas as freguesias de Paredes (Figura 5). Apenas três das 18 freguesias ainda não têm escolas galardoadas. O potencial de crescimento não será apenas o de ter Eco-Escolas em todas as freguesias, mas também o de os alunos e professores serem mais ativos como um todo e de os agentes ambientais serem multiplicados pela comunidade.

“O potencial de crescimento não será apenas o de ter Eco-Escolas em todas as freguesias, mas também o de os alunos e professores serem mais ativos como um todo e de os agentes ambientais serem multiplicados pela comunidade.”



3.2. PRINCIPAIS ATIVIDADES E PROJETOS NA EDUCAÇÃO AMBIENTAL MUNICIPAL

Todo o processo, construído com base no sucesso participativo da comunidade educativa nas atividades e projetos que constam do plano municipal de atividades de educação e sensibilização ambiental (Figuras 6 e 7), está projetado para o crescimento da oferta e da especificidade das atividades destinadas ao público-alvo. Muitas das atividades são centradas nas escolas, mas muitas outras estão abertas à comunidade em geral, às empresas, às associações, a parceiros e a todos aqueles que se identifiquem com a causa ambiental a nível local, regional e nacional.





FIGURAS 6 E 7 Plano de atividades do programa Paredes Ambiente e Ação Climática 2024/2025.

De seguida, são descritos os principais projetos e atividades, por ordem cronológica, que passaram a fazer parte da agenda do ambiente em Paredes e a forma como se enraizaram na comunidade. Para cada um deles, serão elencados a explicação da atividade, o público a que se destina, os principais parceiros nos últimos anos e o impacto que tem gerado. Para além das atividades principais, como é possível constatar na figura anterior, existem

diversas atividades de ação permanente junto das escolas e da comunidade, sem contar com todo o apoio de proximidade que é dado a cada Eco-Escola para o cumprimento de cada um dos planos de atividades de cada tema.

Iniciámos a Semana do Ambiente em maio de 2019, e em 2025 foi comemorada a 7ª edição. Este conceito é mais focado nas escolas e nas atividades que cada uma desenvolve em torno dos temas propostos para cada dia e, mesmo estando mais voltado para as escolas, realizam-se, em simultâneo, atividades com diversos parceiros. A última edição decorreu entre 16 e 22 de maio de 2025 e contou com mais de 300 atividades subordinadas aos seguintes temas: Dia 1 – Energia e Ação Climática; Dia 2 – Resíduos e Economia Circular; Dia 3 – Plantas e Gigantes Verdes; Dia 4 – Eco-Escolas e Eco-Freguesias; Dia 5 – Mar, Água e Polinizadores; Dia 6 – Atividades culturais relacionadas com o ambiente; Dia 7 – Biodiversidade (Figura 8).



FIGURA 8 Cartaz da Semana do Ambiente 2025, 7.ª edição.

São envolvidos todos os parceiros que participam com atividades, exposições e mão de obra no desenvolvimento dos temas propostos. Temos como exemplos de atividades: a criação de vira-ventos para explicação da energia do vento e o seu paralelismo com as energias renováveis; a realização de corridas de carrinhos solares, com o apoio da Agência de Energia do Porto; a construção de ecopontos; o mapeamento de árvores gigantes; as exposições temáticas de diversos temas com o apoio do Parque das Serras do Porto; a pintura de sargetas com o lema "O Mar Começar Aqui"; a pintura de morais com o lema "Muros com Vida"; a construção de hortas pedagógicas e jardins para os polinizadores; as Eco-Caminhadas; os passeios interpretativos e circuitos de BTT para abordar o tema da mobilidade sustentável; a identificação da biodiversidade; as limpezas de ribeiras, rios e praia; a construção de biblioteca de jardim com livros usados, com hotel de insetos e floreira para flores melíferas para os polinizadores; a construção de caixas ninho, comedouros e bebedouros para aves e hotéis de insetos; as atividades de sensibilização, *workshops* e conferências; entre outros, espalhados por todo o território. A figura 9 retrata, de forma resumida, alguns dos momentos captados nesta última edição.



FIGURA 9 Conjunto de dinâmicas de educação ambiental, conservação da biodiversidade e envolvimento comunitário: a) Instalação de uma biblioteca de jardim com livros em segunda mão e floreiras direcionadas para insetos polinizadores; b) Pintura de mural escolar focado na temática da biodiversidade local; c) Construção de um hotel de insetos realizada em colaboração com uma turma do pré-escolar; d) Promoção de mobilidade suave através de passeios interpretativos e circuitos de BTT; e) Ação de limpeza de praia dinamizada com o 1.º Ciclo do Ensino Básico; f) Criação de um jardim para polinizadores com a participação de alunos do pré-escolar.


c)


d)


e)


f)

De salientar que esta atividade, bem como todas as outras que serão expostas de seguida, resistiu à COVID-19, que colocou as escolas e a sociedade em alerta durante aproximadamente dois anos. Mas a adaptação e a resiliência prevaleceram. Foi realizada a semana do ambiente em formato virtual, com muitos desafios para que as crianças e os jovens pudessem desenvolvê-los de casa, bem como realizar atividades em família. Esta continuidade, que nunca foi interrompida, faz com que o sucesso da participação seja progressivo e sem interrupções, o que, por vezes, deita por terra anos de construção de ideias, atividades e projetos. É importante a capacidade de adaptação e de mudança, sem perder o foco principal: o ambiente, a proteção da natureza e a ação climática urgente.

Apresenta-se agora a Semana da Floresta Autóctone, que nasceu em novembro de 2019, em torno do dia 23 de novembro (Dia da Floresta Autóctone), e que, em 2025, celebrou a sua 7ª edição (Figura 10).



FIGURA 10 Cartaz da 7.ª edição da Semana da Floresta Autóctone de Paredes.



O crescimento das atividades ao longo dos anos foi notório. Em 2024, foram plantadas cerca de 3000 árvores autóctones no nosso território, em parceria com o CRE Porto, o Parque das Serras do Porto, as Eco-Escolas, a Eco-Freguesia da Sobreira, empresas, associações, grupos culturais, recreativos e desportivos, centros de dia e voluntários que se associam a esta causa de elevada importância para o restauro da biodiversidade e da floresta autóctone, que tem sofrido graves perturbações. Umas devido às alterações climáticas, outras aos incêndios e à expansão descontrolada de espécies invasoras que têm ocupado grandes áreas da floresta da região. Em 2025, tentamos adotar uma nova abordagem para esta semana, não tanto focada na plantação de árvores autóctones, mas na sensibilização para as potencialidades das florestas autóctones, com orientação em torno do seu conhecimento e da sua preservação. Foram realizadas atividades desportivas na floresta, recolha de resíduos, mapeamento de espécies e de árvores gigantes, controlo de invasoras, *workshops* de bolas de sementes e dispersão pela floresta mais vulnerá-

vel, passeios interpretativos, manutenção de plantações de anos anteriores e respetiva retancha, leitura de contos infantis sobre a floresta, exposições sobre espécies autóctones, procura de bioindicadores na floresta e outras atividades em vários locais durante toda a semana de 23 a 28 de novembro (Figura 11).





FIGURA 11 Atividades de capacitação comunitária, cidadania ativa e valorização ecológica da floresta: a) Promoção do desporto e do bem-estar em espaço florestal; b) Ações de plantação de árvores autóctones em ambiente escolar; c) Dinamização de um workshop de produção de bolas de sementes; d) Intervenção de controlo de espécies exóticas invasoras, com foco no descasque de acácias; f) Atividade de plantação e ligação intergeracional com um grupo sénior de centro de dia; g) Divulgação ambiental através de uma exposição itinerante dedicada às árvores autóctones.


c)


d)


e)



f)

Para além das árvores autóctones que todos os anos são plantadas nos recintos escolares, existem áreas e projetos que têm valorizado cada vez mais o território. Por exemplo, regista-se um aumento de cerca de 2000 árvores por ano em Paredes, muito devido ao contributo dos parceiros mencionados anteriormente e aos compromissos de descarbonização. Destacam-se alguns projetos e compromissos com o futuro. Por um lado, a primeira área do "Futuro" em Paredes, que surge em 2021 com a instalação de mais de 500 medronheiros (*Arbutus unedo*), que vieram envolver uma área de pinheiro manso (*Pinus pinea*) já plantada por voluntários e pela Eco-Escola EBS da Sobreira (Figuras 12 e 13). Desta vez, envolveram-se "35 participantes motivados a colaborar na valorização da biodiversidade e da paisagem nativa, provenientes dos concelhos de Paredes, Braga, Gondomar, Maia, Matosinhos, Porto, Valongo, Vila do Conde e Vila Nova de Gaia."



FIGURA 12 A primeira área FUTURO em Paredes.



FIGURA 13 Plantação de mais de 500 medronheiros (*Arbutus unedo*).



Outro projeto de destaque no tema da floresta autóctone é o "Condomínio de Aldeia", que incentiva a recuperação de território agroflorestal através de diferentes ações para garantir a alteração do uso do solo e a gestão inevitável dos combustíveis orgânicos em torno das populações. Além disso, há a preocupação em incentivar os proprietários a assumir a manutenção dos terrenos, assegurando a sua limpeza e, consequentemente, gerando rendimentos a médio prazo.

Sendo assim, a Eco-Freguesia da Sobreira, freguesia de Paredes, apresentou-se em quatro frentes distintas, nos lugares de Quinta, Vilar, Casconha e San-

ta Comba, perfazendo um total de 92,42 hectares de área intervencionada, no que se refere à proteção florestal e da população, apoiando e aumentando a resiliência dos territórios florestais mais vulneráveis da freguesia. Em 2022, foi criada, no lugar de Santa Comba, uma área de interface urbano-florestal, com a conversão de matos e vegetação altamente densa em espécies autóctones devidamente plantadas, respeitando os espaçamentos entre elas, de modo a diminuir a densidade de vegetação junto às áreas de residência (Figura 14). No total das quatro áreas que estão a ser intervencionadas, prevê-se a plantação de 3750 novas árvores no final dos trabalhos, já com as devidas retanchas para a substituição de eventuais perdas, das quais muitas já se encontram plantadas e as restantes, em breve, farão parte do novo domínio paisagístico da região.



FIGURA 14 Fases de intervenção no âmbito do projeto "Condomínio de Aldeia": a) Trabalhos de desmatação para a gestão de combustível e a prevenção de incêndios; b) Ações de plantação de espécies autóctones para o restauro ecológico e a resiliência do território.

Além desta Eco-Freguesia, o projeto "Condomínio de Aldeia" estendeu-se a mais duas freguesias do concelho de Paredes, Recarei e Aguiar de Sousa, com os mesmos objetivos descritos anteriormente. Esta é uma medida de transformação da paisagem dos territórios florestais vulneráveis no âmbito do Aviso N.º 04/C08-i01/2023, aplicável a todas as aldeias localizadas nesses territórios. Para finalizar este tópico, destaca-se o contributo do Parque das Serras do Porto, que, anualmente, tem dotado a área do parque de mais hectares de espécies autóctones, em substituição das invasoras e das exóticas que aparecem espontaneamente nos terrenos desocupados pela população. Este contributo do Parque das Serras do Porto tem levado à aquisição de terrenos pelos municípios na área do Parque.

Avançamos com as Jornadas do Ambiente, iniciadas em 2022, que já contam com quatro edições em agrupamentos de escolas diferentes. Este projeto centra-se na aquisição de conhecimento científico e na literacia ambiental para a população em geral. O esquema central das jornadas contou com uma conferência com oradores de diferentes temas ambientais, uma Eco-Mostra, com parceiros na área do ambiente e da sustentabilidade, workshops noturnos, a decorrer em simultâneo, com temas variados, e workshops diurnos, a decorrer em diferentes locais do agrupamento de escolas, que varia todos os anos, todos eles abertos à comunidade. Normalmente, estas jornadas ocorrem durante a comemoração do Dia da Terra, em abril, e são dois dias intensos de atividades. A figura 15 retrata alguns dos momentos que resultaram desta iniciativa ao longo das quatro edições.







FIGURA 15 Dinamização de workshops práticas e expressões artísticas focadas na sustentabilidade e literacia ambiental: a) Capacitação técnica sobre métodos e estratégias de controlo da vespa-velutina (*Vespa velutina*); b) Sessão de cianotipia botânica, aliando a arte à descoberta da flora; c) Workshop de monitorização e identificação de borboletas noturnas.

Um projeto mais recente é a Semana da Sustentabilidade, iniciada em 2024 e realizada anualmente em fevereiro. Este projeto pretende consciencializar a comunidade escolar e a comunidade em geral sobre a importância da sustentabilidade do planeta por meio das ações que praticamos diariamente. A diferença entre a semana do ambiente e as jornadas do ambiente é que, nesta semana, um dos objetivos é a partilha de boas práticas para o exterior e do exterior para nós, com visitas a exemplos de boas práticas ambientais em diferentes municípios. Já resultaram nesta semana visitas ao Laboratório da Paisagem, em Guimarães, ao Centro de Ciência Viva, em Braga, ao Laboratório de Ambiente do Instituto Politécnico de Bragança e ao viveiro de trutas do ICNF (Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas) no Parque Natural de Montesinho. Para além das partilhas de boas práticas de sustentabilidade, realizam-se várias atividades, como a construção de um charco pedagógico, o controlo de espécies invasoras e a plantação de espécies autóctones, para valorizar uma área de reserva de biodiversidade em fase de criação e desenvolvimento em Paredes. Este é um projeto para colocar as mãos à obra, aprender e partilhar projetos de sustentabilidade em desenvolvimento em todo o território (Figura 16).





FIGURA 16 Atividades pedagógicas de monitorização ambiental e conservação de ecossistemas: a) Visita de estudo ao Centro Ciência Viva de Braga para promoção da literacia científica; b) Ação de controlo biótico mediante o arranque de exemplares da espécie exótica invasora erva-das-pampas (*Cortaderia selloana*); c) Experiência laboratorial de valorização de resíduos através da saponificação de óleos alimentares usados, realizada no Instituto Politécnico de Bragança; d) Construção de um charco pedagógico direcionado ao fomento da fauna e flora numa micro-reserva de biodiversidade; e) Criação de um bosque com espécies autóctones em espaço escolar; f) Saída de campo no âmbito do Projeto Rios para monitorização ecológica e avaliação da qualidade da ribeira.



c)



d)



e)



f)

A figura 17 relata o avanço dos principais projetos ao longo dos últimos anos e a forma como neste momento é acolhida a educação ambiental no município e na comunidade, tanto na escola como em geral.



FIGURA 17 Cronologia dos eventos ambientais em Paredes. Fonte: Fonte: criado por inteligência artificial.

Descritos os principais eixos de atuação anual no desenvolvimento de atividades relacionadas com a educação e sensibilização ambiental, resta colocar o foco nas pequenas ações desenvolvidas de forma sistemática, que têm contribuído para aumentar a literacia ambiental nos primeiros anos de educação pré-escolar e que, simultaneamente, vão colocando o foco na sustentabilidade e na ação climática.

Decorrem em simultâneo ações de sensibilização em diversos temas: biorresíduos, reciclagem, óleos alimentares usados, compostagem, espécies invasoras, alimentação saudável e sustentável, energia, água e outros; participação em atividades para comemoração das principais datas ambientais (dia da água, dia da árvore, dia do ambiente, dia da biodiversidade, dia da floresta autóctone), e todos os outros de elevada expressão ambiental; participação em semanas comemorativas para além das descritas anteriormente (semana da mobilidade, semana da prevenção de resíduos, semana nacional e ibérica sobre espécies invasoras); participação e acompanhamento do projeto "Natureza é a melhor Sala de Aula", projeto "Recreios Escolares Livres de Invasoras" e projeto "Futuro", todos eles com o apoio do CRE Porto; participação e realização de exposições temáticas de diversos temas relacionados com o ambiente e com o projeto Eco-Escolas; realização de Eco-Caminhadas e caminhadas interpretativas onde decorre a observação e a identificação de espécies autóctones, observação da fauna e flora da região, mapeamento de árvores gigantes, controlo de espécies invasoras, recolha de resíduos ao longo do percurso e de outros elementos ambientais que possam ser incluídos em cada caminhada; participação sistemática em todas as ações do projeto "Voluntariado Jovem para a Natureza e Floresta" com a introdução de atividades práticas de recolha de resíduos, mapeamento e comunicação de depósitos ilegais de resíduos, sensibilização ambiental à população com desenvolvimento de cartazes temáticos, controlo de plantas invasoras e alerta para situações potenciais de foco de incêndio; participação na limpeza de ribeiras, rios e praias (Figura 18).

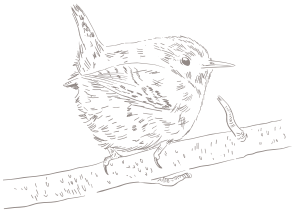










FIGURA 18 Atividades ao ar livre e promoção de práticas sustentáveis: a) Oficina de construção e montagem de caixas-ninho para avifauna; b) Prática de *plogging* como estratégia combinada de exercício físico e recolha de resíduos; c) Dinamização de aulas na natureza dedicadas à interpretação da biodiversidade local; d) Mobilização e manifestação de estudantes do ensino secundário em prol da preservação do Planeta.

Os projetos ambientais e as principais atividades nesse âmbito precisam de uma estratégia de comunicação. Para uma comunicação mais focada apenas no ambiente em Paredes, criamos, em junho de 2020, o "Boletim Paredes Ambiente", com edições mensais que divulgam informações sobre as principais atividades e projetos de cada mês, que depois são disseminados nos meios de comunicação do município e por e-mail para as Eco-Escolas. Este boletim conta com 64 edições e mais de 200 notícias e partilhas sobre o ambiente. As escolas são frequentemente convidadas a partilhar os seus projetos mais relevantes. Dessa forma, desencadeia-se uma espiral de contributos provenientes de diferentes meios (Figura 19).





FIGURA 19 Primeira página do "Boletim Paredes Ambiente" (Edição 13).

4 CONCLUSÃO

Os resultados desta publicação, sobre as principais estratégias e projetos na educação e na sensibilização ambiental de Paredes, evidenciam o grande potencial que temos nas nossas escolas. Ter uma estratégia bem definida, com um plano de atividades, constrói uma mensagem coesa sobre a temática ambiental a ser abordada em um determinado evento ou projeto. Vimos a linha orientadora de projetos no município de Paredes ancorada num friso cronológico de crescimento ao longo dos últimos anos, que se traduziu numa maior expressividade ambiental com o triplicar do número de escolas galardoadas como Eco-Escolas. À data de publicação deste artigo, teremos já submetidas candidaturas a 40 Eco-Escolas, alcançando assim o objetivo abordado ao longo do artigo, as 100% Eco-Escolas. Desta forma conseguiremos abranger todas as escolas de todos os agrupamentos de Paredes e a ação ambiental terá representatividade em todas as freguesias do município. Outra evidência bem retratada é a maturidade ambiental alcançada, com a robustez dos temas e das atividades, o que fez alterar completamente o paradigma ambiental, segundo o qual o ambiente se resume à separação de resíduos e à poupança de recursos, nomeadamente à tão batalhada poupança de água e de energia. Essa maturidade é notória quando há atividades de construção de charcos pedagógicos, de jardins de polinizadores, de hotéis de insetos e até de hortas pedagógicas. Pudemos elencar também as plantações com dupla funcionalidade nas áreas de interface urbano-florestal onde, para além de todos os benefícios da plantação de autóctones, acrescenta-se a proteção da população contra incêndios florestais em áreas sensíveis. Pensar as atividades e as estratégias não apenas para um público-alvo é outra das vantagens, com a criação de eventos segmentados, adaptados a todas as realidades. Por exemplo, a Semana do Ambiente, que é mais centrada nas escolas, e as Jornadas do Ambiente, que são pensadas pelo município e pela escola para a comunidade. Esta segmentação e abrangência amplificam a mensagem de forma mais eficaz, constituindo autênticas vias de disseminação da sensibilização ambiental do município.

O futuro, sustentado por uma base consolidada, passará pela quantificação do impacto das medidas e estratégias implementadas pelo município sobre a sociedade. A criação de métricas, metas, análises de custo-benefício e de oportunidades será essencial para concretizarmos o potencial dos agentes ambientais que já se conseguiram criar ao longo destes anos e daqueles que ainda podem surgir com uma maior aposta em chegar a todos em cada Eco-Escola. Se tivermos como meta que cada aluno represente uma família, a replicação das ações ocorrerá de forma exponencial. A seleção de algumas medidas pilo-

to e a escolha de algumas escolas-teste poderão trazer resultados animadores para, num curto espaço de tempo, replicar em todas as escolas e mesmo em contexto comunitário. Para finalizar, destacar o trabalho realizado em matérias de educação e sensibilização ambiental no município de Paredes, bem como as animadoras evidências que surgem desse trabalho. Remetem-nos o desejo de continuidade do crescimento não só em metas, mas também na preservação dos recursos naturais do município, por meio do aumento da literacia ambiental dos alunos e de toda a comunidade. Desta forma, teremos gerações mais conscientes e preparadas para um futuro sustentável.

> “À data de publicação deste artigo, teremos já submetidas candidaturas a 40 Eco-Escolas, alcançando assim o objetivo abordado ao longo do artigo, as 100% Eco-Escolas. Desta forma conseguiremos abranger todas as escolas de todos os agrupamentos de Paredes e a ação ambiental terá representatividade em todas as freguesias do município.”

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Portuguesa do Ambiente (2021). Educação Ambiental. Disponível em: https://apambiente.pt/apa/educacao-ambiental. Acesso a 13 de novembro de 2025.

Associação de Municípios Parque das Serras do Porto (2018). Plano de Gestão do Parque das Serras do Porto. Disponível em: https://porto.purpleprofile.pt/wp-content/uploads/2025/01/PSeP-Plano-de-Gestao.pdf. Acesso a 29 de outubro de 2025.

Centro Regional de Excelência em Educação para o Desenvolvimento Sustentável da Área Metropolitana do Porto (2025). Futuro – O Projeto das 100 000 árvores. Disponível em: https://www.100milarvores.pt/. Acesso a 30 de outubro de 2025.

Educação Ambiental para a Sustentabilidade (2025). Eco-Escolas. Disponível em: https://ecoescolas.abaae.pt/sobre/quem-somos/. Acesso a 29 de novembro de 2025.

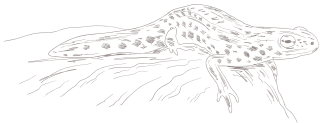
Estratégia Nacional para a Educação Ambiental (2025). Desafios para 2030. Disponível em: https://apambiente.pt/destaque2/enea-desafios-para-2030. Acesso a 29 de outubro de 2025.

Estratégia Nacional para a Educação Ambiental (2025). Eixos temáticos 2020. Disponível em: https://enea.apambiente.pt/. Acesso a 29 de outubro de 2025.

Instituto de Financiamento da Agricultura e Pescas (2025). Conceito 16 – *One Health:* Uma Só Saúde para todos. Disponível em: https://www.ifap.pt/portal/documents/182/31304428/Conceito+16+-+One+Health_Edit.pdf/7607d4d0-7b6d-fdcb-fef1-72946099894c?t=1757514651884. Acesso a 22 de maio de 2026.

Instituto Nacional de Estatística (2021). Censos 2021. Disponível em: https://censos.ine.pt/xportal/xmain?xpgid=censos21_produtos&xpid=CENSOS21&xlang=pt#op_pubnac. Acesso a 27 de outubro de 2025.

Organização das Nações Unidas (2015). Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: https://unric.org/pt/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel/. Acesso a 12 de novembro de 2025.



FILTROS SOLARES, SAÚDE HUMANA E PROTEÇÃO DOS ECOSSISTEMAS MARINHOS: ENTRE A NECESSIDADE DE PROTEÇÃO E OS DESAFIOS AMBIENTAIS

DIANA BORDALO[1], AMADEU M.V.M. SOARES[1], INNA SOKOLOVA[2,3], CARLO PRETTI[4], ROSA FREITAS[1]*

* rosafreitas@ua.pt

1 Departmento de Biologia & CESAM, Universidade de Aveiro, 3810-193 Aveiro, Portugal
2 Department of Marine Biology, Institute for Biological Sciences, University of Rostock, Rostock, Germany
3 Department of Maritime Systems, Interdisciplinary Faculty, University of Rostock, Rostock, Germany
4 Interuniversity Consortium of Marine Biology of Leghorn "G. Bacci", 57128 Livorno, Italy

RESUMO

A exposição solar pode trazer benefícios importantes para a saúde humana, no entanto, uma exposição prolongada propicia danos na pele, envelhecimento precoce e aumento do risco de cancro da pele, o que justifica o uso de medidas de fotoproteção, incluindo protetores solares e outros cuidados. Nos últimos anos, a utilização destes produtos aumentou significativamente, impulsionada não só pela preocupação com a saúde, mas também por hábitos de consumo e padrões estéticos. Estes produtos contêm filtros ultravioleta (UV), que protegem a pele da radiação solar. Contudo, uma parte destes acaba por chegar aos rios, estuários e oceanos, onde pode persistir, acumular-se nos organismos e afetar diferentes espécies. Este artigo apresenta a relação entre a radiação UV, a importância da fotoproteção e os impactos ambientais associados aos filtros UV, com foco especial nos ecossistemas estuarinos, costeiros e marinhos. Ao mesmo tempo, pretende reforçar a ideia de que proteger a saúde humana e o ambiente não são objetivos incompatíveis, mas, pelo contrário, uma proteção verdadeiramente sustentável deve considerar ambos.

PALAVRAS-CHAVE

Bioacumulação, bioindicadores, biomagnificação, disruptor endócrino, filtros ultravioleta, toxicidade, xenobiótico.

CITAÇÃO RECOMENDADA Bordalo D, Soares AMVM, Sokolova I, Pretti, C, Freitas R (2025). Filtros solares, saúde humana e proteção dos ecossistemas marinhos: Entre a necessidade de proteção e os desafios ambientais. *Lucanus* – Revista de Ambiente e Sociedade, Volume IX, Páginas 58-73.



ABSTRACT
Sun exposure can have significant health benefits, however, prolonged exposure can cause skin damage, premature ageing and an increased risk of skin cancer, which justifies the use of sun protection measures, including sunscreens and other protective procedures. In recent years, the use of these products has increased significantly, driven not only by health concerns but also by consumer habits and aesthetic standards. These products contain ultraviolet (UV) filters, which protect the skin from solar radiation. Nevertheless, some of these end up in rivers, estuaries, and oceans, where they can persist, accumulate in organisms, and affect different species. This article examines the relationship between UV radiation, the importance of sun protection, and the environmental impacts associated with UV filters, with a particular focus on estuarine, coastal, and marine ecosystems. At the same time, it seeks to reinforce the idea that protecting human health and the environment is not an incompatible objective; on the contrary, truly sustainable protection must take both into account.

KEYWORDS
Bioaccumulation, bioindicators, biomagnification, endocrine disruptor, ultraviolet filters, toxicity, xenobiotic.

1 RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA E SAÚDE HUMANA

A radiação solar é essencial à vida na Terra, no entanto, a sua relação com a saúde humana é complexa. Em níveis moderados, a exposição solar pode ter efeitos benéficos, nomeadamente por contribuir para a síntese de vitamina D e de endorfinas associadas ao bem-estar (D'Orazio *et al.* 2013). Ainda assim, a exposição prolongada ou excessiva à radiação ultravioleta (UV) continua a ser uma preocupação relevante para a saúde pública.

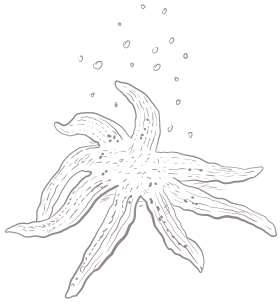
Entre os vários tipos de radiação emitidos pelo Sol, a radiação UV merece particular atenção devido à sua capacidade de interagir diretamente com a pele. Esta classifica-se em radiação UVA (315 a 400 nm), de maior comprimento de onda, UVB (280 a 315 nm) e UVC (100 a 280 nm), de menor comprimento de onda (Kciuk *et al.* 2020). No entanto, a radiação UVC é maioritariamente absorvida pela camada de ozono, pelo que as radiações UVA e UVB são as que predominam à superfície terrestre, apesar de serem parcialmente absorvidas, refratadas ou refletidas pela atmosfera. Devido ao maior comprimento de onda da radiação UVA, ela tem a capacidade de penetrar camadas mais profundas da pele, atingindo a derme. Por sua vez, a radiação UVB atinge principalmente a epiderme, embora alguns raios possam alcançar a derme.

A exposição prolongada a ambas as radiações, UVA e UVB, mas sobretudo à UVB, pode induzir alterações cutâneas, nomeadamente irritações, envelhecimento precoce da pele, doenças e um maior risco de cancro da pele (Young *et al.* 2017).

A sensibilidade à radiação UV não é a mesma em todas as pessoas. O tipo de pele, de acordo com a escala de Fitzpatrick, influencia a suscetibilidade aos danos causados pelo sol (Zou *et al.* 2022). As peles mais claras são mais propensas ao desenvolvimento de complicações associadas a doenças de pele devido à maior presença de feomelanina, que provisiona uma pigmentação mais clara, e devido à menor presença de eumelanina, que confere uma pigmentação mais escura e uma maior fotoproteção, sendo assim mais sensíveis à radiação UV. Por esse motivo, a prevenção continua a ser a medida mais eficaz, que passa por evitar a exposição solar nas horas de maior intensidade, procurar sombra, usar vestuário adequado, como chapéus e roupas fotoprotetoras, e utilizar protetores solares sempre que possível.

2 PRODUTOS DE CUIDADO PESSOAL E FILTROS ULTRAVIOLETA

A preocupação crescente em evitar o envelhecimento precoce, doenças e cancro da pele, acrescida às tendências e padrões de beleza e ao impacto da influência das redes sociais, tem promovido um maior consumo de produtos de cuidado pessoal (PCPs), que fazem parte da rotina diária do ser humano, tendo recebido especial atenção nos últimos anos. Desta forma, os PCPs, como é o caso dos protetores solares, contêm filtros UV que oferecem proteção contra a radiação UV solar. Os filtros UV também estão presentes em outros PCPs, nomeadamente cremes de rosto, maquilhagem, perfumes, champôs e desodorizantes, oferecendo não só propriedades fotoprotetoras, mas também estabilidade química dos restantes componentes, reforçando a resistência à degradação e contribuindo para o aumento da durabilidade dos PCPs face à exposição à luz (Mancuso *et al.* 2017; Sharifan 2020). Adicionalmente, os PCPs podem conter mais do que um filtro UV, de forma a garantir uma proteção contra uma gama mais ampla de radiação UV para uma maior eficácia; muitas vezes, são usados em combinação, contribuindo para estabilizar as formulações e aumentar a durabilidade dos produtos quando expostos à luz. De forma simplificada, os filtros UV podem ser divididos em dois grandes grupos:



• **Filtros inorgânicos** (ou minerais) que atuam sobretudo à superfície da pele, formando uma barreira física que absorve, refrata ou reflete a radiação UV;

• **Filtros orgânicos** (frequentemente designados como químicos) que absorvem a radiação UV e a convertem em energia térmica ou em radiação de baixa energia, que é dissipada.

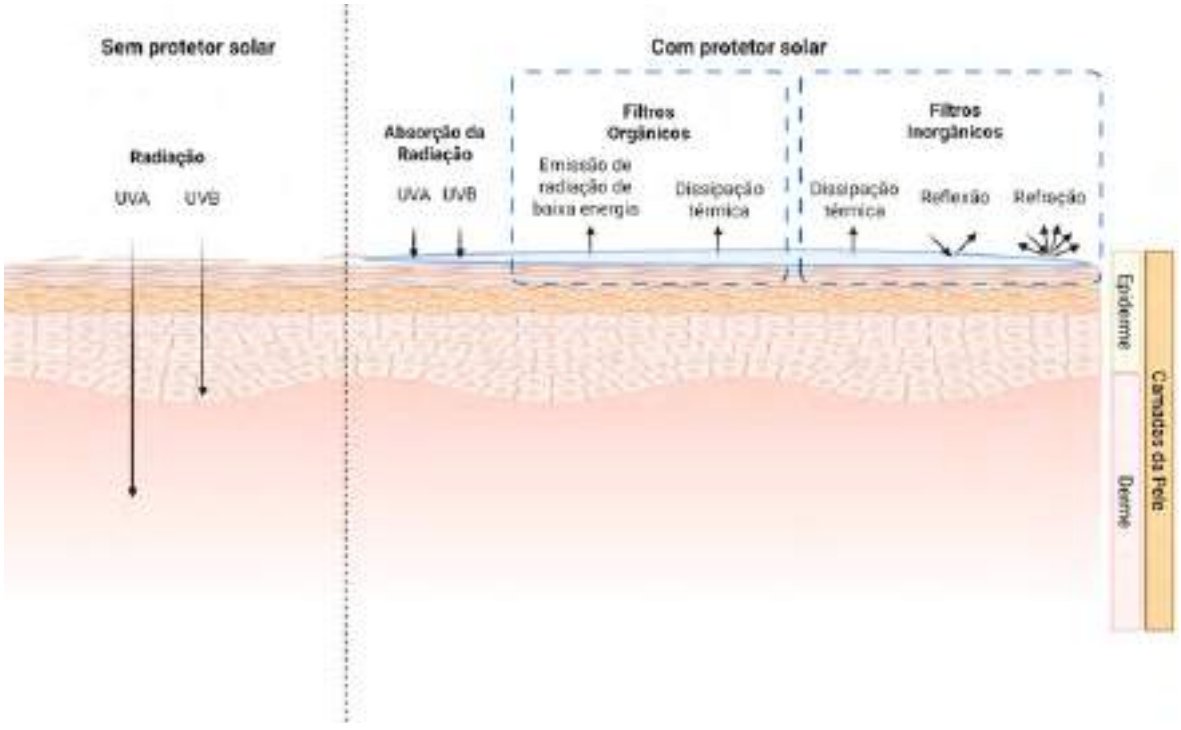


FIGURA 1 Ação da radiação ultravioleta nas camadas da pele, antes e após a aplicação de protetores solares. Criado com recurso ao *BioRender*. Bordalo D (2026). https://BioRender.com/fgsyiwa

Na União Europeia, a Comissão Europeia e a Agência Europeia dos Produtos Químicos (ECHA) são as entidades reguladoras destes produtos nos PCPs. Antes de poderem ser usados em PCPs, os filtros UV necessitam da aprovação do Comité Científico da Segurança dos Consumidores (CCSC) e do registo no âmbito da Legislação de Registo, Avaliação, Autorização e Restrição de Produtos Químicos (EU REACH) da União Europeia. De acordo com o Anexo VI do Regulamento (CE) n.º 1223/2009, na lista de filtros UV aprovados, existe uma concentração máxima permitida nos produtos, com base em estudos de toxicidade. Assim sendo, a concentração máxima permitida de alguns filtros UV é de 10%, ou seja, no caso de um protetor solar, este pode conter apenas 10 g desses filtros num peso total de 100 g do produto final. A concentração máxima permitida mais alta de 25% aplica-se aos filtros inorgânicos de dióxido de titânio e óxido de zinco, sendo que para os filtros orgânicos, o

drometrizole trisiloxane é permitido a uma concentração máxima de 15% e a concentração máxima mais baixa permitida é referente ao filtro orgânico benzofenona-3, também denominado de oxibenzona com 0,5%. Em particular, os filtros ecamsule, octinoxato e octocrileno são permitidos em PCPs a uma concentração máxima de 10%. Ainda assim, o facto de uma substância ser considerada segura para o uso humano em determinadas concentrações não implica, necessariamente, que esteja isenta de impactos ambientais quando libertada no meio aquático. Este é um ponto central da discussão atual: um produto pode ser eficaz e seguro para o consumidor, mas ainda assim suscitar preocupações ambientais quando utilizado em larga escala.

3 COMO OS FILTROS UV CHEGAM AO AMBIENTE AQUÁTICO? PRESENÇA EM ECOSSISTEMAS DE TRANSIÇÃO, COSTEIROS E MARINHOS

Depois de aplicados na pele, os filtros UV podem entrar no ambiente de forma direta ou indireta (Abid *et al.* 2022). A entrada direta ocorre, por exemplo, durante atividades balneares e recreativas, quando parte do produto se liberta no mar, em rios ou em zonas costeiras durante o banho ou a natação. Já a entrada indireta ocorre no quotidiano, através do banho em casa, da lavagem do rosto ou da roupa. Nesses casos, os filtros são transportados pelas águas residuais até às Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETARs). No entanto, estas infraestruturas nem sempre conseguem remover totalmente este tipo de substâncias (Cabeza *et al.* 2012; Teijon *et al.* 2010). Como resultado, alguns filtros UV acabam por atingir estuários, zonas costeiras e ecossistemas marinhos, sendo detetados em amostras de água, sedimentos e organismos. A sua presença é mais elevada em locais com:

- Forte afluência turística;
- Uso recreativo intenso;
- Maior densidade populacional;
- Proximidade a áreas urbanas ou emissários;
- Maior pressão costeira.

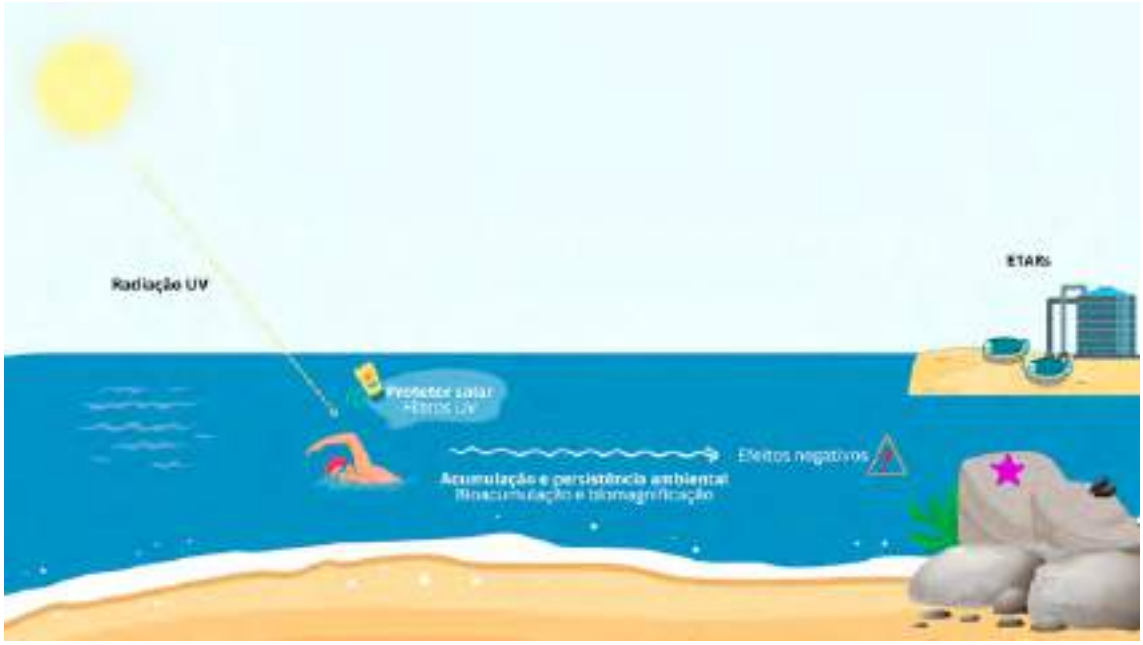


FIGURA 2 Entrada dos filtros UV no meio ambiente.

Além disso, a sua ocorrência frequentemente apresenta um padrão sazonal, com concentrações mais elevadas nos meses de verão, coincidindo com os períodos de maior uso de protetores solares e de maior presença humana nas áreas balneares.

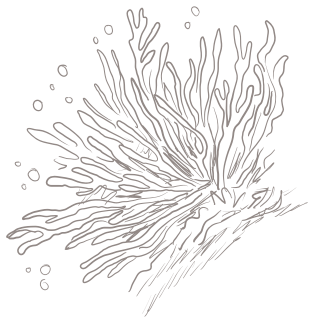
Os valores mais altos detetados em amostras de água localizam-se nas unidades de mg/L, e, em amostras de sedimento, nas centenas de µg/L. Na praia de Santo Antônio de Lisboa, no Brasil, foram quantificados 5,37 ± 1,5 mg/L de octocrileno (OC) em amostras de água. Em amostras de sedimento, quantificaram-se 539,5 µg/L de 4-metilbenzilideno cânfora (4-MBC) na praia da Região Média da Pomerânia, na Polónia (Magrin *et al.* 2025; Marcin & Aleksander 2023). Em Portugal, os níveis mais elevados de filtros UV foram detetados numa concentração de 633 ng/L de sulisobenzona (BP-4) na Praia de Paço d'Arcos, em Lisboa (Mozas-Blanco *et al.*, 2023). Quanto ao sedimento, foram quantificados na praia de Matosinhos, Porto, 373 ± 17 ng/g de OC. Estes valores mais elevados poderão estar associados a uma maior atividade turística e à proximidade a emissários submarinos. Há uma evidência clara de que os filtros UV estão presentes em vários ecossistemas aquáticos, incluindo zonas costeiras, estuários e áreas marinhas sujeitas a intensa atividade humana e pressão turística. Mais do que a simples deteção, importa sublinhar que a presença contínua destes compostos no ambiente levanta questões sobre:

- Persistência no meio aquático;
- Capacidade de acumulação em sedimentos;
- Exposição nos organismos marinhos;
- Efeitos na biodiversidade.

4 BIOACUMULAÇÃO NOS ORGANISMOS

Uma das principais preocupações associadas a alguns filtros UV, sobretudo os orgânicos, é a capacidade de bioacumulação na biota. Muitos destes compostos apresentam afinidade com tecidos, o que favorece a sua retenção em diferentes espécies. No meio aquático, os organismos podem estar expostos aos filtros UV desde fases muito precoces do ciclo de vida, como ovos, embriões e larvas, e através do uso da água na alimentação e na renovação do oxigénio. Adicionalmente, pode ocorrer a biomagnificação dos contaminantes, isto é, a concentração dos filtros UV aumenta em níveis superiores da cadeia trófica. A acumulação de filtros UV já foi descrita em vários grupos de organismos marinhos, incluindo:

- Microrganismos;
- Plantas marinhas;
- Bivalves;
- Crustáceos;
- Equinodermes;
- Cnidários;
- Peixes;
- Aves;
- Mamíferos marinhos.



Os níveis mais elevados de filtros UV na biota marinha foram detetados na macrófita *Cymodocea nodosa*, 19,369 ± 0,566 µg/g (OC), recolhida na Playa del Inglés em Espanha, no fígado de bacalhaus, *Gadus morhua*, 11,875 µg/g (OC) de Oslofjord, Noruega, e em fetos da espécie de golfinhos *Pontoporia blainvillei*, 11,13 µg/g (OC) amostrados na costa do Brasil (Alonso *et al.* 2015; Cadena-Aizaga *et al.* 2022; Langford *et al.* 2015). Em Portugal, foram quantificados até 3,992 ng/g de OC na espécie de mexilhão mediterrânico *Mytilus galloprovincialis* e 181,8 ng/g FW de octinoxato (EHMC) nas espécies de bivalves *M. galloprovincialis* e *Mytilus edulis* (Castro *et al.* 2018; Picot Groz *et al.* 2014).

“Uma das principais preocupações associadas a alguns filtros UV, sobretudo os orgânicos, é a capacidade de bioacumulação na biota. Muitos destes compostos apresentam afinidade com tecidos, o que favorece a sua retenção em diferentes espécies.”

5 IMPACTOS NA BIODIVERSIDADE MARINHA

A presença de filtros UV no ambiente aquático não significa que todos os organismos sofram danos imediatos. No entanto, um número crescente de estudos mostra que estes filtros podem provocar efeitos subletais, isto é, alterações que não causam morte imediata, mas afetam o funcionamento normal dos organismos e podem ter consequências importantes ao longo do tempo. A exposição aos filtros UV pode superar a capacidade natural de defesa dos organismos, contribuindo para situações de stress fisiológico e desequilíbrio celular, comprometendo a viabilidade e a sobrevivência desses organismos. Entre os efeitos mais estudados encontram-se:

- Alterações no crescimento;
- Qualidade dos gâmetas e perturbações na reprodução;
- Alterações comportamentais;
- Stress oxidativo;
- Danos celulares;
- Alterações em tecidos e órgãos.

No seu conjunto, as metodologias utilizadas na toxicologia são ferramentas úteis e essenciais para a deteção e avaliação precoce de alterações nos indivíduos que, no futuro, poderão interferir ou comprometer a sua sobrevivência. Importa salientar que os organismos mais jovens ou em fases iniciais de desenvolvimento são mais vulneráveis. O mesmo acontece com espécies que libertam os seus gâmetas diretamente na coluna de água, o que leva à fertilização externa e aumenta a probabilidade de interferência no sucesso reprodutivo e no desenvolvimento.

“A exposição aos filtros UV pode superar a capacidade natural de defesa dos organismos, contribuindo para situações de stress fisiológico e desequilíbrio celular, comprometendo a viabilidade e a sobrevivência desses organismos.”

6 BIVALVES ENQUANTO BIOINDICADORES

Os seres vivos designados como bioindicadores possuem caraterísticas específicas, tais como uma vasta distribuição, fácil recolha e manutenção *ex situ* (fora do seu habitat natural), elevada sensibilidade a alterações externas, bem como respostas biológicas bem definidas e estudadas, o que permite uma avaliação mais acessível dos efeitos e das respostas a condições de stress (Wagner & Boman, 2004). Espécies que desempenham um papel fundamental nos ecossistemas, com relevância socioeconómica e grande importância na gastronomia, tais como bivalves, são frequentemente utilizados para estudos de toxicidade, devido às caraterísticas mencionadas anteriormente e uma vez que possuem a capacidade de filtração. Os bivalves assumem, assim, um papel central na investigação ecotoxicológica e na monitorização ambiental. Nos ecossistemas costeiros, os bivalves contribuem para a filtração da água, a reciclagem de nutrientes e a manutenção do equilíbrio ecológico. Quando a sua saúde é comprometida, não está em causa apenas a espécie em si, mas também as funções ecológicas que desempenha. Por isso, ao estudarmos o impacto dos filtros UV nestes organismos, conseguimos detetar sinais precoces de alterações que podem afetar todo o ecossistema.



FIGURA 3 Saídas de campo para a apanha de espécimes do mexilhão-mediterrânico (*Mytilus galloprovincialis*) na Ria de Aveiro, Portugal.

7 O QUE OS ESTUDOS NOS DIZEM SOBRE OS EFEITOS NOS BIVALVES?

De forma geral, o estudo dos efeitos toxicológicos dos filtros UV foca-se nas concentrações mínimas que causam um determinado efeito, utilizando, muitas vezes, ordens de magnitude muito superiores às dos valores detetados no ambiente. É, por isso, importante estudar os efeitos de concentrações ambientalmente relevantes, mimetizando cenários mais realistas. As metodologias *in vitro* permitem uma análise preliminar dos efeitos toxicológicos utilizando menos espécimes, possibilitando a avaliação dos efeitos da exposição a múltiplos filtros UV de uma forma mais rápida e eficaz, reduzindo os gastos e os recursos necessários. A análise dos tecidos permite perceber se os poluentes estão a afetar estruturas essenciais ao funcionamento dos organismos. Nos bivalves, dois órgãos são particularmente importantes:

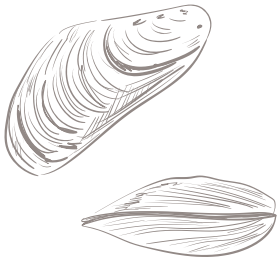
- Brânquias – responsáveis pelas trocas gasosas e filtração da água, sendo a primeira superfície de contacto com o meio aquático;

- Glândula digestiva – envolvida na digestão e na destoxificação de xenobióticos.



FIGURA 4 Anatomia interna do mexilhão *Mytilus galloprovincialis*.

> As metodologias *in vitro* permitem uma análise preliminar dos efeitos toxicológicos utilizando menos espécimes, possibilitando a avaliação dos efeitos da exposição a múltiplos filtros UV de uma forma mais rápida e eficaz, reduzindo os gastos e os recursos necessários."



Quando estas estruturas sofrem alterações, o organismo pode ter mais dificuldade em respirar, alimentar-se, processar poluentes e manter o seu equilíbrio fisiológico. A longo prazo, isso pode traduzir-se num menor crescimento e numa menor resistência ao stress, comprometendo a sua sobrevivência. A exposição *in vitro* das frações celulares das brânquias e da glândula digestiva da espécie *M. galloprovincialis* durante 30 min a filtros UV (a concentrações ambientalmente relevantes – 50, 500 e 5000 ng/L) levou a alterações nos seus mecanismos biológicos de defesa, danos celulares e disrupção da neurotransmissão (Bordalo *et al.*, 2025). De forma geral, a atividade das defesas biológicas e os danos celulares são mais acentuados na glândula digestiva do que nas brânquias, o que pode ser explicado pelo papel fundamental da glândula digestiva nos processos de eliminação de xenobióticos.

Ao nível das células e das respostas bioquímicas, pode ocorrer stress oxidativo, caracterizado por uma produção excessiva de moléculas reativas (espécies reativas de oxigénio – ROS). Desta forma, há maiores gastos energéticos alocados à defesa dos organismos e à sua sobrevivência e uma redução da energia disponível para funções essenciais, como o crescimento e a reprodução. Neste sentido, os sistemas biológicos de defesa podem ser ativados para manter a homeostasia celular. No entanto, condições de stress mais acentuadas poderão levar à inibição dos mecanismos de defesa, resultando em danos nas membranas celulares devido ao stress oxidativo. Após a exposição *in vivo* de indivíduos adultos de *M. galloprovincialis* a 10, 100 e 1000 ng/L de oxibenzona (BP-3) durante 28 dias, observaram-se alterações no nível da capacidade metabólica, das reservas energéticas e das defesas biológicas na concentração intermédia (Bordalo *et al.*, 2020). Por sua vez, na concentração mais elevada ocorreram danos celulares, o que poderá estar relacionado com a ausência de alterações quanto às defesas biológicas.

A reprodução é uma das etapas mais sensíveis à presença de poluentes. Em muitas espécies marinhas, a fertilização ocorre externamente, o que significa que os gâmetas são libertados na água e ficam diretamente expostos aos poluentes. Se os espermatozoides ou os óvulos forem afetados, o sucesso reprodutivo pode diminuir. A exposição de gâmetas de *M. galloprovincialis* a 0,1, 1 e 10 µg/L de avobenzona (AVO) conduziu a uma diminuição da viabilidade celular e da mobilidade dos espermatozoides, alterações na atividade metabólica e danos no material genético, principalmente a concentrações mais elevadas (Bordalo *et al.*, 2022). Todos estes impactos podem traduzir-se numa menor probabilidade de fertilização e de desenvolvimento normal. Alterações na reprodução podem, ao longo do tempo, conduzir ao enfraquecimento das populações.



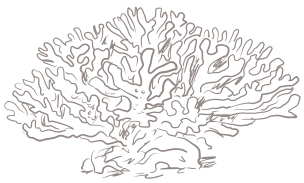
FIGURA 5 Alterações observadas na espécie *Mytilus galloprovincialis* após exposição a concentrações ambientalmente relevantes de filtros ultravioleta. Criado com recurso ao *BioRender*. Bordalo D (2026). https://BioRender.com/odc6lza

> “Condições de stress mais acentuadas poderão levar à inibição dos mecanismos de defesa, resultando em danos nas membranas celulares devido ao stress oxidativo.”

8 REGULAMENTAÇÃO E RESTRIÇÕES

A crescente evidência científica sobre os efeitos ambientais de alguns filtros UV tem motivado a imposição de restrições em territórios insulares e em zonas particularmente sensíveis. Foram implementadas medidas restritivas ou proibições relativas a determinados compostos, sobretudo em contextos associados à proteção de recifes de coral e de ecossistemas costeiros vulneráveis, devido ao branqueamento de corais induzido pela exposição a filtros UV. A primeira proibição ocorreu nas ilhas da República do Palau, em janeiro de 2020, relativa aos filtros UV BP-3, EHMC, OC e 4-MBC. No mesmo ano, o uso de produtos contendo os filtros BP-3, EHMC, OC foi proibido nas Ilhas Virgens dos Estados Unidos da América (EUA). Mais tarde, o filtro UV BP-3 foi proibido em Aruba, no mesmo ano. Já em 2021, foi proibido o uso de BP-3 e EHMC no Havai, Bonaire e Key West Florida, todos nos EUA. A aplicação destas restrições demonstra a relevância dos estudos científicos, da comunicação da ciência e da interdisciplinaridade, contribuindo para uma visão holística na tomada de decisão, garantindo a gestão ambiental, a prevenção, a proteção e a conservação dos ecossistemas e escolhas de consumo informadas. Ainda assim, nem todos os filtros UV apresentam o mesmo comportamento ambiental. Por isso, são necessárias uma avaliação rigorosa e uma comunicação clara.

“Foram implementadas medidas restritivas ou proibições relativas a determinados compostos, sobretudo em contextos associados à proteção de recifes de coral e de ecossistemas costeiros vulneráveis, devido ao branqueamento de corais induzido pela exposição a filtros UV.”



9 CAMINHOS POSSÍVEIS: PROTEGER A PELE SEM ESQUECER O MAR

A discussão sobre protetores solares e o ambiente não deve ser colocada como uma barreira e uma escolha entre a saúde humana e a conservação da natureza. Ambas são essenciais e devem ser tratadas de forma integrada. Algumas estratégias podem ajudar a reduzir o impacto ambiental sem comprometer a fotoproteção, tais como:

- Exposição solar responsável, evitando as horas de maior intensidade e exposição prolongada;
- Reforçar o uso de medidas físicas de proteção, como roupa, chapéus e sombra;
- Promover o desenvolvimento de formulações de protetores solares mais seguras e ambientalmente responsáveis;
- Melhorar a remoção destes compostos em ETARs;
- Aumentar a monitorização ambiental em zonas costeiras e balneares;
- Investir na investigação sobre alternativas menos persistentes e menos bioacumuláveis;
- Melhorar a literacia ambiental dos consumidores.

Tal como acontece com outros contaminantes emergentes, a solução passa por integrar a ciência, inovação, regulação, política e sensibilização pública.

“Tal como acontece com outros contaminantes emergentes, a solução passa por integrar a ciência, inovação, regulação, política e sensibilização pública.”

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A fotoproteção é indispensável para prevenir os efeitos nocivos da radiação ultravioleta e proteger a saúde humana. No entanto, a utilização crescente de produtos com filtros UV tem revelado uma dimensão ambiental que não deve ser ignorada. A presença destes compostos nos ecossistemas estuarinos, costeiros e marinhos, a sua capacidade de persistir e de acumular-se em organismos, e os efeitos já observados na biodiversidade mostram que estamos perante um tema que exige atenção científica, social e política. Deve-se promover uma visão mais completa e responsável, protegendo a pele sem desproteger os ecossistemas. Num contexto em que a saúde humana e a saúde ambiental estão cada vez mais interligadas, torna-se essencial adotar soluções de fotoproteção que conciliem eficácia, segurança e sustentabilidade. Só assim será possível atender a uma necessidade de proteção solar sem agravar a pressão sobre os ambientes aquáticos que sustentam a biodiversidade e a nossa qualidade de vida.

“Num contexto em que a saúde humana e a saúde ambiental estão cada vez mais interligadas, torna-se essencial adotar soluções de fotoproteção que conciliem eficácia, segurança e sustentabilidade.”

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Diana Bordalo: Escrita – rascunho original.
Amadeu M.V.M. Soares: Financiamento.
Inna Sokolova, Carlo Pretti, Rosa Freitas: Supervisão; Escrita – revisão e edição; Financiamento.

AGRADECIMENTOS

A aluna Diana Bordalo beneficiou de uma bolsa de doutoramento (2023.01230.BD), financiada por fundos nacionais através da Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT). Este trabalho é financiado por fundos nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e Tecnologia, I.P., no âmbito dos projetos CESAM – Centro de Estudos do Ambiente e do Mar, referências UID/50017/2025 (doi.org/10.54499/UID/50017/2025) e LA/P/0094/2020 (doi.org/10.54499/LA/P/0094/2020).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abid AR *et al.* (2022). Review of the environmental fate and effects of two UV filter substances used in cosmetic products. Science of The Total Environment, 808, 151931.

Alonso MB *et al.* (2015). Toxic heritage: Maternal transfer of pyrethroid insecticides and sunscreen agents in dolphins from Brazil. Environmental Pollution, 207, 391-402.

Bordalo D *et al*. (2022). In vitro spermiotoxicity and in vivo adults' biochemical pattern after exposure of the Mediterranean mussel to the sunscreen avobenzone. Environmental Pollution, 312.

Bordalo D *et al.* (2020). Impacts of UV filters in *Mytilus galloprovincialis*: Preliminary data on the acute effects induced by environmentally relevant concentrations. *Sustainability, 12*(17).

Bordalo D *et al.* (2025). Hidden costs of beauty: An in vitro study on the ecotoxicological impacts of ultraviolet filters and parabens on the bioindicator species *Mytilus galloprovincialis*. Marine Pollution Bulletin, 220.

Cabeza Y *et al.* (2012). Monitoring the occurrence of emerging contaminants in treated wastewater and groundwater between 2008 and 2010. The Baix Llobregat (Barcelona, Spain). Journal of Hazardous Materials, 239-240.

Cadena-Aizaga MI *et al.* (2022). Assessment of anthropogenic pollution by UV filters using macrophytes as bioindicators. Science of The Total Environment, 832, 155012.

Castro M *et al.* (2018). Occurrence, profile and spatial distribution of UV-filters and musk fragrances in mussels from Portuguese coastline. Marine Environmental Research, 138, 110-118.

D'Orazio J *et al.* (2013). UV radiation and the skin. International Journal of Molecular Sciences, 14(6), 12222-12248.

Kciuk M *et al.* (2020). Focus on UV-Induced DNA Damage and Repair—Disease Relevance and Protective Strategies. International Journal of Molecular Sciences, 21(19), 1-33.

Langford KH *et al.* (2015). Environmental occurrence and risk of organic UV filters and stabilizers in multiple matrices in Norway. Environment International, 80, 1–7.

Magrin CP *et al.* (2025). Development of a dispersive pipette extraction method for the determination of eleven sunscreen molecules in seawater samples. Microchemical Journal, 209, 112817.

Mancuso JB *et al.* (2017). Sunscreens: An Update. Em: American Journal of Clinical Dermatology. Springer International Publishing. pp. 643–650.

Marcin S & Aleksander A (2023). Distribution of Nine Organic UV Filters along the Shore Next to the Harbor Canals in the Middle Pomeranian Region (Northern Poland). Water, 15(13), 2403.

Mozas-Blanco S *et al.*(2023). Occurrence and ecological risk assessment of organic UV filters in coastal waters of the Iberian Peninsula. Marine Pollution Bulletin, 196, 115644.

Picot Groz M *et al.* (2014). Detection of emerging contaminants (UV filters, UV stabilizers and musks) in marine mussels from Portuguese coast by QuEChERS extraction and GC-MS/MS. Science of the Total Environment, 493, 162–169.

Sharifan H (2020). Alarming the impacts of the organic and inorganic UV blockers on endangered coral's species in the Persian Gulf: A scientific concern for coral protection. Sustainable Futures, 2.

Teijon G *et al.* (2010). Occurrence of emerging contaminants, priority substances (2008/105/CE) and heavy metals in treated wastewater and groundwater at Depurbaix facility (Barcelona, Spain). Science of the Total Environment, 408(17), 3584–3595.

Wagner A & Boman J (2004). Biomonitoring of trace elements in Vietnamese freshwater mussels. Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy, 59(8), 1125–1132.

Young AR, Claveau J & Rossi AB (2017). Ultraviolet radiation and the skin: Photobiology and sunscreen photoprotection. Journal of the American Academy of Dermatology, 76(3), S100–S109.

Zou W *et al.* (2022). Sunscreen testing: A critical perspective and future roadmap. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 157(1), 116724.

OPINIÃO

COMO FUNCIONA A NATUREZA – OU COMO MONTAR UM PUZZLE COM 9 MILHÕES DE PEÇAS?



RUBEN HELENO[1]*

* rheleno@uc.pt

1 Centro de Ecologia Funcional, Laboratório Associado TERRA, Departamento de Ciências da Vida, Universidade de Coimbra, 3000-456 Coimbra

RESUMO

O desenvolvimento da ecologia como ciência autónoma que estuda a diversidade da vida e as interações entre os organismos e o ambiente, permitiu demonstrar que, apesar de complexa, a natureza apresenta padrões previsíveis. Atualmente, graças à tecnologia e a modelos matemáticos, os ecólogos conseguem compreender melhor os sistemas naturais e prever as consequências de alterações nos ecossistemas. Através da ecologia, conseguimos prever como as alterações no clima, no uso do solo, nas políticas públicas, na economia ou na sociedade se traduzem em alterações ecológicas locais e globais. Precisamos, por isso, cada vez mais da ecologia para compatibilizar o nosso bem-estar com a diversidade que o sustenta.

PALAVRAS-CHAVE

Alterações globais, ciência de catástrofe, ecologia, funcionamento dos ecossistemas, interações biológicas.

ABSTRACT

The development of ecology as an autonomous scientific discipline studying the diversity of life and the interactions between organisms and the environment has helped demonstrate that, despite its complexity, nature exhibits predictable patterns. Today, thanks to technological advances and mathematical models, ecologists can better understand natural systems and predict the consequences of changes to ecosystems. Through ecology, we can predict how changes in climate, land use, public policies, the economy, or society translate into local and global ecological changes. We therefore increasingly need ecology to reconcile our well-being with the diversity that sustains it.

KEYWORDS

Biotic interactions, catastrophe science, ecology, ecosystem functioning, global changes.

CITAÇÃO RECOMENDADA Heleno R (2025). Como funciona a Natureza – ou como montar um puzzle com 9 milhões de peças? *Lucanus* – Revista de Ambiente e Sociedade, Volume IX, Páginas 74-79.

Se é verdade que quase todos os dias ouvimos falar de ecologia, normalmente associamos a palavra a um estilo de vida, a uma orientação política, a um movimento cívico ou a uma moda, e não ao seu significado principal: uma área científica. A ecologia é um dos grandes ramos da biologia e estuda a diversidade da vida e como os organismos interagem com outros organismos ao seu redor (*i.e.*, comem; são comidos; competem; parasitam; protegem; ajudam, infetam; etc.), formando comunidades biológicas dinâmicas, funcionais e resilientes. Enquanto a origem do estudo da vida (a biologia) se perde na história, a ecologia "só" surgiu como um corpo científico bem organizado e independente das outras ciências em meados do século XIX, muito graças aos esforços de sistematização do alemão Ernst Haeckel, inspirado pelos trabalhos anteriores de Charles Darwin, Alfred Wallace e Alexander von Humboldt. Todos estes naturalistas correram o mundo e fizeram observações surpreendentemente rigorosas em geografias muito diferentes, o que foi crucial para que começassem a perceber que a nature-



FIGURA 1 O olho-branco-cinzento das Mascarenhas (*Zosterops borbonicus*), endémico da ilha da Reunião, alimenta-se avidamente e poliniza as flores de um único indivíduo de *Sophora denudata* (Fabaceae), que resiste isolado num 'mar' da invasora *Ulex europaeus*, com flores muito semelhantes, mas aparentemente ignoradas pelos olhos-brancos.

za, em toda a sua inegável complexidade, não é inteiramente imprevisível ou caótica, mas – tal como as outras ciências – também obedece a leis e revela padrões previsíveis. Estes homens, e muitos homens e mulheres depois deles (como Eugene Odum ou Ramón Margalef), mostraram que era possível realizar experiências rigorosas e elaborar previsões sólidas sobre as respostas das populações de animais e plantas (e já agora de fungos, bactérias, protistas e arqueias) quando confrontadas com determinadas perturbações, abrindo, assim, a porta ao conhecimento sobre o próprio funcionamento da natureza. À luz da enorme capacidade que temos hoje para transformar a natureza em nosso (aparente) benefício, este passo pode parecer relativamente modesto. No entanto, ele marca uma transição importante na história da humanidade, que até aqui vivia englobada numa natureza demasiado complexa para ser entendida e, por isso, aceite como inescrutável, mágica e inabalável, para passar a fazer parte de um sistema vivo, que é rico e complexo, mas também previsível e vulnerável.

A ecologia é, por isso, antes de tudo, uma ciência cada vez mais imprescindível. Um ecólogo olha para uma floresta, um lago ou um oceano, como um mecânico olha para o motor escancarado de um carro. Tenta identificar quais são os elementos básicos (as peças ou as espécies) para perceber o que acontece quando essas espécies entram em contacto e como funciona, afinal, o motor da natureza, e como alterações nas peças podem alterar esse funcionamento (visão popularizada pelo naturalista Aldo Leopold). Ainda assim, durante várias décadas, esta ambição de conseguir "montar puzzles de 9 milhões de peças" – número estimado de espécies no planeta, apesar de ainda só conhecermos uma pequena fração – era um sonho distante. Apenas recentemente conseguimos desenvolver as ferramentas tecnológicas, como o aumento da capacidade dos computadores e o acesso a gigantes bases de dados de diversidade e analíticas para conseguir começar a perceber a aparente confusão da natureza.



FIGURA 2 Uma raposa voadora das Seychelles (*Pteropus seychellensis*) pronta para comer os frutos e dispersar as sementes de uma figueira (*Ficus lutea*).



“

Um ecólogo olha para uma floresta, um lago ou um oceano, como um mecânico olha para o motor escancarado de um carro. Tenta perceber quais são os elementos básicos (as peças, ou as espécies) para perceber o que acontece quando essas espécies entram em contacto e como funciona afinal o motor da natureza .”



FIGURA 3 Ruben Heleno a amostrar interações na ilha de Gerdøya, no arquipélago de Svalbard.

Por exemplo, talvez um ecólogo pudesse ter avisado o líder chinês Mao Zedong (1958) de que a sua campanha nacional para acabar com a fome, eliminando as "pragas" de pardais, moscas, mosquitos e ratos, viria a ter o efeito exatamente oposto ao esperado. O desaparecimento dos pardais libertou muitos insetos de predadores, agravando as pragas agrícolas e a fome. Infelizmente, exemplos semelhantes a este não são raros na história e requerem ferramentas sofisticadas para prever as consequências da extinção ou da (re)introdução de espécies. Atualmente, os ecólogos utilizam modelos matemáticos semelhantes aos utilizados para estudar as redes de transporte de informação (como a internet) ou de energia (rede elétrica), aplicando-os a redes de interações que sustentam todo o planeta vivo.

A tarefa está longe de ser fácil. Tal como um químico trabalha com combinações dos 118 elementos da tabela periódica, um ecólogo trabalha com combinações de milhares de espécies que habitam num determinado local, muitas delas ainda por conhecer. Por isso, e não só, o tempo é claramente de desafios e urgência para a ecologia. Estamos a tentar compreender o funcionamento de sistemas vivos, altamente complexos e sujeitos a rápidas alterações causadas pela crescente população mundial. Estas pressões vão desde a degradação dos habitats e a sobre-exploração dos recursos até à introdução de muitas espécies exóticas em locais onde elas nunca existiram no passado e, claro, às alterações no clima, entre as quais o aquecimento global. Assim, a ecologia é hoje um tipo de "ciência de catástrofe"; uma corrida contra o tempo para tentar entender o papel de cada espécie antes que esta se extinga para sempre. Mas, mesmo neste contexto tão complicado, é também o papel dos ecólogos apontar para soluções que permitam compatibilizar as aspirações humanas com as necessidades do planeta, seja através de sistemas de produção mais sustentáveis (como a agroecologia), do restauro de ecossistemas degradados ou da implementação de uma agenda de saúde única: humana e das comunidades de plantas e animais selvagens que suportam a vida na Terra. Precisamos, por isso, cada vez mais, de ecologia e de ecólogos. Mas não nos enganemos: não precisamos de ecologia pelo desafio intelectual, nem por algum tipo de caridade ou altruísmo para com o planeta. Precisamos de ecologia porque dependemos total e irrevogavelmente do funcionamento do planeta vivo para a nossa própria sobrevivência.



"Precisamos por isso, cada vez mais, de ecologia e de ecólogos. Não pelo desafio intelectual ou por algum tipo de caridade ou altruísmo para com o Planeta, mas porque dependemos total e irrevogavelmente do funcionamento do planeta vivo para a nossa própria sobrevivência."

REDES ECOLÓGICAS – UMA JANELA PARA O MOTOR DAS COMUNIDADES BIOLÓGICAS



RUBEN HELENO[1]*, SARA MENDES[1,2], SANDRA HERVÍAS-PAREJO[1], JOSÉ COSTA[1,3], LEONARDO CRAVEIRO[1], GERSON TOMO[1], SÉRGIO TIMÓTEO[1]

* rheleno@uc.pt

1 Centro de Ecologia Funcional (CFE), Laboratório Associado TERRA, Departamento de Ciências da Vida, Universidade de Coimbra, 3000-456 Coimbra

2 Department of Biodiversity, Macroecology and Biogeography, Faculty of Forest Sciences and Forest Ecology, University of Göttingen, Germany

3 Jardim Botânico da Universidade de Coimbra, Universidade de Coimbra

RESUMO

As comunidades biológicas são sistemas altamente complexos, onde centenas ou milhares de espécies interagem de forma muito diversa e dinâmica. A teoria de redes ecológicas permite caracterizar essa complexidade e compreender como a estrutura das comunidades influencia o funcionamento e a resiliência dos ecossistemas. Estas ferramentas são particularmente relevantes para avaliar os efeitos das alterações globais, como a perda de habitat, as invasões biológicas, a defaunação ou o aquecimento global. No Community Ecology Lab, estudamos as alterações na estrutura e no funcionamento das comunidades biológicas através de vários tipos de interações, como a polinização, a predação ou o parasitismo, mas com um foco especial no serviço de dispersão de sementes proporcionado pelos animais.

PALAVRAS-CHAVE

Alterações globais; comunidades biológicas; dispersão de sementes; ilhas oceânicas; redes ecológicas; serviços dos ecossistemas.

CITAÇÃO RECOMENDADA Heleno R, Mendes S, Hervías-Parejo S, Costa J, Craveiro L, Tomo G, Timóteo S (2025). Redes ecológicas – uma janela para o motor das comunidades biológicas. *Lucanus* – Revista de Ambiente e Sociedade, Volume IX, Páginas 80-85.

ABSTRACT
Biological communities are highly complex systems in which hundreds or thousands of species interact in diverse and dynamic ways. Ecological network theory allows us to characterize this complexity and understand how community structure influences ecosystem functioning and resilience. These tools are particularly relevant for assessing the effects of global changes, such as habitat loss, biological invasions, defaunation, and global warming. At the Community Ecology Lab, we study changes in the structure and functioning of biological communities through various types of interactions, such as pollination, predation, and parasitism, with a particular focus on the seed dispersal service provided by animals.

KEYWORDS
Biological communities; Ecological networks; Ecosystem services; Global change; Oceanic islands; Seed dispersal.

Entender o funcionamento das comunidades biológicas – formadas por centenas ou milhares de espécies que partilham o mesmo local e interagem de formas muito diferentes e altamente dinâmicas entre si – é um enorme desafio. No entanto, as questões mais relevantes em ecologia estão inevitavelmente ligadas a alterações que ou têm a sua origem ou têm consequências ao nível das comunidades biológicas. Para enfrentar esse desafio, os cientistas necessitam de ferramentas capazes de extrair sentido desse aparente caos. No final do século passado, alguns ecólogos começaram a incorporar ferramentas desenvolvidas nas áreas das ciências sociais, da física e da matemática para compreender as comunidades biológicas através da teoria de redes (ou teoria de grafos). Os primeiros trabalhos mostraram rapidamente o potencial dessa abordagem e abriram um novo campo de investigação: o estudo das redes ecológicas. Uma rede ecológica é representada por um objeto matemático (uma matriz) que quantifica as interações entre diferentes entidades biológicas (normalmente espécies, mas também indivíduos ou populações). Desta forma, é possível descrever várias propriedades emergentes (*i.e.*, que representam mais do que a soma das suas partes constituintes) das comunidades e explorar a relação entre a estrutura das comunidades e o funcionamento dos ecossistemas. De certa forma, as redes ecológicas permitem-nos ver simultaneamente as árvores e a floresta, caracterizando objetivamente tanto os organismos como a forma como se organizam para formar comunidades funcionais. Existem dezenas de métricas que descrevem diferentes propriedades dessa estrutura emergente. Tal como tentar descrever o motor de um carro através da sua potência, emissões, número de componentes, tipo de combustível, material, etc., pode não ser suficiente para descrever toda a complexidade do motor; também, cada métrica de rede dá apenas uma perspetiva parcial sobre a estrutura da comunidade. No entanto, juntas oferecem pistas cruciais para entender e prever as



> As redes ecológicas permitem-nos ver simultaneamente as árvores e a floresta, caracterizando objetivamente tanto os organismos como a forma como se organizam para formar comunidades funcionais."

respostas das comunidades quando sujeitas a perturbações externas, como invasões biológicas, defaunação, perda de habitat ou aquecimento global.

Uma forma de entender melhor uma rede ecológica é pensar na estrutura de uma rede social, em que cada pessoa (nó) está ligada a outras por diferentes tipos de interação (por exemplo: amizade, relações familiares, colegas de trabalho, atletas de um grupo desportivo, etc.). Cada pessoa pode ter mais ou menos interações, e estas podem estar mais ou menos dispersas entre os diferentes grupos, o que leva a uma estrutura global (emergente) da rede com profundas implicações para a coesão social. As redes ecológicas funcionam de forma semelhante, mas com organismos e interações bióticas (Figura 1).



FIGURA 1 Exemplo de uma rede de dispersão de sementes de uma floresta portuguesa, mostrando a frequência com que cada espécie de ave (em cima) dispersa sementes de plantas com frutos carnudos (em baixo).

Outra grande vantagem das redes ecológicas é justamente a sua versatilidade, pois permitem explorar diversos tipos de interação. Estas interações podem ser tróficas (ex.: presa-predador), mas também parasíticas, de competição, de facilitação, mutualísticas (ambas as espécies ganham com a interação), ou ainda combinar vários tipos de interação na mesma rede, aproximando-se assim da complexidade real dos sistemas naturais. Uma vez que muitos dos serviços que os ecossistemas nos proporcionam dependem diretamente de interações biológicas – como, por exemplo, a polinização – as redes ecológicas permitem-nos também prever e monitorizar os efeitos de perturbações nos serviços dos ecossistemas.

> Muitos destes processos são mais fáceis de estudar em ilhas oceânicas, que devido ao seu isolamento, limites bem definidos, simplicidade biológica e alta taxa de endemismo são particularmente vulneráveis aos efeitos das alterações globais."

No Community Ecology Lab – um grupo de investigação do Centro de Ecologia Funcional da Universidade de Coimbra – tentamos exatamente entender como as muitas facetas das alterações globais estão a modificar a estrutura, o funcionamento e a resiliência das comunidades, muitas vezes com recurso à análise de redes ecológicas. Estudamos muitos tipos de interações, com principal destaque para a dispersão de sementes – um serviço muito importante para as plantas uma vez que lhes permite (re)colonizar locais novos, aumentar o fluxo genético entre populações, e manter a diversidade vegetal à escala regional. Este serviço é essencialmente prestado por animais frugívoros (e.g., aves, mamíferos e formigas) e constitui um pilar insubstituível de um ecossistema saudável, uma vez que, sem dispersores de sementes, muitas plantas não conseguem adaptar-se às perturbações que afetam as suas populações, tais como incêndios florestais, invasões biológicas, deslizamentos de terras, poluição ou aquecimento global. Estudamos ainda interações entre as flores e os insetos que as polinizam, entre as raízes das plantas e os fungos micorrízicos, entre as plantas e os insetos galhadores (*i.e.*, os que formam os bugalhos), entre presas e predadores, entre parasitas e hospedeiros, ou entre todos estes grupos, formando meta- (e mega-) redes ecológicas com muitos tipos de interações.

Para tentar controlar um pouco as fontes de tanta complexidade, muitos destes processos são mais fáceis de estudar em ilhas oceânicas (aquelas que nunca estiveram ligadas a um continente) e são amplamente reconhecidas como laboratórios naturais de biodiversidade. Devido ao seu isolamento e aos limites bem definidos, as espécies insulares (incluindo muitas endémicas) são particularmente vulneráveis aos efeitos das alterações globais. No Community Ecology Lab, temos estudado vários destes laboratórios naturais para explorar questões ecológicas com implicações nas ilhas e nos continentes, com destaque para os Açores, Galápagos, Canárias e Seychelles.

Estas são algumas das nossas principais contribuições nos últimos anos:

• Um terço dos animais que dispersam as plantas com frutos carnudos na Europa está ameaçado de extinção ou em declínio (Mendes *et al.* 2024, Science).

• Os efeitos do declínio de animais dispersores de sementes já se podem medir em muitos ecossistemas pelo mundo fora (Fricke *et al.* 2025, Nature Reviews Biodiversity).

• As comunidades de plantas estão mais incompletas (ou seja, há plantas que não conseguem recolonizar locais favoráveis para elas) em áreas com maior pressão humana (Pärtel *et al.* 2025, Nature).

• As introduções biológicas alteraram mais o serviço de dispersão de sementes em ilhas do que as extinções (Heinen *et al.* 2025, Proceedings of the National Academy of Sciences).

• Cinco novas espécies de ácaros descobertas para a ciência em aves endémicas das Seychelles (Mironov & Heleno 2025, Systematic and Applied Acarology).

• O inseto utilizado para controlar a invasão de *Acacia longifolia* em Portugal não está a ter efeitos indesejados nas redes ecológicas (López-Núñez *et al.* 2025, Restoration Ecology).

• Os animais dispersores são essenciais para ajudar as plantas a refugiarem-se do aquecimento global, nomeadamente subindo as montanhas (Mendes *et al.* 2025, New Phytologist).

• A remoção de plantas invasoras nas Seychelles permitiu recuperar a estrutura das redes de interação entre sementes e insetos predadores (Costa *et al.* 2024, Journal of Applied Ecology).

• As aves são forçadas a otimizar ainda mais as suas dietas, consumindo frutos melhor ajustados ao tamanho dos seus bicos, à medida que se aproximam dos limites da sua área de distribuição (Martins *et al.* 2024, Science).

• O serviço que os animais nos prestam ao dispersar sementes em áreas ardidas em Portugal custaria mais de 23 milhões de euros/ano para tentar substituir (Royuela *et al.* 2024, Conservation Letters).

• As espécies-chave tendem a ser mais importantes nas diferentes dimensões do seu nicho ecológico, e não apenas para um tipo de interação específico (Timóteo *et al.* 2023, Functional Ecology).

• Enquanto a extinção de animais grandes nos continentes tende a favorecer a dispersão de plantas com frutos pequenos, a introdução de animais grandes em ilhas (como em São Tomé) tende a favorecer plantas com frutos grandes (Heleno *et al.* 2022 Oikos).



FIGURA 2 Equipa Community Ecology Lab.

AGRADECIMENTOS

Trabalho financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia através de fundos nacionais no âmbito do projeto DISPERSIFY doi:10.54499/2024.13086.PEX.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Costa A *et al*. (2024). Insect seed-predator networks respond positively to restoration on a tropical island. Journal of Applied Ecology, 61, 2727-2738.

Fricke EC *et al*. (2025). Drivers and impacts of global seed disperser decline. Nature Reviews Biodiversity, 1, 386-400.

Heine JH *et al.* (2025). Species introductions shift seed dispersal potential more than extinctions across 120 island plant-frugivore communities. Proceedings of the National Academy of Sciences, 122, 51.

Heleno RH *et al*. (2022). The upsizing of the São Tomé seed dispersal network by introduced animals. Oikos, 2.

López-Núñez FA *et al*. (2025). Three-trophic level food webs support the safety of a biocontrol agent 3 years after release. Restoration Ecology, 33, e14371.

Martins LP *et al*. (2024). Birds optimize fruit size consumed near their geographic range limits. Science, 385, 331-336.

Mendes SB *et al*. (2024). Evidence of a European seed dispersal crisis. Science, 386, 206-211.

Mendes SB *et al.* (2025). Climb forest, climb: diverse disperser communities are key to assist plants tracking climate change on altitudinal gradients. New Phytologist, 245, 1315-1329.

Mironov SV & Heleno RH (2025). New species and records of feather mites (Acariformes: Analgoidea) from endemic passerines (Aves: Passeriformes) in the Seychelles. Systematic and Applied Acarology, 30, 88-120.

Pärtel M *et al.* (2025). Global impoverishment of natural vegetation revealed by dark diversity. Nature, 641, 917-924.

Royuela JB *et al*. (2024). What is the value of biotic seed dispersal in post-fire forest regeneration? Conservation Letters, 17, e12990.

Timóteo S *et al.* (2023). Tripartite networks show that keystone species can multitask. Functional Ecology, 37, 274-286.

ORQUÍDEAS DA ARRÁBIDA RETRATOS DE UMA BELEZA VULNERÁVEL



FOTOGRAFIA **Inês Leonardo**

INÊS LEONARDO nasceu em Lisboa (1981) e formou-se em Design de Comunicação. Embora tenha crescido na cidade, herdou cedo o fascínio e o respeito pelo mundo natural, onde descobriu o refúgio, a liberdade e a curiosidade que definem o seu olhar. A fotografia surgiu como uma extensão natural das suas caminhadas. Começou por registar a paisagem, mas cedo desenvolveu uma admiração pelo detalhe e pela biodiversidade. Residente às portas da Arrábida, faz desta serra o seu palco de eleição, onde se deixa guiar pela espontaneidade e pelo inesperado. Através das suas imagens, procura partilhar a beleza de um mundo natural que, embora por vezes ignorado, persiste resiliente à margem da nossa agitação.

Caminhar no Parque Natural da Arrábida é um exercício de atenção. Aqui, o olhar perde-se no azul do Atlântico enquanto a evolução se revela, por vezes em miniatura, mesmo ali à flor do solo.

Portugal acolhe mais de meia centena de espécies de orquídeas silvestres e, numa diversidade botânica fascinante, cerca de trinta habitam o chão desta serra. Enquanto percorro os seus caminhos, levo comigo o deslumbramento de uma observadora rendida. Ajoelho-me perante estas pequenas joias que, com uma astúcia admirável, mimetizam insetos e orquestram estratégias de polinização dignas de um filme de sedução, havendo até espécies que, numa demonstração máxima de resiliência, prescindem de intermediários e se autofecundam. São seres belos, mas de uma vulnerabilidade extrema. A sua sobrevivência depende de uma rede complexa de relações naturais e de equilíbrios invisíveis que operam à margem do nosso olhar.

Exemplo disso é a raridade de algumas das suas habitantes, como a erva-aranha (*Ophrys sphegodes*), que apresenta em Portugal Continental o estatuto de conservação EN (Em Perigo), segundo os critérios da IUCN.

E porque as orquídeas da Arrábida não florescem de uma vez, proponho uma viagem por este calendário vivo que se inicia ainda no inverno, com

o despertar da robusta salepeira-grande (*Himantoglossum robertianum*). É ela o prenúncio de uma sucessão de cores e formas que fazem uma pausa dramática no verão, quando, na serra ocupada por veraneantes e sob o domínio do sol de estio, as orquídeas suspendem a respiração. No meio da agitação, ficamos em mística expectativa, aguardando que os dias mais curtos tragam de volta a delicada dama-de-outono (*Spiranthes spiralis*). É este ciclo de encontros e esperas que aqui partilho através do meu olhar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Royal Botanic Gardens, Kew. (2026). Plants of the World Online (POWO). Disponível em https://powo.science.kew.org/. Consultado em 20 de abril de 2026.



Himantoglossum robertianum



Orchis italica



Orchis italica



Orchis x bivonae



Orchis x bivonae



Orchis mascula



Anacamptis morio





Anacamptis papilionacea



Ophrys bombyliflora



Neotinea conica



Neotinea maculata



Cephalanthera longifolia



Ophrys speculum subsp. *speculum*



Ophrys scolopax sub apiformis



Serapias sp.



Anacamptis coriophora



Ophrys apifera



Epipactis sp.



Ophrys lutea



Spiranthes spiralis



Serapias sp.



Ophrys tenthredinifera

REVISIÓN DE LA ANALÍTICA DE LA RELACIÓN ISOTÓPICA DE ESTRONCIO ($^{87}Sr/^{86}Sr$) COMO MARCADOR DE MIGRACIONES DE PECES EN LA CUENCA DEL PLATA

JUAN FRANCISCO FACETTI[1]*, ESTEBAN AVIGLIANO[2]

*jfacetti@ing.una.py

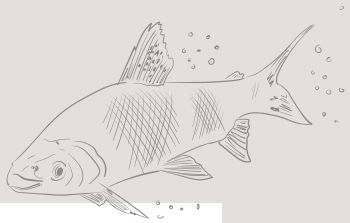
1 Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Asunción, Paraguay.

2 CONICET-Universidad de Buenos Aires. Instituto de Investigaciones en Producción Animal (INPA), Facultad de Ciencias Veterinarias, Buenos Aires, Argentina.

RESUMO

La relación isotópica del estroncio ($^{87}Sr/^{86}Sr$) se ha afianzado como un marcador geoquímico natural para rastrear la migración de peces de agua dulce en grandes cuencas fluviales. En la cuenca del Río de la Plata, caracterizada por una geología variada, las aguas de distintos ríos y tributarios exhiben firmas isotópicas de $^{87}Sr/^{86}Sr$ diferentes. En estudios recientes y trabajos disponibles hasta 2026 se utilizó este método en especies de alto valor comercial, ecológico o de conservación, como el sábalo (*Prochilodus lineatus*), el dorado (*Salminus brasiliensis*), el patí (*Luciopimelodus pati*), el surubí pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*), el Manguruyú (*Zungaro jahu*), el armado (*Oxydoras kneri*) y el bagre tres puntos (*Hemisorubim platyrhynchos*). Además, el enfoque se extendió a esturiones exóticos, como *Acipenser baerii* y *Acipenser gueldenstaedtii*, mediante el análisis de radios de aletas, y a bivalvos bioindicadores, como *Limnoperna fortunei*, para reconstruir la variación espacio-temporal de la señal isotópica del agua. En estas investigaciones, se definió un mapa isotópico del estroncio en la cuenca mediante el muestreo de aguas superficiales y se analizaron estructuras calcificadas de peces capturados en distintos sitios mediante espectrometría de masas con ablación láser. La relación $^{87}Sr/^{86}Sr$ registrada en los otolitos mostró una estrecha correspondencia con la del

CITAÇÃO RECOMENDADA Facetti J & Avigliano E (2025). Revisión de la analítica de la relación isotópica de estroncio (87Sr/86Sr) como marcador de migraciones de peces en la Cuenca del Plata. *Lucanus* – Revista de Ambiente e Sociedade, Volume IX, Páginas 104-131.



agua del sitio de captura, lo que confirmó que estas estructuras conservan un historial químico del ambiente recorrido por cada pez. El análisis de transectos desde el núcleo hasta el borde del otolito proporcionó nuevas perspectivas, sugiriendo migraciones transfronterizas, movimientos entre subcuencas y también patrones de residencia o conectividad a escalas más acotadas. La inclusión de otros marcadores geoquímicos, como Sr/Ca, complementó la información de los isótopos de Sr y mejoró la resolución para discriminar subcuencas con señales isotópicas semejantes. Los hallazgos aportan información relevante sobre el origen natal, el uso del hábitat, la conectividad y las áreas probables de desove o de cría/reclutamiento de peces neotropicales, con implicaciones directas para la gestión pesquera. Se discuten las ventajas de aplicar $^{87}Sr/^{86}Sr$ en cuencas geológicamente complejas, así como las limitaciones del método y las futuras líneas de investigación orientadas a mejorar el trazado de movimientos en ecosistemas lóticos interrumpidos por represas o con líneas de base aún incompletas. Finalmente, el uso de $^{87}Sr/^{86}Sr$ en estructuras calcificadas se presenta como una herramienta poderosa para comprender la conectividad ecológica en la Cuenca del Plata y fundamentar estrategias de conservación y manejo pesquero a escala regional.

PALAVRAS-CHAVE
Cuenca del Río de la Plata, mapa isotópico, migracion ictícola, otolitos, relación isotópica $^{87}Sr/^{86}Sr$, trazadores geoquimicos.

ABSTRACT
The strontium isotopic ratio ($^{87}Sr/^{86}Sr$) has been consolidated as a natural geochemical marker for tracking freshwater fish migration in large river basins. In the Río de la Plata basin, characterized by varied geology, waters from different rivers and tributaries exhibit distinct $^{87}Sr/^{86}Sr$ isotopic signatures. In recent studies and works available up to 2026, this method was applied to species of commercial, ecological, or conservation relevance, including streaked prochilod (*Prochilodus lineatus*), dorado (*Salminus brasiliensis*), patí (*Luciopimelodus pati*), spotted surubí (*Pseudoplatystoma corruscans*), Manguruyú (*Zungaro jahu*), armado (*Oxydoras kneri*), and three-spotted catfish (*Hemisorubim platyrhynchos*). The approach was also extended to non-native sturgeons, such as *Acipenser baerii* and *Acipenser gueldenstaedtii*, through fin-spine analysis, and to bioindicator bivalves such as *Limnoperna fortunei* to reconstruct the spatio-temporal variability of water isotopic signals. In these studies, a strontium isotope map of the basin was developed through surface-water sampling, and calcified structures from fish captured at different sites were analyzed by laser-ablation mass spectrometry. The $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratio recorded in otoliths showed a close correspondence with that of the capture-site water, confirming that these structures preserve a chemical record of the environmental history experienced by each fish. Core-to-edge transects provided new insights into transboundary migrations, movements among sub-basins, and also residence or connectivity patterns at shorter spatial scales. The inclusion of complementary geochemical markers, such as Sr/Ca, improved the discrimination of sub-basins with similar isotopic signatures. These findings provide relevant information on natal origin, habitat use,

connectivity, and probable spawning or nursery/recruitment areas of Neotropical fishes, with direct implications for fisheries management. The advantages and limitations of applying $^{87}Sr/^{86}Sr$ in geologically complex basins are discussed, along with future research directions aimed at improving movement tracing in lotic ecosystems interrupted by dams or characterized by incomplete environmental baselines.

KEYWORDS
$^{87}Sr/^{86}Sr$ isotopic signature, fish migration, geochemical tracers, isoscape, otoliths, Río de la Plata basin, transboundary movement.

1 INTRODUCCIÓN

En sistemas fluviales extensos, la identificación de las rutas migratorias de los peces es fundamental para comprender su ecología e implementar medidas de gestión de la pesca adecuadas. Tradicionalmente, el estudio de las migraciones de peces potamódromos se ha basado en métodos como el marcado y recaptura, telemetría o seguimiento de agregaciones reproductivas. Sin embargo, estos enfoques resultan logísticamente difíciles de aplicar a gran escala espacial, especialmente en cuencas transfronterizas. En la última década, la geoquímica de los otolitos –estructuras calcificadas del oído interno de los peces– se ha afianzado como una alternativa eficaz para reconstruir la historia ambiental de los individuos. En particular, la relación isotópica $^{87}Sr/^{86}Sr$ ha emergido como un indicador natural muy robusto del origen natal y de los movimientos de los peces (Avigliano *et al.* 2020a). Esto se debe a que el estroncio presente en el carbonato cálcico del otolito proviene principalmente del medio ambiente acuático y su firma isotópica refleja directamente la de la columna de agua en la que vive el pez, sin sufrir un fraccionamiento biológico significativo. La relación $^{87}Sr/^{86}Sr$ en el agua depende de la naturaleza y edad del lecho rocoso drenado; a medida que las rocas envejecen o son más ricas en Rubidio (^{87}Rb), el valor $^{87}Sr/^{86}Sr$ tiende a aumentar. Así, cada sección transversal del otolito – desde el núcleo formado en la etapa larval hasta el borde depositado en edades avanzadas – actúa como un registro químico del agua ambiental en cada etapa de la vida del pez.

La eficacia del método isotópico depende de la existencia de variaciones geográficas en la composición isotópica del estroncio disuelto en las aguas

continentales. Dichas variaciones se deben a diferencias en la geología y la litología de las cuencas de drenaje. Las rocas difieren en su edad y en su relación Rb/Sr, por lo que presentan distintas razones isotópicas $^{87}Sr/^{86}Sr$. Esto se debe a que el ^{87}Sr aumenta progresivamente debido a la desintegración radiactiva del ^{87}Rb a lo largo del tiempo geológico, mientras que el ^{86}Sr es un isótopo estable y no radiogénico. Como consecuencia, el estroncio liberado durante la meteorización conserva la firma isotópica característica de cada unidad geológica, lo que origina diferencias en la relación $^{87}Sr/^{86}Sr$ entre ríos que drenan formaciones geológicas contrastantes. En consecuencia, ríos que fluyen sobre formaciones geológicas contrastantes pueden presentar valores de $^{87}Sr/^{86}Sr$ claramente diferenciados. La cuenca del Río de la Plata (que abarca los ríos Paraná, Paraguay y Uruguay, así como el estuario del Plata, entre otros) constituye un ejemplo paradigmático de una cuenca geológicamente heterogénea en la que el enfoque isotópico ofrece ventajas. Estudios recientes han demostrado que esta cuenca presenta un mosaico espacial de razones $^{87}Sr/^{86}Sr$ en el agua, con gradientes marcados a escala regional Avigliano *et al.* (2020a). Por ejemplo, a lo largo del eje Paraguay-Paraná se observa un gradiente latitudinal donde $^{87}Sr/^{86}Sr$ disminuye desde ~0.7230 en cabeceras del Alto Paraguay hasta ~0.7106 en el tramo inferior del Paraná, mientras que en el río Uruguay la tendencia es inversa, aumentando desde ~0.7077 en tributarios de la cuenca alta hasta ~0.7122 en la cuenca baja (Fig.1). En el estuario del Río de la Plata, dominado por sedimentos pampeanos recientes, se registran las firmas isotópicas más bajas (~0.7083–0.7095). Estas diferencias reflejan las distintas provincias geológicas de la cuenca – por ejemplo, rocas precámbricas del macizo brasileño en el Alto Paraguay con ^{87}Sr radiogénico elevado, frente a depósitos cuaternarios en el estuario con ^{87}Sr más bajo – y permiten delimitar regiones hidrogeográficas basadas en la geoquímica de sus aguas (Avigliano *et al.* 2020a).

El aprovechamiento de la huella isotópica del estroncio en las aguas para rastrear peces es especialmente prometedor en la Cuenca del Plata, dado que alberga especies migratorias y de interés ecológico, pesquero o de conservación cuya dinámica espacial aún no está completamente resuelta. Entre ellas se encuentran el sábalo (*Prochilodus lineatus*), el dorado (*Salminus brasiliensis*), el patí (*Luciopimelodus pati*), el surubí pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*), el Manguruyú (*Zungaro jahu*), el armado (*Oxydoras kneri*) y el bagre tres puntos (*Hemisorubim platyrhynchos*). A este conjunto se suman casos no nativos o emergentes, como los esturiones siberiano y ruso (*Acipenser baerii* y *Acipenser gueldenstaedtii*), cuyo origen y dispersión se evaluaron mediante el análisis de los radios de las aletas. En conjunto, estos ejemplos muestran que la aplicación de $^{87}Sr/^{86}Sr$ y de marcadores complementarios no se restringe a unas pocas especies emblemáticas, sino que permite abordar preguntas sobre el origen natal, la conectividad, el uso del hábitat, la fragmentación y el manejo en escalas muy diferentes.

En este contexto, los estudios publicados hasta 2026, permiten revisar la aplicación de $^{87}Sr/^{86}Sr$ en la Cuenca del Plata desde una perspectiva más amplia que la del primer mapa isotópico. El artículo sintetiza: (1) el fundamento geoquímico del marcador; (2) la construcción de líneas de base de agua en Paraná, Paraguay, Uruguay, Bermejo, Pilcomayo, Río de la Plata, esteros del Iberá, cuenca del Carcarañá, parte del Pantanal y sectores del gradiente Yungas-Chaco; (3) la correspondencia entre agua y estructuras calcificadas; (4) los casos de sábalo, dorado, patí, surubí, Manguruyú, armado, bagre tres puntos y esturiones; (5) el aporte de Sr/Ca para resolver zonas isotópicamente semejantes; y (6) el uso de bivalvos como archivos ambientales de la variación hidrogeoquímica.

2 METODOLOGÍA

2.1. CONFIGURACIÓN HIDROLÓGICA Y GEOLÓGICA

La cuenca del Río de la Plata se compone de seis subcuencas principales: Paraná, Paraguay, Bermejo, Pilcomayo, Uruguay y el estuario del Río de la Plata. La cuenca presenta una gran diversidad de ambientes, desde los Andes hasta el Bosque Atlantico Paranaense. La geología de la cuenca es marcadamente heterogénea. La cuenca superior del Paraná se sustenta principalmente en basaltos toleíticos Jurásico-Cretácicos (Provincia Ígnea de Paraná-Etendeka). Los ríos Pilcomayo y Bermejo drenan rocas sedimentarias andinas antiguas. Los ríos de la llanura del Paraguay y el Paraná inferior están cubiertos por depósitos más recientes (Figura 1).

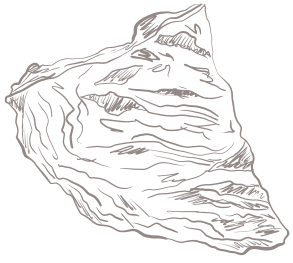




FIGURA 1 Mapa de ubicación de la Cuenca del **Río de la Plata y** sitios de estudio (Modificado de Avigliano *et al.* (2020a)).

> La cuenca del Río de la Plata se compone de seis subcuencas principales: Paraná, Paraguay, Bermejo, Pilcomayo, Uruguay y el estuario del Río de la Plata. La cuenca presenta una gran diversidad de ambientes, desde los Andes hasta el Bosque Atlántico Paranaense."

2.2. DISEÑO GENERAL Y MUESTREO AMBIENTAL

Los estudios revisados combinaron muestreos geoquímicos del agua con análisis microquímicos de estructuras calcificadas. La línea base inicial incluyó 43 sitios de agua en las principales subcuencas y fue ampliada posteriormente con nuevos sectores de interés: efluentes del Iberá, Carcarañá, alto Bermejo, puntos próximos a la Confluencia Paraná-Paraguay y tributarios del Pantanal. Esta ampliación es relevante porque algunas zonas presentan señales de $^{87}Sr/^{86}Sr$ parcialmente superpuestas o variación hidrológica estacional, lo que puede dificultar la asignación de origen si se usa un único marcador.

2.3. MUESTREO DE PECES Y PREPARACIÓN DE OTOLITOS

En paralelo al muestreo ambiental se analizaron peces y estructuras calcificadas de diferentes especies. Los primeros trabajos incluyeron sábalo, dorado, patí y surubí, mientras que estudios posteriores ampliaron el enfoque a dorado en el Carcarañá, Manguruyú en el eje Paraná-Paraguay/Pantanal, armado y bagre en tres puntos del alto Paraná, y sábalo y dorado en el sistema Río del Valle-Bermejito. En la mayoría de los casos se emplearon otolitos, pero los esturiones exóticos se evaluaron mediante radios de aletas, lo que muestra la utilidad de estructuras alternativas cuando los otolitos no son la matriz más adecuada o cuando interesa explorar métodos menos letales.

“Los estudios revisados combinaron muestreos geoquímicos del agua con análisis microquímicos de estructuras calcificadas.”

2.4. ANÁLISIS MICROQUÍMICO DE OTOLITOS

La determinación de la relación $^{87}Sr/^{86}Sr$ a lo largo del otolito se realizó mediante espectrometría de masas con ablación láser acoplada a multicolector (LA-MC-ICP-MS). Este enfoque permite muestrear la composición química desde el núcleo hasta el borde y reconstruir la historia ambiental del pez durante la ontogenia. No obstante, debe distinguirse entre el tamaño nominal del spot o del haz de ablación y la resolución espacial efectiva del perfil. Aunque se utilicen spots o transectas de 20, 50, 80 o 100 micrómetros, esa dimensión no equivale necesariamente a la resolución lateral cuando los puntos se superponen o cuando el análisis se realiza en modo transecta. En diseños finos, la resolución efectiva puede ser inferior al diámetro del spot, incluso inferior a 5 micrómetros, dependiendo del solapamiento, la velocidad de barrido, la frecuencia del láser, el crecimiento del otolito y el procesamiento de la señal. Por ello, la interpretación temporal debe hacerse caso por caso y no traducir mecánicamente el tamaño del spot a semanas o meses sin una validación de crecimiento.

Además de la composición isotópica del Sr, algunos estudios midieron simultáneamente las concentraciones de elementos traza en los otolitos, en particular las relaciones Sr/Ca y Ba/Ca. Esto se logra con la misma técnica de ablación láser acoplada a un espectrómetro de masas (en este caso, un ICP-MS de cuadrupolo para elementos traza). La cuantificación de Sr/Ca (y Ba/Ca) en los mismos transectos proporciona información complementaria, ya que estos cocientes reflejan la concentración relativa de Sr y Ba respecto de Ca en el agua, la cual puede estar vinculada a factores como la salinidad, la dureza del agua o el aporte de aguas subterráneas. Por ejemplo, valores elevados de Sr/Ca en otolitos de peces de agua dulce suelen asociarse a incursiones en ambientes con mayor contenido salino o mineral (dado que el Sr es típicamente más abundante en aguas salobres), mientras que Ba/Ca puede aumentar en zonas con aguas de inundación o con ciertos tipos de suelo. Avigliano *et al.* (2021) evaluaron explícitamente la utilidad de Sr/Ca y Ba/Ca como trazadores adicionales a $^{87}Sr/^{86}Sr$ en el sábalo, obteniendo, mediante perfilado por LA-ICP-MS, ambos tipos de datos (isotópicos y elementales) de los otolitos.

2.5. ANÁLISIS DE DATOS Y ASIGNACIÓN DE PROCEDENCIAS

Una vez obtenidos los datos químicos, el siguiente paso fue comparar las firmas isotópicas $^{87}Sr/^{86}Sr$ medidas en otolitos con la línea base isotópica del agua de la región. Para ello, se construyeron bases de datos georreferenciadas de $^{87}Sr/^{86}Sr$ del agua (incluyendo valores propios medidos y datos recopilados de la literatura cuando estaban disponibles) (Avigliano *et al.* 2021). Avigliano *et al.* (2020a) reportaron que muchas masas de agua presentaban valores de $^{87}Sr/^{86}Sr$ significativamente diferentes entre sí ($p < 0.05$), estableciendo así "firmas" características por subcuenca. Mediante análisis estadísticos multivariados, como análisis de clusters, se agruparon los sitios de agua en regiones isotópicamente homogéneas; por ejemplo, en el estudio del dorado se identificaron diferentes agrupaciones o firmas isotópicas diferenciables en la cuenca (Avigliano *et al.* 2023). Con estas regiones definidas, se procedió a asignar el origen natal de cada pez analizando el valor de $^{87}Sr/^{86}Sr$ en la porción nuclear de su otolito (que se forma en el sitio de nacimiento/primera crianza). Si el valor del núcleo coincidía con el rango isotópico de una región geográfica, se infería que el pez nació en dicha subcuenca. Para formalizar estas asignaciones, se aplicaron métodos de clasificación estadística: Avigliano *et al.* (2020a) utilizaron un análisis discriminante lineal basado en la química del núcleo del otolito, logrando discriminar orígenes de peces entre distintas subcuencas. De forma complementaria, se inspeccionaron los perfiles longitudinales de $^{87}Sr/^{86}Sr$ en cada otolito para identificar cambios abruptos o tramos distintos, los cuales indicarían movimientos entre ambientes con firmas isotópicas diferentes a lo largo de la vida del pez. Estos cambios se interpretaban en función de los valores de referencia del agua: por ejemplo, un aumento súbito de $^{87}Sr/^{86}Sr$ en el otolito podría señalar la entrada del pez en un río de aguas más radiogénicas (p. ej., provenientes de rocas antiguas), mientras que una disminución prolongada podría reflejar la migración hacia aguas con menor $^{87}Sr/^{86}Sr$ (p. ej., tramos inferiores cercanos al estuario).

En cuanto al uso de los cocientes Sr/Ca y Ba/Ca, la metodología consistió en comparar los valores medidos en los otolitos (particularmente en el borde del otolito, correspondiente al sitio de captura) con los valores de Sr/Ca y Ba/Ca característicos del agua de cada río muestreado. Avigliano *et al.* (2021) calcularon la correlación entre el Sr/Ca del agua y el del borde del otolito de sábalo para evaluar cuantitativamente su correspondencia. Asimismo, emplearon análisis discriminantes con conjuntos de variables que incluían 87Sr/86Sr, Sr/Ca y Ba/Ca del agua para evaluar en qué medida mejoraba la clasificación de los ambientes en comparación con usar solo $^{87}Sr/^{86}Sr$.

2.6. CONTEXTO DE RÍOS FRAGMENTADOS

Un aspecto particular del diseño experimental de Avigliano *et al.* (2023) fue investigar el caso de un tributario semi-fragmentado por represas (el río Carcarañá, en la provincia de Santa Fe, Argentina) comparado con un tramo libre de represas (Alto Paraná en Misiones, Argentina) en relación al movimiento de dorados. En este estudio, además de identificar orígenes y movimientos, se buscó inferir si los dorados eran capaces de superar las estructuras transversales (pequeños diques con vertederos) presentes en el Carcarañá para acceder a zonas de reproducción río arriba. La metodología isotópica fue esencialmente la misma (análisis de $^{87}Sr/^{86}Sr$ en agua y otolitos), pero la interpretación de los perfiles de otolitos se realizó considerando la ubicación de represas conocidas en la cuenca. Por ejemplo, si un dorado capturado aguas arriba de una represa mostraba en su otolito señales de haber residido previamente en aguas con la firma isotópica del Paraná inferior (aguas abajo de la represa), se deduce que logró migrar atravesando la barrera. En síntesis, la metodología integró levantamientos geoquímicos ambientales y análisis microquímicos de otolitos, apoyados en herramientas estadísticas de clasificación, para vincular los registros isotópicos de los peces con la geografía de la cuenca. Este planteo permitió rastrear las migraciones de los peces de forma retrospectiva, abarcando potencialmente toda su vida, lo cual sería inviable con métodos convencionales de marcaje. A continuación, se describen los resultados principales obtenidos con esta aproximación para las especies estudiadas.

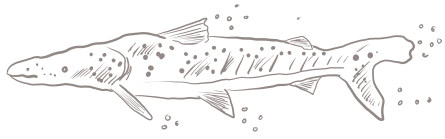
“En este estudio, además de identificar orígenes y movimientos, se buscó inferir si los dorados eran capaces de superar las estructuras transversales (pequeños diques con vertederos) presentes en el Carcarañá para acceder a zonas de reproducción río arriba.”

3 RESULTADOS

3.1. VARIABILIDAD ISOTÓPICA EN LAS AGUAS DE LA CUENCA DEL PLATA

Las mediciones de $^{87}Sr/^{86}Sr$ en las aguas superficiales confirmaron una marcada heterogeneidad espacial, acorde con las diferencias geológicas entre las subcuencas. Se observaron rangos de valores distintos en cada uno de los grandes ríos. Por ejemplo, el río Paraguay (y Alto Paraná) presentó las razones más elevadas (~0.720–0.723 en cabeceras), mientras que el río Uruguay exhibió valores menores (en el entorno de 0.708–0.712) y el estuario del Plata los más bajos (~0.7083–0.7095). En el río Paraná, los valores tendieron a disminuir desde el tramo superior hasta el inferior (p. ej., ~0.713–0.714 en Paraná medio vs. ~0.710–0.711 en Paraná inferior). Estas variaciones permiten definir *firmas isotópicas* características por región y diferencias estadísticamente significativas de $^{87}Sr/^{86}Sr$ entre múltiples cuerpos de agua muestreados ($p < 0.05$). Mediante un análisis de clúster sobre los datos de agua ampliados, identificaron hasta nueve grupos o señales isotópicas diferenciables en la cuenca, coherentes con compartimentos hidrogeológicos. Un análisis discriminante sobre la relación $^{87}Sr/^{86}Sr$ del agua confirmó la existencia de por lo menos ocho señales contrastantes, suficientes para distinguir entre las principales subcuencas del sistema. En resumen, el mapeo isotópico construyó un marco de referencia en el que cada gran región (Alto Paraná, Bajo Paraná, Alto Uruguay, etc.) posee un rango distintivo de 87Sr/86Sr (Figura 2).

“Mediante un análisis de clúster sobre los datos de agua ampliados, identificaron hasta nueve grupos o señales isotópicas diferenciables en la cuenca, coherentes con compartimentos hidrogeológicos.”



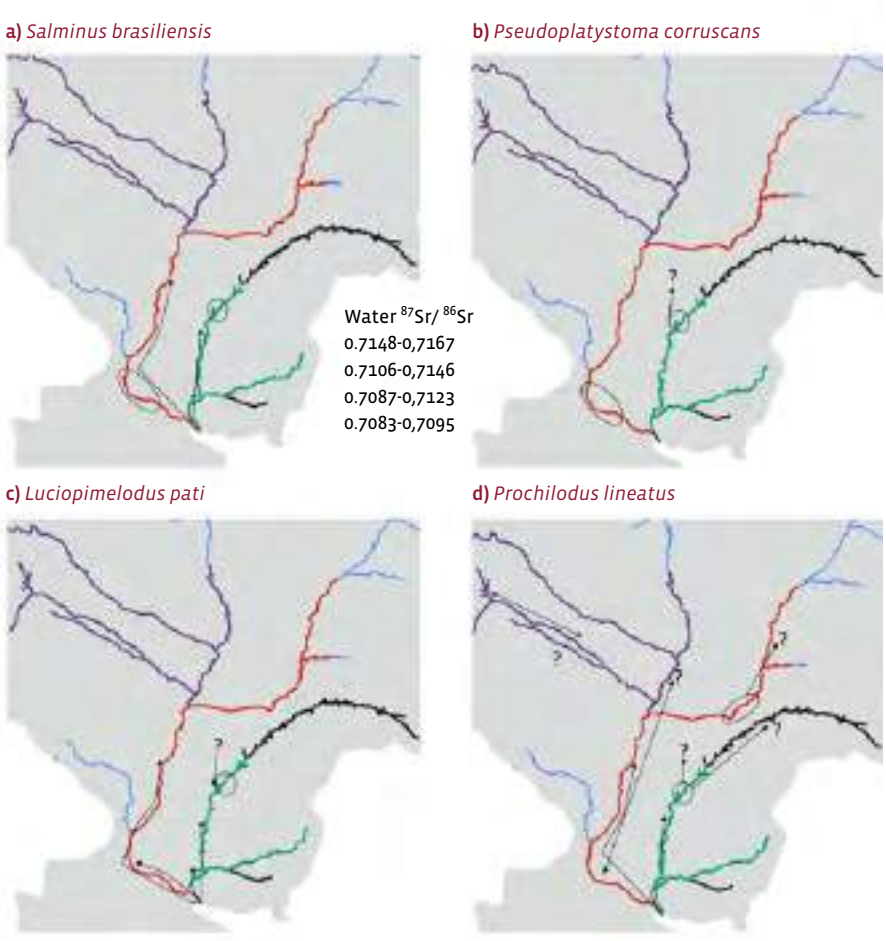


FIGURA 2 Los mapas muestran los patrones de desplazamiento e historias de vida inferidos para cuatro especies clave: (a) *Salminus brasiliensis*, (b) *Pseudoplatystoma corruscans*, (c) *Luciopimelodus pati* y (d) *Prochilodus lineatus*. Los diferentes colores en los cursos de agua representan los rangos característicos de la relación 87Sr/86Sr en el agua (desde los valores más bajos, en negro/verde, hasta los más altos, en rojo/azul). Las flechas, elipses y signos de interrogación detallan las rutas migratorias estimadas, las zonas de conectividad y las áreas de incertidumbre identificadas mediante el análisis microquímico de las especies en relación con la línea base ambiental (Modificado de Avigliano *et al.* (2020a))..

3.2. CORRESPONDENCIA ENTRE FIRMAS DEL AGUA Y DE OTOLITOS

Un hallazgo crucial fue comprobar que los otolitos de los peces reflejan fielmente la composición isotópica del ambiente acuático en el que viven (Figura 3). Al comparar el valor de $^{87}Sr/^{86}Sr$ en el borde de los otolitos (correspondiente al lugar de captura) con el valor medido en el agua de ese mismo sitio, se encontró una relación prácticamente 1:1. Esto indica que

no hay fraccionamiento apreciable ni *offset* fisiológico entre el estroncio incorporado al otolito y el disuelto en el agua circundante: ambos valores coinciden dentro de los errores analíticos. Avigliano *et al.* (2020a) reportaron explícitamente esta relación uno a uno entre $^{87}Sr/^{86}Sr$ del borde del otolito y del agua para todas las especies analizadas, reforzando la validez del uso de la relación isotópica como trazador directo de procedencia ambiental. De manera similar, en el caso del cociente elemento/Ca, se halló una fuerte correlación lineal entre el Sr/Ca del agua y el Sr/Ca registrado en el otolito del sábalo en el sitio de captura ($R^2 = 0.94$, $p < 0.05$). Esta relación indica que las variaciones en la concentración de Sr entre distintos ríos también se reflejan en la química del otolito, aunque en este caso pueden existir ligeras diferencias de pendiente atribuibles a factores biológicos o ambientales adicionales (por ejemplo, temperatura, crecimiento; ver Discusión). En cambio, para el cociente Ba/Ca no se encontró una correspondencia significativa agua-otolito en el sábalo, lo cual sugiere que el bario podría estar más influido por procesos fisiológicos o que sus gradientes ambientales no eran tan marcados ni tan constantes estacionalmente como los del Sr en la cuenca estudiada.

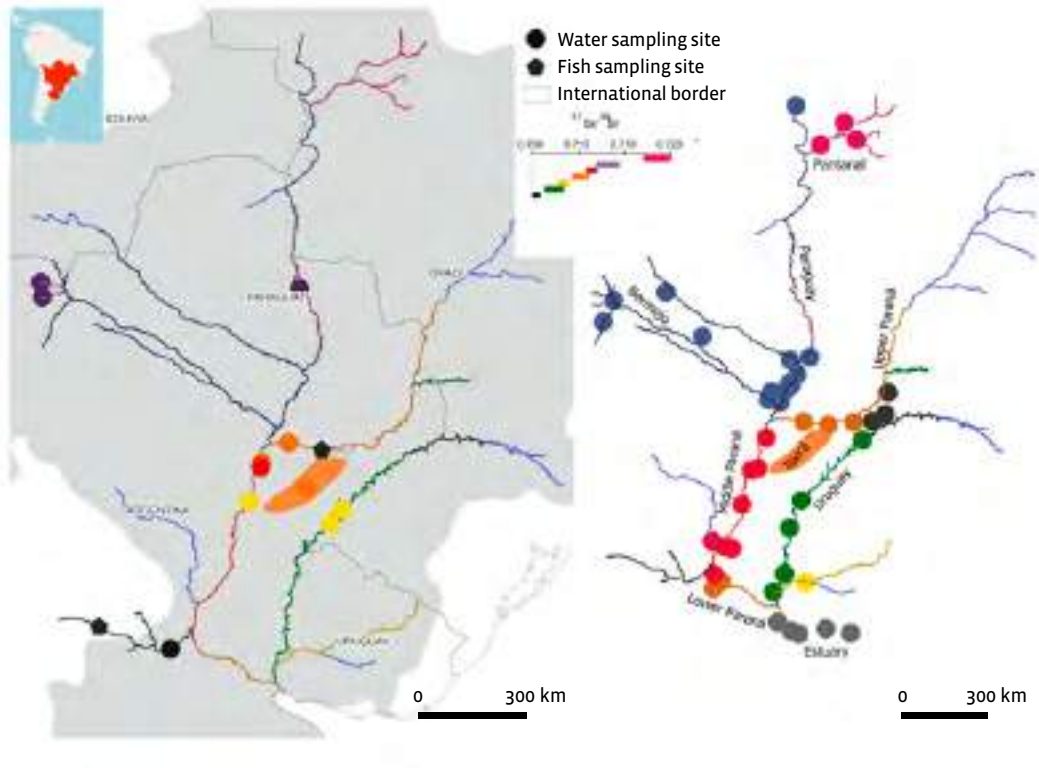


FIGURA 3 Distribución de los sitios de muestreo de agua y peces utilizados para la validación de la relación agua-otolito en la Cuenca del Río de la Plata. Los puntos de colecta de agua (círculos) y de captura de peces (pentágonos) empleados para comprobar la relación directa entre el ambiente y el registro químico en los otolitos. Los diferentes colores en la red de drenaje representan los rangos de la firma isotópica del agua, los cuales se reflejan fielmente y sin fraccionamiento en el borde de los otolitos de las especies analizadas en sus respectivos sitios de captura (Modificado de Avigliano *et al.* (2023)).

3.3. ORIGEN NATAL Y DESPLAZAMIENTOS DE LARGA DISTANCIA

El análisis de la composición isotópica de los núcleos de otolitos reveló que muchos peces eran originarios de subcuencas distintas de las donde fueron capturados. En otras palabras, se detectaron migraciones desde áreas de desove/cría hacia zonas de crecimiento o de alimentación más alejadas. El análisis discriminante basado en $^{87}Sr/^{86}Sr$ del núcleo de los otolitos clasificó con éxito a los individuos de sábalo, dorado, patí y surubí según la región isotópica de origen, lo que indica que la mayoría no era originaria del sitio de muestreo. Por ejemplo, Avigliano *et al.* hallaron que los cuatro surubíes analizados en el Alto Paraná presentaban valores de núcleo correspondientes a la cuenca del Paraguay, sugiriendo un origen en tributarios de ese sistema, mientras que otros individuos de las distintas especies tenían núcleos coincidentes con señales de subcuencas distantes. En un estudio de 2023, enfocado en dorado, cuatro ejemplares del Alto Paraná mostraron firmas de núcleo asignables a la cuenca del Paraguay (río Paraguay o Alto Paraná paraguayo), mientras que el resto correspondía al propio Paraná. A su vez, todos los dorados capturados en la cuenca del Carcarañá (tributario del Paraná inferior) exhibieron núcleos que los clasificaban como originarios del río Paraná, excepto dos individuos cuya señal indicaba origen autóctono del Carcarañá. Estos resultados aportan evidencia concreta de movimientos ícticos a gran escala: peces nacidos en ciertos tributarios o en tramos altos migran luego a lo largo de cientos de kilómetros hasta otras regiones de la cuenca, donde son capturados.

En particular, se documentaron migraciones de extraordinaria longitud en varias de las especies estudiadas. Avigliano *et al.* 2020a reportaron en "migraciones transfronterizas" superiores a 1000 km en el sábalo, dorado y patí. Por ejemplo, algunos individuos de sábalo analizados presentaron un núcleo de otolito con $^{87}Sr/^{86}Sr$ típico de la cuenca alta del Paraná (e.g., en territorio brasileño o paraguayo) mientras que fueron capturados en el tramo inferior del Paraná en Argentina, implicando un desplazamiento río abajo de más de mil kilómetros a lo largo de su vida. De modo inverso, se infirieron movimientos río arriba: ciertos patíes y dorados capturados en el bajo Paraná mostraron núcleos compatibles con el Alto Paraná o incluso con la cuenca del río Uruguay, lo que sugiere migraciones ascendentes de gran escala que atraviesan el Delta del Paraná para conectar ambas cuencas. De hecho, la utilización del Delta y el estuario del Río de la Plata como corredor natural quedó evidenciada por peces cuya trayectoria isotópica indica que pasaron del río Paraná al río Uruguay o viceversa durante su vida. Este hallazgo es notable, ya que implica un intercambio biológico entre dos grandes

ríos que actualmente delimitan fronteras internacionales (Argentina, Uruguay, Paraguay y Brasil), lo que subraya la necesidad de enfoques de manejo transfronterizo (ver Discusión). En otras especies analizadas como *Zungaro jahu*, los perfiles de $^{87}Sr/^{86}Sr$ indicaron un uso concentrado alrededor de la confluencia Paraná-Paraguay y no apoyaron una migración extensa hacia todo el Pantanal o el bajo sistema. En *Oxydoras kneri* y *Hemisorubim platyrhynchos*, la señal isotópica reveló movimientos de corta y media escala entre los sectores del Paraná y del Paraguay, con posibles contribuciones de distintas áreas de origen. En los esturiones *Acipenser baerii* y *Acipenser gueldenstaedtii*, los radios de las aletas permitieron inferir un origen compatible con zonas de cultivo en la cuenca del Uruguay/Río Negro y movimientos posteriores hacia el Paraná. En conjunto, estos casos amplían el alcance del enfoque hacia problemas de conectividad, manejo y dispersión que operan en escalas espaciales y taxonómicas diferentes.

3.4. TRÁNSITO EN AMBIENTES DIVERSOS A LO LARGO DEL CICLO DE VIDA

Más allá de la distancia recorrida, los perfiles de $^{87}Sr/^{86}Sr$ en los otolitos revelaron que las especies estudiadas habitan una variedad de ambientes acuáticos a lo largo de su ontogenia. Avigliano *et al*. observaron en 2020a cambios en las razones isotópicas en otolitos individuales que corresponden al tránsito por diferentes tipos de hábitats. Por ejemplo, se identificaron tramos de crecimiento del otolito con valores estables de $^{87}Sr/^{86}Sr$, seguidos de transiciones bruscas a un nuevo valor estable, lo que indica estadías prolongadas en un ambiente y luego la migración a otro con una firma geoquímica distinta. La interpretación combinada de estos patrones sugiere que los peces recorren secuencialmente ambientes tales como: **i)** ríos de llanura (aguas con $^{87}Sr/^{86}Sr$ intermedio, Sr/Ca moderado), **ii)** arroyos o ríos de piedemonte/montaña (aguas a menudo más radiogénicas por provenir de sustratos antiguos, a la par que con Sr/Ca menor si son de baja mineralización), **iii)** valles de inundación y humedales (posiblemente reflejados por variaciones en Ba/Ca en algunos casos, aunque no tan evidentes isotópicamente), **iv)** embalses o tramos bajo influencia de represas (que pueden retener sedimentos y alterar la química, a veces homogenizando la señal aguas abajo), y **v)** el ambiente *estuarino* del Río de la Plata (el cual tiene la firma de $^{87}Sr/^{86}Sr$ más baja de la cuenca y un Sr/Ca elevado debido a la intrusión salina y mayor contenido de solutos) (Figura 4). De hecho, los perfiles de otolito en sábalo y patí sugieren que algunos individuos incursionan en

el estuario durante sus fases juvenil o reproductiva, lo cual coincide con observaciones de campo de estas especies tolerando condiciones mesohalinas. En conjunto, los registros isotópicos otolíticos delinearon por primera vez un uso del hábitat sumamente complejo en los peces de la Cuenca del Plata, donde no todos los individuos siguen un único patrón de migración, sino que existe plasticidad y múltiples rutas posibles hacia distintos entornos. Esta variedad de estrategias (p. ej., algunos patíes reclutados en tributarios andinos frente a otros en planicies, o dorados que se reproducen en ríos secundarios además de los cauces troncales) tiene importantes implicaciones para su conservación.



FIGURA 4 Diversidad de ambientes y paisajes en el área de estudio. Esta composición ilustra la gran variedad de ecosistemas presentes en la cuenca, desde las cabeceras montañosas hasta su desembocadura en el océano. Se detallan las siguientes condiciones y sitios de estudio: (a) el Alto Río Paraná; (b) el Alto Río Uruguay con rápidos poco profundos y lecho rocoso; (c) el río Pilaya, un tributario andino y árido del Pilcomayo en Bolivia; (d) el río Curupí con su vegetación ribereña; (e) el Paraná Medio, mostrando embarcaciones pesqueras artesanales en la costa; (f) el humedal Bañado la Estrella (río Pilcomayo, Formosa), caracterizado por sus árboles secos y vegetación flotante; (g) la pesca con redes en las aguas someras y amplias del estuario del Río de la Plata; (h) el delta del Paraná, conformado por un mosaico de canales de agua e islas con abundante vegetación flotante; (i) cataratas del Iguazú, mostrando el impresionante salto de agua; y (j) El río Popayán en el Alto Bermejo.



c)



d)



e)



f)



g)



h)



i)



j)

3.5. APORTE DEL COCIENTE SR/CA Y OTROS MARCADORES

La incorporación de la relación Sr/Ca junto con la razón 87Sr/86Sr permitió aumentar significativamente la resolución espacial de los estudios de procedencia y migración, particularmente en sectores de la cuenca donde distintos ríos presentan valores similares de 87Sr/86Sr. En el sábalo (*Prochilodus lineatus*), la combinación de 87Sr/86Sr con Sr/Ca y, en menor medida, Ba/Ca incrementó la capacidad de asignación de individuos a sus ríos de origen, elevando la tasa de clasificación correcta desde aproximadamente 58 % utilizando únicamente 87Sr/86Sr hasta 92,5 % al integrar los marcadores geoquímicos en un modelo discriminante (Avigliano *et al.* 2021). En algunos sectores de la cuenca, la clasificación alcanzó el 100 %, lo que demuestra que la incorporación de elementos traza permite discriminar ambientes geológicamente similares que no pueden diferenciarse únicamente mediante isótopos de Sr. Este comportamiento fue particularmente evidente en regiones donde el Alto Paraná, el Alto Paraguay y otros tributarios presentan firmas isotópicas semejantes, pero difieren en sus relaciones Sr/Ca del agua. En estos casos, el Sr/Ca registrado en el borde de los otolitos mostró una elevada correspondencia con el Sr/Ca del ambiente ($R^2 \approx 0{,}94$), lo que confirma su utilidad como indicador de los movimientos ocurridos durante los últimos meses de vida del pez. Por el contrario, la relación Ba/Ca mostró una asociación más débil entre el agua y los otolitos y aportó escasa información adicional para reconstruir los movimientos en esta cuenca (Avigliano *et al.* 2021). En conjunto, la integración de isótopos radiogénicos con elementos traza permitió construir una huella geoquímica más robusta de

cada ambiente, lo que aumentó considerablemente el poder de resolución de los estudios de conectividad y migración.

Si bien los otolitos constituyen la estructura calcificada más utilizada debido a su crecimiento continuo y naturaleza metabólicamente inerte, diferentes estudios han demostrado que otras estructuras también pueden registrar información geoquímica útil para reconstruir historias de vida. En particular, las espinas de peces han surgido como una alternativa especialmente valiosa para especies amenazadas o de alto valor para la conservación, ya que permiten realizar muestreos no letales. En *Genidens barbus*, especie catádroma catalogada como vulnerable, la composición elemental de las espinas dorsales permitió discriminar poblaciones del Atlántico sudoccidental, con tasas de clasificación de hasta 96 %, cuando se combinaron elementos traza (Li/Ca, Na/Ca, Pb/Ca y Zn/Ca) con Sr/Ca, Ba/Ca, Mg/Ca y Mn/Ca, lo que demuestra que estas estructuras conservan un registro geoquímico suficientemente estable para estudios de estructura poblacional y uso de hábitat (Avigliano *et al.* 2020b).

De manera similar, el análisis de perfiles de 87Sr/86Sr en espinas pectorales permitió reconstruir el origen natal y los desplazamientos de esturiones siberiano (*Acipenser baerii*) y ruso (*A. gueldenstaedtii*) introducidos en la Cuenca del Plata. Los perfiles isotópicos indicaron un origen compatible con establecimientos de acuicultura ubicados en la cuenca del río Uruguay y permitieron identificar migraciones posteriores hacia el río Paraná, lo que demuestra que las espinas pueden registrar cambios de hábitat de forma comparable a los otolitos (Avigliano *et al.* 2023). Estos resultados amplían el uso de estructuras calcificadas alternativas para especies en las que la extracción de otolitos no es posible o resulta indeseable, ya sea por tratarse de especies amenazadas, de alto valor económico o ejemplares provenientes de colecciones científicas, constituyendo una herramienta promisoria para estudios de conectividad, dispersión y manejo de peces. (Avigliano *et al.* 2023).

3.6. CASO DE ESTUDIO – MIGRACIÓN EN RÍO SEMI-FRAGMENTADO

El caso del dorado en el río Carcarañá mostró cómo la combinación de línea base de agua y perfiles de otolitos puede evaluar conectividad en tributarios semi-fragmentados. Los perfiles de *Salminus brasiliensis* indicaron que muchos individuos capturados en el Carcarañá tenían origen compatible con el Paraná y que algunos fueron capaces de superar hasta tres

vertederos abiertos, permaneciendo luego durante años en el tributario e incluso reproduciéndose allí. Al mismo tiempo, el Paraná siguió siendo la fuente principal de reclutas, por lo que la conectividad con el río mayor parece clave para sostener esas poblaciones locales. Este caso también justificó ampliar la línea base hacia Iberá, Carcarañá y alto Bermejo, sectores que no estaban suficientemente caracterizados en el mapa inicial.

4 DISCUSIÓN

4.1. VENTAJAS DEL TRAZADOR $^{87}Sr/^{86}Sr$ EN CUENCAS HETEROGÉNEAS

Los resultados resumidos confirman que la relación isotópica $^{87}Sr/^{86}Sr$ es un excelente *marcador natural* de los movimientos de los peces en la Cuenca del Plata. Dado que los otolitos registran fielmente el valor isotópico del agua ambiente sin fraccionamiento, es posible "leer" en ellos la procedencia geográfica y los desplazamientos de un pez con un notable nivel de detalle espacial. La gran diversidad geológica de la cuenca se traduce en un marcado contraste en los valores de $^{87}Sr/^{86}Sr$ entre regiones, lo que cumple una condición fundamental para que un geomarcador sea útil: debe haber variación ambiental geográficamente estructurada. En efecto, en la Cuenca del Plata existen secciones bien diferenciadas (p. ej., Paraguay vs. Paraná vs. Uruguay vs. estuario) con firmas isotópicas únicas, lo que permitió asignar orígenes y rutas con resolución de cuenca o subcuenca. Esta situación contrasta con cuencas geológicamente más homogéneas, donde el $^{87}Sr/^{86}Sr$ puede ser prácticamente uniforme y, por ende, poco informativo. En el caso del Plata, la herramienta isotópica logró, por primera vez, documentar con certeza fenómenos que antes solo se sospechaban: migraciones de cientos de kilómetros, intercambio de individuos entre cuencas adyacentes y uso de hábitats remotos como áreas de cría. Un aspecto particularmente ventajoso es que el método proporciona una integración temporal de la historia del pez – cada otolito contiene el registro continuo del ambiente desde el nacimiento hasta la captura. Esto es imposible de lograr con métodos tradicionales: por ejemplo, la telemetría revela movimientos en tiempo real, pero suele limitarse a meses o a pocos años de seguimiento y a un área acotada (además de requerir capturar y marcar previamente al animal). En cambio, la "lectura retrospectiva" de otolitos puede realizarse incluso en individuos

capturados en la pesca comercial, maximizando el aprovechamiento de las muestras. Los estudios de Avigliano *et al*. demostraron que, a partir de muestras puntuales de peces, es posible inferir patrones migratorios poblacionales a gran escala, una aproximación de enorme valor para especies cuya gestión concierne a varios países.

4.2. IMPLICACIONES PARA LA ECOLOGÍA Y MANEJO PESQUERO

La identificación de áreas de desove, cría y reclutamiento es un insumo esencial para el manejo y conservación de recursos pesqueros.El estudio del sistema Río del Valle-Bermejito, en el gradiente Yungas-Chaco, es un buen ejemplo (Avigliano *et al.* 2025): los perfiles de sábalo y dorado sugieren que numerosos adultos capturados en áreas protegidas de las cabeceras no habrían nacido allí, sino en sectores bajos o humedales de la llanura chaqueña, correspondientes a áreas productivas, y luego migraron aguas arriba hacia ríos de montaña protegidos. Por lo tanto, para garantizar la conservación del recurso se deben proteger todo el corredor migratorio, entre areas protégeas de altura y las llanuras sin catergorias de protección.

Otro aporte significativo de estos estudios es la demostración de la *plasticidad intraespecífica* de los patrones migratorios. No todos los individuos siguen la misma ruta ni utilizan los mismos hábitats en las mismas proporciones. Esto sugiere que las poblaciones poseen estrategias alternativas (por ejemplo, algunos individuos de dorado pueden residir varios años en un tributario, mientras otros migran anualmente entre el río principal y tributarios). Desde el punto de vista de la ecología de poblaciones, esta plasticidad puede conferir cierta resiliencia ante cambios ambientales locales – es decir, si un hábitat crucial se degrada, al menos parte de la población proviene de otros hábitats. Sin embargo, si las amenazas son generalizadas (por ejemplo, múltiples barreras en todos los tributarios, o contaminación difusa), entonces esa plasticidad no bastará para evitar las mermas poblacionales. En el caso del sábalo, su amplia distribución y múltiples áreas de cría sugieren un alto potencial de compensación, pero a la vez cualquier impacto en la región de la cuenca alta (e.g., contaminación minera en Pilcomayo) podría trasladarse río abajo a la pesquería comercial, no solo vía agua sino vía reducción de reclutamiento. Así, los manejadores deben considerar medidas integrales de cuenca completa, incluyendo monitoreo de calidad del agua y de los sedimentos, protección de corredores fluviales y mantenimiento de caudales ecológicos para permitir las migraciones.

4.3. CONTRIBUCIÓN DE SR/CA Y TRAZADORES MÚLTIPLES

La inclusión de la relación Sr/Ca en los análisis (y, potencialmente, de otros elementos traza) constituye una importante mejora metodológica, evidenciada en 2021 por Avigliano *et al*. Como se discutió, la relación $^{87}Sr/^{86}Sr$ por sí sola puede ser insuficiente para distinguir entre dos ríos geológicamente similares. En la Cuenca del Plata esto ocurrió en sectores específicos, y la medición de Sr/Ca complementó el panorama al reflejar la *química* del agua además de su isotopía. Un ejemplo claro fue el noroeste (con ríos todos de aguas "duras" sobre basamento precámbrico), donde los isotopos eran uniformes, pero uno de los ríos presentaba Sr disuelto más abundante, lo cual quedó capturado en un Sr/Ca de otolito más alto. Esta integración permitió lograr clasificación perfecta de algunos ríos que antes se confundían. Por tanto, para futuros estudios en cuencas complejas, se recomienda adoptar un enfoque *multitrazador* siempre que sea posible: medir no solo $^{87}Sr/^{86}Sr$, sino también Sr/Ca, Ba/Ca, u otros proxies (como isotopía de otros elementos si estuviera disponible, o relaciones de elementos raros). Cabe señalar que la Sr/Ca en otolitos también se ha usado ampliamente para distinguir movimientos entre agua dulce y salada, dado que aumenta marcadamente en ambientes estuarinos o marinos (debido a la mayor concentración de Sr respecto al Ca). En nuestro contexto, ninguno de los peces estudiados es anádromo, pero sí incursionan en el estuario donde el Sr/Ca elevado confirmó dichas incursiones. Igualmente, valores locales de Sr/Ca pueden ayudar a detectar ingresos a lagunas salobres, aguas subterráneas cargadas en minerales, etc., que isotópicamente quizás no difiera pero elementalmente sí.

El Ba/Ca, en cambio, mostró ser menos universal en su utilidad. Aunque en otros estudios se ha empleado Ba/Ca para inferir el uso de ambientes hipopelágicos o el pulso de inundación (pues el bario puede aumentar en aguas anóxicas de planicies inundables), en la Cuenca del Plata los resultados con sábalo no arrojaron correlaciones claras con el agua Avigliano *et al*. (2021). Posiblemente el Ba presenta dinámicas más locales y dependientes de condiciones químicas (pH, redox), difíciles de extrapolar a nivel de toda la cuenca, o bien la incorporación de Ba al otolito esté más regulada biológicamente. En cualquier caso, no parece aportar un gran poder discriminante adicional en este sistema.



4.4. LIMITACIONES Y DESAFÍOS DEL ENFOQUE ISOTÓPICO

Si bien los logros de estos estudios son notables, es importante reconocer las limitaciones inherentes y los desafíos pendientes al emplear $^{87}Sr/^{86}Sr$ para rastrear peces. En primer lugar, la resolución espacial del método depende críticamente de la calidad y la extensión de la línea base geoquímica. Las regiones de la cuenca con escasa caracterización (pocos datos de agua disponibles) quedan como "zonas grises" en las que interpretar un valor de otolito resulta ambiguo. Avigliano *et al.* enfatizaron en 2020, la necesidad de ampliar el conocimiento espaciotemporal de los marcadores geoquímicos en ciertas áreas de la Cuenca del Plata, notando que ello supone un reto económico y logístico importante. Por ejemplo, la confluencia de grandes ríos con regímenes hidrológicos distintos (diferente proporción estacional de aportes) puede generar variaciones temporales en la química que complican la interpretación de los otolitos. Si un pez transita por una zona de confluencia donde las aguas se mezclan, su otolito podría registrar un valor intermedio, difícil de asignar de manera unívoca a una u otra fuente. Asimismo, cambios estacionales en $^{87}Sr/^{86}Sr$ del agua podrían ocurrir en algunas locaciones (por ejemplo, el estudio con bivalvos detectó una ligera diferencia estacional en la desembocadura del Uruguay). En la mayoría de los sitios evaluados no se hallaron variaciones significativas entre estaciones en la relación $^{87}Sr/^{86}Sr$, lo que indica que este marcador tiende a ser bastante estable anualmente – una ventaja considerable. No obstante, para mejorar la precisión sería ideal contar con muestreos de agua en distintas épocas del año y en diversos caudales, especialmente en aquellos tributarios o tramos donde confluyen aguas de distinta procedencia (p.ej., en épocas de crecidas extraordinarias podría cambiar la proporción de contribuyentes).

Otra limitación surge cuando *diferentes ambientes comparten firmas isotópicas muy similares*. Esto ya se mencionó para grandes ríos geológicamente similares, pero también puede ocurrir a menor escala: p. ej., dos arroyos vecinos drenando suelos similares pueden ser indistinguibles isotópicamente. En estos casos, un pez que migra entre ellos no mostraría un cambio apreciable en la relación $^{87}Sr/^{86}Sr$ en su otolito, lo que podría dar la falsa impresión de *residencia* continua en un solo lugar. Trabajos recientes han propuesto métodos para abordar esta incertidumbre, como el análisis de *umbrales* de variabilidad isotópica en otolitos para definir cuándo un pez debe considerarse migrador o residente. Por ejemplo, un metaanálisis de múltiples estudios sugirió que si la variabilidad isotópica dentro del otolito supera ~30% de la variabilidad ambiental disponible, es muy probable que el pez sea migrador, mientras que variaciones menores al ~8% indicarían

sedentarismo. Aunque estas cifras proporcionan un criterio cuantitativo general, la aplicación requiere haber caracterizado adecuadamente la variación ambiental máxima en la región de estudio, lo que vuelve al punto de la necesidad de líneas base robustas. Se podrían desarrollar modelos de aprendizaje para espinas que podrían integrar: microimagen de la sección, concentración elemental por LA-ICP-MS, razón Sr/Ca, tamaño corporal, edad estimada, hidrología local, isoscape regional y, cuando exista, $^{87}Sr/^{86}Sr$ medido en submuestras de validación. Ese modelo produciría una estimación probabilística de la razón isotópica esperada y también, una probabilidad de pertenencia a cada subcuenca.

Otra exploración interesante es el uso de organismos *bioindicadores* que registren la química del agua de forma continua. En Avigliano *et al*. (2024) investigaron si las conchas del mejillón dorado (*Limnoperna fortunei*), un bivalvo invasor ampliamente distribuido en la cuenca, podían servir como análogos de otolitos ambientales. Encontraron que las conchas de estos bivalvos efectivamente incorporan $^{87}Sr/^{86}Sr$ en equilibrio con el agua (R^2 ~0.96 entre concha y agua), y aunque para Sr/Ca hubo pequeñas diferencias de pendiente posiblemente por factores biológicos, no se detectaron variaciones estacionales marcadas en las conchas en la mayoría de las regiones. Esto sugiere que podrían instalarse redes de bivalvos o analizar conchas recolectadas a lo largo de la cuenca para monitorear en tiempo real la composición isotópica del agua y llenar vacíos en la isoscape, sin los costos elevados de muestreo y análisis del agua. Contar con un mapa isotópico dinámico y de alta resolución espacial ayudaría a resolver ambigüedades en la interpretación de otolitos e incluso a anticipar cambios en las rutas migratorias si, por ejemplo, una represa altera la mezcla de aguas y, por ende, la señal isotópica en el tramo aguas abajo.

4.5. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Siguiendo las recomendaciones de los autores y las necesidades identificadas, se vislumbran varias direcciones para profundizar el uso de $^{87}Sr/^{86}Sr$ en ecología de peces neotropicales:

(1) **Ampliación del muestreo geoquímico** a tributarios menores y a diferentes momentos hidrológicos, para mejorar la resolución del mapa de isótopos en la Cuenca del Plata – por ejemplo, caracterizar ríos de la margen boliviana (Pilcomayo, Bermejo) y su variación anual;

(2) **Integración de métodos** – combinar la microquímica de otolitos con técnicas complementarias como telemetría electrónica o genética de poblaciones, de modo de validar inferencias de conectividad y distinguir, por ejemplo, si diferentes rutas migratorias corresponden a contingentes genéticos distintos o a plasticidad dentro de la misma población;

(3) **Análisis de efectos de fragmentación** – aplicar este enfoque antes y después de la construcción de nuevas represas (o en tramos actualmente desconectados) para cuantificar la alteración en la migración: los otolitos de peces residentes aguas abajo de una represa podrían revelar la ausencia de señales provenientes de aguas arriba tras el cierre, confirmando la pérdida de conectividad. En ese sentido, estudios en otras cuencas han usado $^{87}Sr/^{86}Sr$ para revelar la reducción de movimientos de peces pequeños en presencia de represas, abriendo camino a evaluar la eficacia de medidas mitigatorias;

(4) **Aplicación a más especies** – hasta ahora se han estudiado principalmente las cuatro especies emblemáticas, pero la cuenca alberga otros migradores grandes (ej. *Zungaro jahu*, *Brycon orbignyanus*) y migradores de menor tamaño (muchas *Prochilodus* y otros Characiformes) que podrían investigarse con este método. De hecho, un estudio reciente sugiere que incluso peces de talla pequeña que migran entre arroyos pueden ser rastreados con $^{87}Sr/^{86}Sr$ (Avigliano *et al*. 2020a), lo cual podría aplicarse a especies forrajeras o de interés para la conservación.

(5) **Monitoreo de cambios ambientales** – dado que los otolitos almacenan información histórica, se podrían analizar otolitos antiguos (por ejemplo, de colecciones de museo o restos arqueológicos) para comparar patrones migratorios actuales vs. históricos. Avigliano *et al*. 2020 b reportaron una primera descripción de la complejidad actual; un siguiente paso podría ser evaluar si esa complejidad disminuyó respecto a, digamos, 50 años atrás antes de grandes represas, lo que daría evidencia directa del impacto antropogénico en las migraciones. Asimismo, vincular la información isotópica con datos de contaminantes en los peces (metales pesados, etc.) puede esclarecer relaciones entre el uso del hábitat y la exposición a la polución.

En definitiva, la aplicación de la relación $^{87}Sr/^{86}Sr$ en peces de la Cuenca del Plata ha abierto una nueva ventana para comprender su dinámica migratoria con un nivel de detalle sin precedentes. Si bien existen desafíos en completar la imagen geoquímica y en sortear limitaciones analíticas, los beneficios en conocimiento ecológico y las posibilidades de manejo adaptativo, informadas por ciencia sólida, son inmensos. Continuar estas investigaciones y expandirlas a nuevos contextos contribuirá a una gestión más efectiva de los recursos pesqueros y a la conservación de la biodiversidad acuática en una de las cuencas fluviales más importantes de Sudamérica.

5 CONCLUSIONES

El uso de la relación isotópica $^{87}Sr/^{86}Sr$ en otolitos se ha consolidado como una herramienta poderosa para reconstruir la historia de desplazamiento de peces migratorios en la Cuenca del Plata. Los estudios recientes de Avigliano *et al.* realizados entre 2019 y 2023, demuestran que, aprovechando la heterogeneidad geoquímica de la cuenca, es posible identificar la procedencia natal de especies clave (sábalo, dorado, pati, surubí) y trazar sus rutas migratorias con alta resolución espacial. Las firmas isotópicas del agua quedan fielmente registradas en los otolitos, lo que permite detectar desplazamientos de largo alcance (> 1000 km) que conectan distintas subcuencas e incluso diferentes países. Se evidenció que estas especies utilizan múltiples entornos durante su ciclo de vida –desde ríos andinos y embalses hasta deltas y estuarios– y que mantienen cierta conectividad aun en presencia de barreras parciales como represas de vertedero. La incorporación de marcadores complementarios como Sr/Ca potenció la capacidad de discriminar hábitats y evidenció matices adicionales en los patrones migratorios.

Estos hallazgos proporcionan información científica sólida para guiar la gestión pesquera regional. En particular, subrayan la necesidad de enfoques de manejo integrados a escala de cuenca y cooperativos entre naciones, dado que las poblaciones de peces trascienden los límites jurisdiccionales. La identificación de áreas de desove y crianza críticas (algunas previamente no reconocidas) ofrece focos concretos de conservación, donde habría que enfocar esfuerzos de protección de hábitat. Asimismo, los resultados destacan la importancia de mantener la conectividad fluvial: asegurar caudales ecológicos, implementar pasos de peces en represas y conservar corredores libres resulta fundamental para la sobrevivencia de estas especies migratorias.



> “Los resultados destacan la importancia de mantener la conectividad fluvial, asegurar caudales ecológicos, implementar pasos de peces en represas y conservar corredores libres resulta fundamental para la sobrevivencia de estas especies migratorias.”

Si bien el enfoque isotópico con $^{87}Sr/^{86}Sr$ conlleva retos (necesidad de una amplia caracterización geoquímica, equipamiento especializado, interpretación cuidadosa en zonas con señales similares), sus beneficios superan ampliamente las limitaciones. Representa una forma de "seguir al pez" a lo largo de toda su vida, algo inalcanzable por otros medios. Hacia futuro, la expansión de este tipo de estudios –incorporando más sitios, más especies y combinando con otras técnicas– permitirá afinar aún más nuestro entendimiento. Por ejemplo, aplicar esta metodología a cuencas fragmentadas por grandes represas podría cuantificar pérdidas de conectividad y guiar acciones mitigadoras; del mismo modo, explorar archivos alternativos (espinas, conchas) y desarrollar mapas isotópicos predictivos robustos mejorará la precisión en la asignación de orígenes, incluso en tributarios poco muestreados.

En conclusión, la relación $^{87}Sr/^{86}Sr$ se erige como un marcador natural sumamente valioso en la ecología pesquera fluvial. En la Cuenca del Plata, su aplicación ha revelado una dinámica migratoria más compleja de lo imaginado, aportando conocimiento clave para manejar de forma sostenible las pesquerías y conservar el patrimonio íctico. Las migraciones de peces neotropicales, antes crípticas, están comenzando a "escribirse" en el lenguaje de los isótopos de estroncio, y la traducción de ese lenguaje nos capacita para tomar decisiones de manejo mejor informadas en uno de los ecosistemas fluviales más importantes de Sudamérica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Avigliano E *et al*. (2020a). Strontium isotopes ($^{87}Sr/^{86}Sr$) reveal the life history of freshwater migratory fishes in the La Plata Basin. River Research and Applications, 36(9), 1704–1719.

Avigliano E *et al*. (2020b). Fin spine metals by LA-ICP-MS as a method for fish stock discrimination of *Genidens barbus* in anthropized estuaries. Fisheries Research, 230, 105625.

Avigliano E *et al*. (2021). Otolith Sr/Ca ratio complements Sr isotopes to reveal fish migration in large basins with heterogeneous geochemical landscapes. Environmental Biology of Fishes, 104(3), 277–292.

Avigliano E *et al*. (2023). Strontium isotope mapping and its application to study the fish life history (*Salminus brasiliensis*) in semi-fragmented rivers (La Plata Basin). Fisheries Research, 265, 106741.

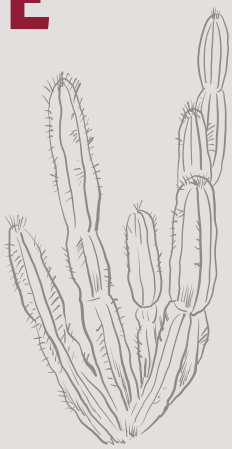
Avigliano E *et al*. (2023). Siberian and Russian sturgeon natal origin in South America: Fish farm or established population? Austral Ecology, 48, 1–11.

Avigliano E *et al*. (2023). Environmental history of one of the largest freshwater neotropical fish (*Zungaro jahu*) from otolith isotopic analysis. River Research and Applications, 39, 887–896.

Avigliano E *et al*. (2024). An invasive bivalve with the potential to reconstruct chronologies of geomarkers in a large South American basin. Environmental Science and Pollution Research, 31, 32060–32071.

Avigliano E *et al*. (2025). Fish migration patterns in semi-isolated and seasonally variable freshwater systems from the Yungas Forest to the Chaco Plain (South America). River Research and Applications, 42, 311–324.

SOLO E MEIO AMBIENTE NO BIOMA CAATINGA: SEMEANDO PRÁTICAS EDUCATIVAS EM SR. DO BONFIM-BA



ADRIANA MARIA DOS SANTOS ROCHA PASSOS[1,2*]; WILLIAN MOURA DE AGUIAR[3]; JOSELISA MARIA CHAVES[3***]**

*dryca.lucas@gmail.com **willianaguiar@uefs.br *** joselisa@uefs.br

1. Centro Estadual de Educação Profissional Professor Paulo Batista Machado (PROFCIAMB- UEFS), Rua Paulo Braga – Bonfim III, 48970-000 Sr. do Bonfim, Bahia, Brasil
2. Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS, Mestrado em Ciências Ambientais), Avenida Transnordestina, s/n Bairro Novo Horizonte, 44036-900 Feira de Santana, Bahia, Brasil
3. Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Avenida Transnordestina, s/n Bairro Novo Horizonte, 44036-900 Feira de Santana, Bahia, Brasil

RESUMO

A Caatinga, reconhecida como Floresta Tropical Seca, apresenta grande biodiversidade e riqueza sociocultural, mas ainda sofre com degradação, desvalorização histórica e baixa proteção ambiental. Esta pesquisa destaca a necessidade de fortalecer as práticas de Educação Ambiental nas escolas do Semiárido, articulando o conhecimento científico, os saberes locais e as vivências territoriais. Com base nas metodologias desenvolvidas, os estudantes desenvolveram maior consciência crítica sobre a conservação e a sustentabilidade. Os resultados evidenciam que a proposta pedagógica adotada favoreceu o protagonismo estudantil e o engajamento socioambiental, formando sujeitos capazes de compreender e atuar de forma responsável no Bioma Caatinga.

PALAVRAS-CHAVE

Bioma Caatinga, Educação Ambiental, Semiárido.

CITAÇÃO RECOMENDADA Passos A, Aguiar W & Chaves J (2025). Solo e meio ambiente no bioma Caatinga: semeando práticas educativas em Sr. do Bonfim-BA. *Lucanus* – Revista de Ambiente e Sociedade, Volume IX, Páginas 132-151.

ABSTRACT
The Caatinga, recognized as a Tropical Dry Forest, presents great biodiversity and sociocultural richness, yet it still faces degradation, historical devaluation, and limited environmental protection. This study highlights the need to strengthen Environmental Education practices in the schools of the Brazilian Northeast by integrating scientific knowledge, local wisdom, and territorial experiences. Through implemented methodologies, students developed greater critical awareness regarding conservation and sustainability. The results show that the adopted pedagogical approach enhanced student protagonism and socio-environmental engagement, fostering individuals capable of understanding and acting responsibly within the Caatinga Biome.

KEYWORDS
Caatinga biome, Environmental Education, Semiarid.

1 INTRODUÇÃO

A Caatinga é um bioma singular e inteiramente brasileiro. O que muita gente desconhece é que se trata de uma floresta tropical seca, pertencente ao grupo das Florestas Tropicais Sazonalmente Secas (SDTF). Apesar da existência de SDTF em outras regiões do mundo, a Caatinga, com suas características ecológicas e socioculturais próprias, ocorre apenas no Brasil: "*A Caatinga é a única grande região natural brasileira cujos limites estão inteiramente restritos ao território nacional*" (Leal *et al.* 2005).

Muitas vezes, o termo "*Caatinga*" é confundido com "Semiárido"; portanto, faz-se necessário esclarecer a diferença entre ambos. Na verdade, o Semiárido Brasileiro, segundo o Ministério do Meio Ambiente (2016), é um conceito político, delimitado legalmente por meio de Portaria do Governo, enquanto a Caatinga é um ecossistema/bioma brasileiro. No entanto, o Ministério de Desenvolvimento Regional (MDR) e a Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) enfatizam que o Semiárido, envolve todo o território da Caatinga e mais aqueles municípios que atendem aos critérios políticos definidos pelo MDR e pela SUDENE (Brasil 2016). O bioma Caatinga, assim como os demais biomas, possui uma estrutura funcional própria, dinâmica e autorreguladora. Queiroz *et al.* (2017) ressaltam que a Caatinga

apresenta um mosaico de fisionomias moldadas por variações regionais de topografia, precipitação e tipos de solo, o que evidencia que não se trata de um bioma homogêneo. O bioma cobre a maior parte dos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e parte do norte de Minas Gerais, no Vale do Jequitinhonha. De acordo com dados do IBGE (2024), a Caatinga faz limite com os biomas Cerrado, Mata Atlântica e Amazônia e ocupa uma área de 862.818 km², o que corresponde a 10,1% do território brasileiro.



FIGURA 1 Vista parcial da área conservada da Caatinga (período de estiagem) no Assentamento Jiboia, em Senhor do Bonfim – BA.

Durante muito tempo, a Caatinga foi retratada como um ambiente pobre, seco e sem vida. No entanto, essa concepção reflete desconhecimento de sua complexidade ecológica. Pesquisas demonstram que o grau de endemismo no bioma Caatinga é elevado. Queiroz *et al.* (2017) apontam a ocorrência de pelo menos 3.150 espécies de plantas, distribuídas por 950 gêneros e 152 famílias de angiospermas, das quais 720 são endêmicas. Garda *et al.* (2018) destacam que a riqueza e o grau de endemismo de vertebrados também são expressivos, colocando a Caatinga entre as regiões semiáridas mais biodiversas do mundo. A diversidade de invertebrados é igualmente significativa e, assim como as plantas, esses animais apresentam adaptações específicas às condições ambientais (Figuras 2 e 3).



FIGURA 2
Mandacaru
(*Cereus jamacaru*).



FIGURA 3 Gambá-
-de-orelha-branca
(*Didelphis*
albiventris).

Essa biodiversidade se entrelaça com a história da presença humana na região. A Caatinga é o lar de comunidades que, há milhares de anos, desenvolvem formas próprias de ocupação e de uso dos recursos naturais. Segundo Silva (2025), as datações obtidas por Guidon na região nordestina indicaram uma ocupação humana com aproximadamente 20.000 anos AP, identificada especialmente por pinturas e gravuras rupestres. Assim, trata-se de um bioma que abriga tanto uma rica diversidade biológica quanto um patrimônio cultural e histórico de grande relevância. Apesar dessa importância, a Caatinga é um dos biomas brasileiros mais desprotegidos. Garda *et al.* (2018) afirmam que apenas 7,5% do bioma está sob alguma forma de proteção em Unidades de Conservação, sendo mais de 98% na forma de áreas de uso sustentável, nomeadamente Área de Proteção Ambiental (APA) e apenas 1,13% como áreas de proteção integral. Essa baixa proteção está diretamente relacionada a uma visão historicamente equivocada de que a Caatinga teria baixa diversidade e pouca relevância para a conservação. Além da proteção insuficiente, o bioma enfrenta processos acelerados de degradação e de desertificação. Albuquerque & Melo (2018) reforçam que, para além das condições ambientais adversas, práticas humanas como a exploração de madeira, queimadas, pastoreio excessivo, desmatamento e monoculturas contribuíram significativamente para a deterioração do bioma. Mais recentemente, novos vetores de degradação têm ganhado destaque, especialmente os grandes empreendimentos de energia renovável. O MapBiomas (2024) identificou que as instalações eólicas e fotovoltaicas já são o segundo maior vetor de desmatamento da Caatinga, com 121 alertas emitidos desde 2020, abrangendo mais de 8 mil hectares.



Nesse cenário, a educação ambiental torna-se fundamental. Nas escolas da região, a temática do bioma Caatinga ainda é abordada de forma pontual, sem continuidade nem articulação com o cotidiano dos estudantes. Feitosa (2011) aponta fragilidades no processo de inserção da educação ambiental nos espaços educativos, o que evidencia a necessidade de ações estruturadas e contínuas. Assim, a escola precisa desempenhar um papel central na formação crítica dos estudantes. A Competência Geral 10 da Base Nacional Comum Curricular (BNCC 2017) enfatiza a importância de agir, pessoal e coletivamente, com responsabilidade, ética e sustentabilidade. Cabe às instituições educativas promover ações interdisciplinares que aproximem o meio ambiente da sociedade, conforme previsto na Lei nº 9.795/99, desenvolvendo projetos que estimulem a compreensão e a valorização do Bioma Caatinga no cotidiano dos estudantes. É nesse contexto que se insere a presente pesquisa, cujo propósito é fortalecer a educação ambiental crítica por meio de vivências contextualizadas. Para isso, busca-se estimular a capacidade crítica e reflexiva dos estudantes sobre as questões de conservação ambiental e de sustentabilidade aplicadas ao Bioma Caatinga, bem como fomentar a capacidade de comunicação, de debate e de criatividade, especialmente por meio de seminários, rodas de conversa e outras práticas dialógicas.

A educação ambiental crítica, conforme defendem Costa *et al.* (2020) e Souza *et al.* (2020), requer estratégias que envolvam estudantes e professores em vivências contextualizadas. Para que a conservação do bioma seja efetiva, é necessário integrar o conhecimento local, a biodiversidade, os desafios ambientais e as políticas públicas. A Agenda 2030 (ONU 2015) destaca que o esgotamento dos recursos naturais e a perda da biodiversidade agravam os desafios globais, reforçando a urgência de ações sustentáveis.

2 EDUCAÇÃO AMBIENTAL: CAMINHOS PARA A CONSERVAÇÃO E VALORIZAÇÃO DA CAATINGA

A Educação Ambiental (EA) surgiu da necessidade de chamar a atenção mundial para os problemas ambientais associados ao modelo de desenvolvimento baseado no consumismo. Segundo Sato (2004), sua primeira definição oficial foi adotada em 1971 pela *International Union for the Conservation of Nature* (União Internacional para a Conservação da Natureza), que definiu a EA como "*Um processo de reconhecimento de valores e clarificação de conceitos, objetivando o desenvolvimento das habilidades e modificando as atitudes em relação ao meio, para entender e apreciar as inter-relações entre os seres humanos, suas culturas e seus meios biofísicos*".

Tais concepções foram posteriormente ampliadas pela Conferência de Estocolmo (1972) e, mais tarde, aprofundadas na Conferência de Tbilisi (1977), considerada um marco na consolidação da EA como campo pedagógico.

No Brasil, a Educação Ambiental integra a Política Nacional do Meio Ambiente pela Lei nº 6.938/1981 e é mencionada na Constituição Federal (1988), no Art. 225, Parágrafo 1º, Inciso VI, que estabelece como dever do Estado "*promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente*". Em 1999, a Lei nº 9.795 instituiu a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), definindo-a como o processo por meio do qual indivíduos e coletividades constroem valores, conhecimentos, habilidades e atitudes voltados para a conservação do meio ambiente e para a melhoria da qualidade de vida.

No Estado da Bahia, a Lei 12.056/2011, regulamentada pelo Decreto nº 19.083/2019, institui a Política Estadual de Educação Ambiental, definindo-a como um conjunto contínuo de processos formativos voltados à sensibilização, à reflexão e à construção coletiva de valores, saberes e práticas sustentáveis.

Para além das bases legais, a Educação Ambiental se concretiza nas práticas sociais e pedagógicas que dão vida às diretrizes estabelecidas em documentos oficiais. Entendida como parte fundamental do processo educativo, a EA deve estar presente em espaços formais e não formais. No contexto escolar, a instituição de ensino desempenha um papel essencial ao aproximar a comunidade do conhecimento e ao promover práticas pedagógicas que favoreçam a compreensão crítica das relações entre a sociedade e a natureza. Para que isso ocorra, é necessário que a EA esteja integrada nos currículos, no Projeto Político-Pedagógico (PPP) e nas formações docentes.

Reigota (2002) destaca que a tendência da EA nas escolas não é torná-la apenas mais uma disciplina, mas consolidá-la como uma filosofia educativa presente em todas as áreas do conhecimento. Por ser transdisciplinar, a EA deve promover mudanças sociais e culturais significativas. Reigota (1998) ainda enfatiza que sua perspectiva permanece como uma proposta radical de educação, não por rebeldia, mas pela urgência ecológica e histórica do nosso tempo. Nesse sentido, surge a questão: de que forma a Educação Ambiental pode contribuir para a conservação da Caatinga? A falta de conhecimento sobre esse bioma tem resultado em sua exploração contínua, especialmente no que diz respeito à biodiversidade. Santana e Souto (2006) alertam que práticas como a pecuária intensiva, a agricultura desordenada e a retirada de madeira podem levar a processos irreversíveis de degradação ambiental. O Projeto *No Clima da Caatinga*, patrocinado pela PETROBRAS e que atua na conservação da Caatinga desde 2011, reforça que o uso de lenha como fonte de energia para famílias e empresas de pequeno, médio e grande porte é um aspecto fundamental para o desmatamento da Caatinga. Este quadro está associado à pobreza das comunidades rurais e urbanas e à atuação ineficaz das instâncias federais, estaduais e municipais na fiscalização e na punição de indústrias que utilizam lenha proveniente de madeireiras ilegais como fonte de energia.

A EA, portanto, torna-se um caminho para a formação de cidadãos críticos, capazes de repensar a relação com o ambiente e de propor soluções sustentáveis. A escola assume um papel central como mediadora dessas reflexões, articulando discussões sobre política, sociedade, ética e justiça ambiental. O professor, enquanto educador ambiental, deve estar preparado e receptivo a tais diálogos.

Além disso, é fundamental que os conhecimentos sobre a Caatinga ultrapassem os muros da escola. Alves *et al.* (2020) afirmam que a inserção da EA para convivência com o semiárido pode favorecer o desenvolvimento sustentável da região. Tabarelli *et al.* (2018) complementam, defendendo um futuro para a Caatinga baseado em ações que promovam uma relação harmônica entre pessoas e natureza, sustentada pela inclusão social, pela conservação da biodiversidade e pela boa governança.

3 A IMPORTÂNCIA DE UMA EDUCAÇÃO CONTEXTUALIZADA PARA A CONSERVAÇÃO DA CAATINGA

Historicamente, a educação brasileira atendeu apenas a uma parcela da população, deixando muitos sujeitos à margem do acesso ao ensino. Ferreira Jr. (2010) enfatiza que durante a República Velha no Brasil, a educação não era para todos, pois os grupos escolares, particularmente por serem urbanos, continuaram sendo instituições de ensino elitistas, na medida em que os filhos de ex-escravos e os pobres brancos ficaram excluídos da escolaridade. Quando ofertada, sobretudo na região semiárida, essa educação frequentemente reforçou a desvalorização do bioma Caatinga e de seus povos. Conforme aponta Malvezzi (2016), trata-se de uma educação que trabalha conteúdos e metodologias alheios ao ambiente do Semiárido, muitas vezes replicando preconceitos e estigmas em materiais didáticos e paradidáticos, perpetuando uma visão negativa e equivocada sobre a região.

No processo de ensino-aprendizagem, os livros didáticos desempenham um papel central, especialmente na escola pública, onde frequentemente são a única fonte de estudo acessível aos alunos. Cassab & Martins (2008) observam que, devido às condições socioeconômicas dos estudantes e às limitações de infraestrutura das escolas, o livro didático torna-se, muitas vezes, o principal mediador do conhecimento escolar. Assim, torna-se urgente analisar criticamente seu conteúdo, a fim de evitar a reprodução de informações distorcidas. Schistek (2013), por exemplo, aponta a presença de um livro didático que trazia como legenda de uma imagem da Caatinga no período de estiagem o termo "*Caatinga morta*", quando, na verdade, as espécies vegetais apenas se encontravam em processo de dormência, aguardando a chuva para florescerem novamente.

Diante disso, evidencia-se a necessidade de uma proposta pedagógica que dialogue com a realidade local: a Educação Contextualizada. Para compreender sua importância, é preciso, antes, entender o que significa educação contextualizada.

3.1. O QUE É EDUCAÇÃO CONTEXTUALIZADA?

Segundo Silva (2010), contextualizar significa problematizar o objeto de estudo a partir dos conteúdos curriculares, vinculando-os à realidade e retornando a ela com um novo olhar. Baptista & Campos (2013) reforçam essa perspectiva, afirmando que a educação contextualizada parte da vida concreta, reconhecendo seus limites e potencialidades, bem como as pessoas como produtoras de conhecimento. Fonseca (2016) complementa, destacando tratar-se de uma prática efetiva no processo de ensino-aprendizagem. Embora o termo não conste explicitamente na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB 9394/96), esta garante que o currículo deve contemplar a diversidade cultural, considerar as características regionais e valorizar a realidade dos estudantes. Desse modo, a educação contextualizada encontra respaldo legal ao afirmar que a escola deve contribuir para a formação crítica por meio do diálogo, da mediação e da reflexão docente. Costa & Ribeiro (2019) ressaltam que, apesar de sua singularidade ecológica e cultural, a Caatinga ainda é pouco contemplada nos materiais didáticos. Isso compromete a formação dos estudantes do Semiárido, que deixam de reconhecer e valorizar o próprio território como espaço de conhecimento, de vida e de pertencimento.

> “A Caatinga é o lar de comunidades que, há milhares de anos, desenvolvem formas próprias de ocupação e de uso dos recursos naturais.”



3.2. EDUCAÇÃO CONTEXTUALIZADA, INTERDISCIPLINARIDADE E EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Medeiros & Batista (2014) destacam que a escola desempenha um papel fundamental na construção do conhecimento sobre o bioma Caatinga, sendo necessárias práticas educativas contextualizadas e interdisciplinares para promover o resgate e a valorização desse bioma. Em muitos territórios, iniciativas de convivência com o Semiárido avançam lentamente, mas apresentam significativo potencial de fortalecimento (Baptista & Campos 2013), graças à atuação de organizações como a Articulação no Semiárido Brasileiro (ASA), Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER), Articulação Nacional de Agroecologia (ANA) e a Rede de Educação do Semiárido Brasileiro (RESAB), que desenvolvem formações, publicações, intercâmbios e mobilizações que contribuem para a agroecologia e para a construção de saberes territorializados.

A educação contextualizada também se articula com a educação ambiental, especialmente ao abordar temas como a conservação dos recursos naturais, o uso sustentável da água, as sementes crioulas e as práticas agroecológicas. Baptista & Campos (2013) enfatizam que, ao não depredar o solo, valorizar a cultura do povo sertanejo e resgatar sua autoestima e identidade, já se está promovendo educação ambiental, mesmo que isso não seja explicitamente nomeado dessa forma. Pereira (2013) reforça que a contextualização deve envolver a comunidade, respeitando suas tradições, festas, culinária e expressões culturais, fortalecendo o sentimento de pertencimento. Entretanto, a autora reconhece que ainda persistem desafios significativos, sobretudo nas instituições escolares formais. Apesar das dificuldades, reconhece-se que os avanços são irreversíveis. Como afirmam Baptista e Campos (2013, p. 95): "*Se for verdade que muito ainda falta para que tenhamos uma educação contextualizada, é verdade também que o caminho trilhado é largo e valioso e que o caminho de volta é irreversível.*" Assim, a educação contextualizada requer um olhar atento e sensível do educador, na medida em que o ensino se torna interdisciplinar ao relacionar aspectos ecológicos, culturais, históricos, sociais e econômicos do bioma Caatinga, articulando saberes científicos e tradicionais para a formação crítica dos estudantes.

4 PERCURSO METODOLÓGICO

O percurso metodológico deste estudo foi desenvolvido com base em uma abordagem interdisciplinar articulada à Educação Ambiental, considerando a importância de trabalhar o bioma Caatinga nas escolas situadas no semiárido, especialmente nas que ofertam cursos técnicos profissionalizantes. De acordo com Souza *et al.* (2020), no Ensino Médio Integrado à Educação Profissional, a Educação Ambiental deve ser compreendida como prática formativa que contribui para o desenvolvimento de uma consciência crítica acerca da relação entre sociedade, natureza e trabalho, possibilitando que os estudantes analisem os impactos socioambientais de seu território e atuem de forma responsável em sua realidade.

Nesse sentido, desenvolver práticas educativas que valorizem o bioma Caatinga no âmbito da Educação Profissional torna-se fundamental, uma vez que os estudantes desses cursos estão diretamente vinculados a áreas do conhecimento que dialogam com os processos de uso, manejo e conservação dos recursos naturais. Assim, o projeto desenvolvido no Centro Estadual de Educação Profissional Professor Paulo Batista Machado, em Senhor do Bonfim (BA) com estudantes dos Cursos Técnicos em Meio Ambiente e Nutrição, buscou integrar conhecimentos técnicos e ambientais, aproximando teoria e prática.

As ações foram realizadas entre o segundo semestre de 2023 e o primeiro semestre de 2024, envolvendo atividades como: aulas expositivas sobre a ecologia e especificidades da Caatinga; aula de campo no Assentamento Jiboia (Senhor do Bonfim-BA) para reconhecimento de espécies vegetais; elaboração de álbum botânico com identificação científica das espécies; realização de seminários temáticos; rodas de conversa; produção de cartões digitais para redes sociais; confecção de cartão-semente com sementes da Caatinga, a partir de técnicas de reaproveitamento de materiais da própria escola e *ecoballs* (bombas de sementes). Todas essas etapas visaram ampliar o conhecimento sobre o bioma, bem como fomentar a reflexão crítica e o engajamento efetivo no cuidado, no manejo sustentável e na conservação da Caatinga (Tabela 1).

Etapa	Descrição da Atividade	Objetivos	Período	Produtos/ Resultados
1. Aulas teóricas sobre a Caatinga	Exposição dialogada sobre ecologia, biodiversidade e aspectos socioculturais da Caatinga.	Compreender as características e a importância do Bioma.	2.º semestre de 2023	Fundamentação conceitual dos estudantes.
2. Aula de campo no assentamento Jiboia	Observação direta de espécies vegetais e registro fotográfico.	Relacionar teoria e prática; reconhecer espécies em ambiente natural.	2.º semestre de 2023	Produção de registros e vivência territorial.
3. Pesquisa e identificação científica das espécies	Uso de materiais botânicos e de plataformas de consulta científica.	Desenvolver autonomia investigativa e sistematização científica.	2.º semestre de 2023	Elaboração de álbum botânico digital e impresso.
4. Seminários temáticos e rodas de conversa	Debates sobre conservação, preconceito contra a Caatinga e sustentabilidade.	Estimular o pensamento crítico e a consciência socioambiental.	Início de 2024	Ampliação da reflexão coletiva e argumentativa.
5. Produção de Material Educativo	Criação de *cards* digitais para redes sociais e elaboração de cartão-semente e de *ecoballs*.	Socializar o conhecimento; promover engajamento comunitário.	1.º semestre de 2024	Divulgação nas redes e distribuição na Feira Científica.

TABELA 1 Etapas da Pesquisa Desenvolvida no CEEP Professor Paulo Batista Machado (2023–2024).

> “Trata-se de um bioma que abriga tanto uma rica diversidade biológica quanto um patrimônio cultural e histórico de grande relevância.”

Do ponto de vista epistemológico, adotou-se a abordagem qualitativa, por permitir compreender significados, percepções e relações que emergem das vivências dos participantes. Segundo Minayo (2012), a pesquisa qualitativa trabalha com o universo simbólico e cultural, interpretando fenômenos a partir das narrativas, das construções sociais e das experiências dos sujeitos. Assim, tal abordagem mostrou-se adequada ao objetivo de analisar como estudantes ressignificam seus conhecimentos sobre o bioma a partir de práticas educativas contextualizadas. A investigação também se fundamentou na pesquisa colaborativa, a qual reconhece professores, estudantes e pesquisadores como coautores do processo investigativo. Conforme Desgagné (2007), a pesquisa colaborativa articula teoria e prática, problematizando as ações pedagógicas por meio da reflexão crítica conjunta. Bandeira (2016) ressalta que este tipo de investigação fortalece a unidade entre formação e pesquisa, possibilitando que diferentes atores reconstruam suas práticas. Ibiapina (2016) complementa afirmando que o diálogo e a negociação no cotidiano escolar promovem transformações efetivas no fazer docente, condição essencial para a consolidação da educação contextualizada.

Nesse contexto, o diálogo foi assumido como princípio metodológico fundamental. Para Freire (1996), o diálogo promove o encontro entre sujeitos, reconhecendo-os como produtores de saber, condição indispensável para uma pedagogia crítica. Assim, aos estudantes foi garantido o direito de expressar seus conhecimentos prévios, suas experiências e suas relações cotidianas com o Semiárido, o que resultou em uma aprendizagem significativa e socialmente situada. Além disso, realizou-se uma pesquisa bibliográfica com base em autores que discutem Educação Ambiental Crítica, Convivência com o Semiárido e Ecologia Política. Gil (2008) destaca que a pesquisa bibliográfica permite estabelecer referenciais teóricos que sustentam as análises. Leff (2011), ao abordar a racionalidade ambiental, contribui para compreender a conservação da Caatinga como um processo que envolve não apenas práticas ecológicas, mas também dimensões culturais, identitárias e socioeconômicas.

> “A educação contextualizada encontra respaldo legal ao afirmar que a escola deve contribuir para a formação crítica por meio do diálogo, da mediação e da reflexão docente.”



5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As atividades desenvolvidas ao longo da pesquisa evidenciaram avanços consistentes na compreensão, valorização e ressignificação do bioma Caatinga por parte dos estudantes. A aula de campo, em especial, constituiu um momento formativo privilegiado, pois possibilitou que os alunos observassem diretamente os elementos da paisagem, reconhecessem a vegetação nativa e identificassem características ecológicas que muitas vezes passam despercebidas no cotidiano (Figuras 4 e 5).



FIGURA 4 Visita ao Assentamento Jiboia.



FIGURA 5 Foto da árvore de juazeiro.

Essa vivência rompeu com a visão estereotipada de uma Caatinga "pobre", "seca" ou "sem vida", revelando sua complexidade biológica e promovendo a construção de aprendizagens significativamente ancoradas na relação entre teoria e prática, ressaltando que a aula de campo foi realizada no período de estiagem; ainda assim, percebe-se a riqueza biológica desse ecossistema. O registro fotográfico, a coleta de informações e a catalogação das espécies atuaram como instrumentos que estimularam a curiosidade científica e fortaleceram a autonomia investigativa dos estudantes, permitindo que compreendessem a produção do conhecimento como um processo ativo, situado e contínuo. A partir daí foi possível confeccionar um álbum com as plantas da Caatinga que foram fotografadas durante a visita. Os estudantes foram bastante criativos. A capa do álbum foi confeccionada com palha de bananeira. O álbum confeccionado foi apresentado ao público escolar em

dois momentos importantes das atividades escolares: na semana do meio ambiente, realizada na própria instituição, no mês de junho, e na feira científica realizada pelo governo do estado, em conjunto com outras unidades escolares, no mês de agosto, na cidade de Feira de Santana-BA (Figuras 6 e 7).



FIGURA 6 Estudantes apresentando o álbum à comunidade escolar.



FIGURA 7 Estudantes apresentando o álbum na feira promovida pelo governo do estado da Bahia.

A ampliação dessas aprendizagens também ocorreu nos momentos de socialização e de diálogo em sala de aula. Os debates, rodas de conversa e apresentações de seminários proporcionaram um espaço reflexivo em que os alunos puderam compartilhar percepções, levantar hipóteses, estabelecer conexões e aprofundar questões relacionadas aos aspectos ambientais, sociais e culturais do semiárido. Essas interações favoreceram não apenas a troca de saberes, mas também a capacidade dos estudantes de compreender a realidade com um olhar crítico, reconhecendo os desafios ecológicos e socioeconômicos vivenciados pelas comunidades da Caatinga. Nessa perspectiva, a Educação Ambiental Crítica tornou-se um eixo estruturador das discussões, pois incentivou a análise das relações de uso dos recursos naturais, dos conflitos socioambientais e das implicações das escolhas individuais e coletivas para a conservação do território.

Ao articular os conhecimentos científicos com as experiências territoriais, os estudantes passaram a perceber a Caatinga como um sistema dinâmico, diverso e historicamente construído, cujas transformações dependem das práticas sociais e das políticas aplicadas ao semiárido. Assim, compreenderam que a conservação do bioma ultrapassa a esfera ecológica, envolvendo também dimensões culturais, econômicas e éticas que orientam o cuidado com o ambiente. Esse processo consolidou aprendizagens significativas, favoreceu o desenvolvimento da consciência crítica e contribuiu para a formação de sujeitos capazes de refletir sobre seu próprio papel na manutenção da vida e na sustentabilidade do território em que vivem.

Nesse contexto, a confecção de cartões-semente com as sementes da Caatinga, *ecoballs* e conteúdos digitais ampliou esse movimento de aprendizagem, ao possibilitar que os estudantes expressassem criatividade enquanto dialogavam com práticas concretas de conservação. Para a confecção dos cartões sementes, escolhemos plantas da Caatinga, cujas sementes eram pequenas como, por exemplo, o maracujá da caatinga (*Passiflora cincinnata*), mandacaru (*Cereus jamacaru*) e aroeira (*Astronium urundeuva*). Nos cartões produzidos (Figura 8) havia um QR Code que levava para uma página que ensinava o passo a passo de como cultivar o papel-semente. Após essa atividade, surgiu a reflexão: " *O que fazer para dispersar sementes de plantas da Caatinga, cujas sementes são maiores?*". Tivemos a ideia de confeccionar as *Ecoball* (bolas de sementes). Assim, pudemos utilizar sementes de plantas como pau-ferro (*Libidibia ferrea*), licuri (*Syagrus coronata*), juazeiro (*Ziziphus joazeiro*) e umburana de cheiro (*Amburana cearensis*), plantas com potencial forrageiro, alimentício, medicinal e ornamental muito utilizadas na região (Figura 9).



FIGURA 8 Apresentação dos cartões exibidos na Feira Estudantil.



FIGURA 9 Apresentação das bolas com sementes da Caatinga na Feira de Conhecimentos.

As bolas de sementes foram confeccionadas com argila, adubo orgânico e as sementes já mencionadas. Em cada *ecoball* também havia um QR code que direcionava para a página com informações sobre as plantas das sementes utilizadas na confecção das *ecoballs*.

Essas atividades, ao aliarem ação, reflexão e engajamento, reafirmam que a sensibilização ambiental se fortalece por meio de experiências significativas que mobilizam valores, pertencimento e responsabilidade socioambiental. O conjunto dessas ações demonstrou que propostas pedagógicas

contextualizadas são capazes de ampliar o entendimento sobre o bioma e de estimular a adoção de atitudes sustentáveis. Os resultados reforçam a importância da escola como um espaço estratégico de formação para a cidadania ecológica, contribuindo para que os estudantes se tornem sujeitos ativos na defesa da Caatinga.

Os dados analisados convergem com essas observações, reforçando a ideia de que a experiência interdisciplinar favoreceu a aprendizagem significativa. A aula de campo foi especialmente importante por unir percepção sensorial, investigação e reflexão, permitindo que os estudantes compreendessem a Caatinga com base em evidências reais. Essa aproximação ao território ampliou a capacidade de perceber a diversidade que caracteriza o bioma, fortalecendo o vínculo identitário com a região.

Os seminários e as rodas de conversa aprofundaram discussões críticas sobre os fatores que contribuem para a vulnerabilidade da Caatinga. Ao relacionar o conhecimento científico às vivências locais, os estudantes desenvolveram uma compreensão mais ampla sobre sustentabilidade, justiça socioambiental e uso responsável do solo. Esse movimento reflexivo está alinhado ao propósito da Educação Ambiental de promover práticas transformadoras e socialmente comprometidas.

A produção de materiais educativos também desempenhou um papel relevante na socialização do conhecimento. Ao elaborar conteúdos para circulação dentro e fora da escola, os estudantes tornaram-se protagonistas na divulgação de informações sobre o bioma, contribuindo para ampliar o alcance das ações educativas. Essa participação ativa favorece o fortalecimento de uma cultura de valorização da Caatinga no ambiente escolar (Figura 10).



FIGURA 10
Participação dos estudantes na feira do conhecimento da escola.

Dessa forma, a pesquisa demonstra que práticas pedagógicas contextualizadas, articuladas ao Ensino Técnico, têm potencial para fomentar a consciência socioambiental e o protagonismo estudantil. As atividades realizadas contribuíram para consolidar conhecimentos, estimular a reflexão crítica e promover iniciativas voltadas à conservação do bioma Caatinga, evidenciando o papel estratégico da educação na construção de um semiárido mais sustentável.

6 CONCLUSÃO

A pesquisa integrou conhecimentos científicos, práticas pedagógicas contextualizadas e vivências territoriais, fortalecendo a compreensão dos estudantes sobre o bioma Caatinga e sua conservação. As atividades desenvolvidas evidenciaram o potencial da Educação Ambiental no Ensino Médio Integrado à Educação Profissional para promover aprendizagens significativas, críticas e contextualizadas. Experiências como a aula de campo, o álbum botânico e a produção de materiais educativos favoreceram o protagonismo estudantil, a relação entre teoria e prática e o sentimento de pertencimento ao território, em consonância com Freire (1996) e Souza *et al.* (2020), que destacam a importância da reflexão, do diálogo e da consciência transformadora. Os resultados mostram que o ensino contextualizado contribui para superar visões estigmatizadas da Caatinga, valorizar sua riqueza ecológica e sociocultural e fortalecer o compromisso com práticas sustentáveis. Assim, trabalhar esse bioma em cursos técnicos no semiárido é essencial para formar sujeitos críticos e comprometidos com o desenvolvimento sustentável e com a conservação da Caatinga.

> “Desenvolver práticas educativas que valorizem o bioma Caatinga no âmbito da Educação Profissional torna-se fundamental, uma vez que os estudantes desses cursos estão diretamente vinculados a áreas do conhecimento que dialogam com os processos de uso, manejo e conservação dos recursos naturais. ”

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albuquerque UP & Melo FPL (2018). Socioecologia da Caatinga. Ciência e Cultura, 70, 4. Disponível em http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252018000400012. Acesso a 20 de setembro de 2024.

Alves DS *et al.* (2020). Interações ecológicas na Caatinga: uma proposta de sequência didática utilizando seminários e o aplicativo Kahoot. Revbea, 15(6), 133-153.

Bandeira HMM & Araújo FAM (2017). Pesquisa Colaborativa: multirreferenciais e práticas convergentes. Base Nacional Comum Curricular – Educação é a Base. Disponível em http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_publicacao.pdf.

Baptista NQ & Campos CH (2013). Possibilidades de construção de um modelo Sustentável de desenvolvimento no Semiárido. Em: Conti RL & Schoroeder EO (Eds.). Convivência com o Semiárido Brasileiro: Autonomia e Protagonismo Social. IABS, Brasília.

Brasil. Constituição Federal, Brasília, 1988.

_____. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso a 18 de setembro de 2025.

_____. Ministério da Educação – MEC 1996. Lei de Diretrizes e Bases. Lei nº 9.394/96, de 20 de dezembro.

_____.Ministério do Desenvolvimento Regional - MDR 2016. Semiárido Brasileiro. Disponível em https://www.gov.br/mdr/pt-br/noticias/midr-apoia-projeto-para-restauracao-ambiental-no-semiarido. Acesso a 02 de outubro de 2024.

_____. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental. Brasília, DF, 28 abr. Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9795.htm. Acesso a 25 de fevereiro de 2025.

Cassab M & Martins I (2008). Significações de professores de ciências a respeito do livro didático. Ensaio – pesquisa em educação em ciências, 10(1), 1-24

Costa APTPB & Ribeiro AMVB (2019). Importância do estudo da caatinga nas escolas públicas situadas em regiões de predomínio desse bioma. Id on Line Revista Multidisciplinar e de Psicologia, 13(45), 1043-1058.

Costa MCR *et al*. (2020) Contextualização do uso racional da água pelas escolas públicas de Limoeiro do Norte (Ceará, Brasil): Experiência Formativa na Extensão Universitária. Revista Brasileira de Meio Ambiente, 8(1), 30-42.

Desgagné S (2007). O conceito de pesquisa colaborativa: a ideia de uma aproximação entre pesquisadores universitários e professores práticos. Revista Educação em Questão 29(15), 7-35.

Feitosa AAFMA (2011). Percepções ambientais planetárias, educação ambiental e sua inserção no bioma Caatinga. Em: ABÍLIO, Francisco José Pegado (Eds.). Educação Ambiental para o semiárido. João Pessoa: Editora UFPB. pp. 22-36.

Ferreira Jr A (2010). História da Educação Brasileira: da Colônia ao século XX. São Carlos, SP, EdUFSCar.

Fonseca V (2016). Importância das emoções na aprendizagem: uma abordagem neuropsicopedagógica. Rev. Psicopedagogia. Universidade de Lisboa, Oeiras, Portugal. Disponível em http://pepsic.bvsalud.org/pdf/psicoped/v33n102/14.pdf. Acesso a 23 de abril de 2025.

Freire P (2019). Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa. 74ª ed. São Paulo: Paz e Terra.

Garda AA *et al.* (2018). Os animais vertebrados da Caatinga. Ciência e Cultura, 70(4). São Paulo. Disponível em http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252018000400010. Acesso a 20 de setembro de 2024.

Gil AC (2008). Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2024). IBGE define bioma predominante em cada município brasileiro para fins estatísticos. Disponível em https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/40519-ibge-define-bioma-predominante-em-cada-municipio-brasileiro-para-fins-estatisticos. Acesso a 25 de março de 2025.

Ibiapina IMLM (2008). Pesquisa Colaborativa, Investigação, Formação e Produção de Conhecimentos. Líber, Brasília. 136p.

Leal IR *et al*. (2005). Mudando o curso da Conservação da Biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. Em: Megadiversidade, 1(1). Disponível em https://www.academia.edu/23611839/Mudando_o_curso_da_conserva%C3%A7%C3%A3o_da_biodiversidade_na_Caatinga_do_Nordeste_do_Brasil. Acesso a 20 de setembro de 2024.

Leef E (2001). Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder. Vozes, Petrópolis.

Leef E (2004). Racionalidade ambiental: a reapropriação social da natureza. Cortez, São Paulo.

Malvezzi R (2016). Uma conceituação processual e holística da convivência com o semiárido. Em: Santos *et al*. (Eds.). Vivências e Práticas para coabitação no semiárido brasileiro: ensaios e reflexões. – Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido.

MAPBIOMAS Projeto (2025). Relatório anual do desmatamento no Brasil: RAD 2024. 2025. MapBiomas, São Paulo. Disponível em https://alerta.mapbiomas.org/relatorio/. Acesso a 18 de novembro de 2025.

Medeiros MRM & Batista MSS (2014). O ensino do bioma caatinga em uma perspectiva contextualizada e interdisciplinar. Anais I CINTEDI. Campina Grande, Realize Editora. Disponível em https://www.editorarealize.com.br/artigo/visualizar/9015. Acesso a 22 de abril de 2025.

Minayo MCS *et al*. (2012). Análise qualitativa: teoria, passos e fidedignidade. Ciência & Saúde Coletiva. Rio de Janeiro, 17(3), 783-792.

ONU BR – NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL (2015). A Agenda 2030. Disponível em https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/. Acesso a 15 de abril de 2024.

Pereira A (2013). A educação não formal e educação social na ordem do dia: entre conflitos e possibilidades educativas. Revista Metáfora Educacional, 15, 129-148.

Queiroz LP *et al*. (2017). Diversity and evolution of flowering plants of the Caatinga domain. Em: da Silva JC, Leal I & Tabarelli M (Eds.), Caatinga: the largest tropical dry forest region in South America. Springer, pp. 23-63.

Reigota M (1998). Desafios à educação ambiental escolar. Em: Jacobi P *et al*. (Eds.). Educação, meio ambiente e cidadania: reflexões e experiências. SMA, São Paulo, pp. 43-50.

Reigota M (2002). Meio ambiente e representação social. 5ª. ed. SP, Cortez, São Paulo.

Santana JAS & Souto JS (2006). Diversidade e Estrutura Fitossociológica da Caatinga na Estação Ecológica do Seridó-RN. Revista de Biologia e Ciências da Terra, 6(2). Disponível em https://www.redalyc.org/pdf/500/50060215.pdf. Acesso a 25 de fevereiro de 2025.

Sato M (2004). Educação Ambiental. Ed. Santos, RIMA, São Carlos, São Paulo.

Schistek H (2013) . O Semiárido Brasileiro: uma região mal compreendida. Em: Conti IL & Schroeder EO (Eds.). Convivência com o semiárido brasileiro: Autonomia e Protagonismo Social. IABES, Brasília.

Silva AP (2010). O conceito de educação contextualizada na perspectiva do pensamento complexo – um começo de conversa. (Texto apresentado como apoio ao Curso de Especialização em Educação Contextualizada para a convivência com o semiárido brasileiro ofertado pelo CDSA – Campus de Sumé (UFCG).

Silva MA (2025) Datações do homem no Brasil e a arqueologia nacional segundo a perspectiva decolonial. 18(1), e7532. Disponível em https://doi.org/10.54751/revistafoco.v18n1-076. Acesso a 18 de abril de 2026.

Sousa AB (2017). Tecnologias Sociais de Convivência com o Semiárido na Região do Cariri Cearense. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, 34(2), 197-220.

Souza JB *et al* (2020). As dimensões do desenvolvimento sustentável e suas implicações na Educação Ambiental no Ensino Médio integrado à Educação Profissional. Revista Brasileira de Educação Ambiental, 15(4), 308-324.

Tabarelli M. *et al*. (2018). Caatinga: legado, trajetória e desafios rumo à sustentabilidade. Ciência e Cultura, 70(4), 25-29.

DIÁLOGO ENTRE EDUCAÇÃO AMBIENTAL E O NOVO PARADIGMA ECOLÓGICO (NEP): CONSIDERAÇÕES DOS NOVOS RURAIS

ANDREIA REINA CARDOSO[1*]; JULIANA BENTO[2]; MILTON CEZAR RIBEIRO[2,4***]; ROBERTO GRECO[1,3****]**

* a197006@dac.unicamp.br ** juliana.bento-oliveira@unesp.br
*** milton.c.ribeiro@unesp.br **** greco@unicamp.br

1 Faculdade de Educação Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP
2 Instituto Biociências, Departamento Biodiversidade, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus Rio Claro
3 Instituto de Geociência, Departamento de Política Científica e Tecnológica – Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP
4 Centro de Estudos Ambientais, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Campus Rio Claro



RESUMO

Os novos rurais são caracterizados como moradores ou produtores que vivem em áreas rurais e apresentam perfis diversos. Entre eles, estão aqueles que desenvolvem atividades de subsistência e criam pequenos animais, trabalhadores rurais sem-terra, sem emprego fixo e com baixa qualificação, além de agricultores ligados ao agronegócio. Também incluem pessoas que utilizam o espaço rural tanto como local de moradia quanto de trabalho. Em geral, esses moradores possuem uma percepção distinta da relação entre o ser humano e a natureza. O objetivo do trabalho foi compreender as percepções dos produtores e moradores das áreas rurais sobre a Educação Ambiental (EA) e o Novo Paradigma Ecológico (NEP), que mede a consciência ambiental dos entrevistados, bem como entender como esses temas podem influenciar suas vidas. A área de estudo está localizada no Corredor Ecológico Cantareira-Mantiqueira, onde foram visitadas 33 propriedades. Foram realizadas entrevistas semiestruturadas nas quais se avaliou a percepção ambiental e socioambiental. A caracterização ambiental foi realizada por meio de um questionário semiestruturado sobre meio ambiente, renda e a história da área e da vida dos participantes. Os dados

CITAÇÃO RECOMENDADA Cardoso AR, Bento J, Ribeiro MC & Greco R (2025). Diálogo entre educação ambiental e o Novo Paradigma Ecológico (NEP): considerações dos novos rurais. *Lucanus* – Revista de Ambiente e Sociedade, Volume IX, Páginas 152-169.

socioambientais mostram alguns destaques que diferenciam a região de outros locais, como o fato de os entrevistados, em sua maioria, possuírem ensino superior completo e idade mediana (40-55 anos), tendo como justificativa a busca por um lugar mais calmo, melhorias na saúde e no cotidiano. O NEP resultou positivo, apesar de crenças, atitudes, produções e cotidianos diferenciados entre todo o grupo entrevistado. Em se tratando da EA, os entrevistados mostraram além do interesse, a importância de trazê-la desde o início na educação básica para mudanças de consciência e comportamento ambiental, e destacaram que a EA tem que respeitar cada crença e cotidiano, porém sempre com bases científicas, sendo explicativa e de facilidade prática. A EA dos entrevistados levaria em conta os conhecimentos locais, crenças e atitudes e contaria com apoio da ciência e de exemplos práticos.

PALAVRAS-CHAVE
Consciência Ambiental, Educação Ambiental, Novo Paradigma Ecológico, Recursos Naturais, Socioambiental.

ABSTRACT
The new rural population is described as residents/producers of rural areas: who may engage in subsistence activities and small animal husbandry; landless rural workers without fixed employment and without qualifications; agribusiness farmers; and rural areas that serve as both housing and workplace. These residents have a differentiated perception of the relationship between humans and nature. The objective of this work was to understand the perceptions of producers and residents of rural areas regarding Environmental Education (EE) and the considerations of the New Ecological Paradigm (NEP), which measures the environmental awareness of the interviewees, as well as to understand how these themes can influence their lives. The study area is located in the Cantareira-Mantiqueira Ecological Corridor, where 33 properties were visited. Semi-structured interviews were conducted to assess environmental and socio-environmental perception. Environmental characterization was carried out using a semi-structured questionnaire on the environment, income, and the history of the area and the participants' lives, in addition to the questionnaire. The socio-environmental data reveals some key differences between the region and others, such as the fact that most respondents have completed higher education and are between 40 and 55 years old, justifying their search for a calmer place, improved health, and a better daily life. The NEP (National Environmental Education Program) yielded positive results, despite differing beliefs, attitudes, productions, and daily routines among the entire interviewed group. Regarding environmental education, respondents showed not only interest but also the importance of introducing it from the beginning of basic education to change awareness and environmental behavior. They emphasized that environmental education must respect each individual's beliefs and daily routine, but always with a scientific basis, being explanatory and easily practical. The respondents' approach to environmental education would take into account local knowledge, beliefs, and attitudes, and would be supported by science and practical examples.

KEYWORDS
Environmental Awareness, Environmental Education, Natural Resource, New Ecological Paradigm, Socio-environmental.

1 INTRODUÇÃO

A consciência ambiental possibilita a formação de novos valores, crenças e comportamentos, modificando a forma como os indivíduos percebem e interagem com o mundo e, como resultado, o incentivo da construção de modelos cognitivos renovados na relação entre ser humano e ambiente (Soares *et al.* 2004). Nesse âmbito, Dunlap e Van Liere (1978) desenvolveram uma escala destinada a medir o grau de consciência ambiental dos indivíduos, com o propósito de fundamentar uma nova perspectiva de mundo, denominada Novo Paradigma Ambiental (NPA).

A escala originalmente proposta por Dunlap e Van Liere, em 1978, foi posteriormente submetida a revisões e debates sucessivos. Em 2000, os autores, em colaboração com novos pesquisadores, realizaram uma revisão aprofundada do instrumento (Dunlap *et al.* 2000), assim resultando uma nova escala do tipo Likert, que é utilizada em pesquisas com questionários e entrevistas. A escala revisada por Dunlap *et al.* (2000) é dividida em cinco temas: a realidade dos limites de crescimento, o anti-antropocentrismo, a fragilidade do equilíbrio natural, a rejeição da excepcionalidade humana e a possibilidade de uma crise ecológica. Desta maneira mostrando o grau de consciência ambiental através de 15 questões com opções de concordância, discordância e não conhecimento do assunto, sendo cinco dimensões temáticas com três propostas cada que avaliam diferentes aspectos da percepção da consciência ambiental e expressam novas visões de mundo por meio de crenças, atitudes e comportamentos. Este conjunto de itens constitui o denominado Novo Paradigma Ecológico (NEP).

Assim, a escala NEP indica que o ser humano, mesmo tendo características intrínsecas, possui interdependência com outras espécies, dependendo e competindo com elas para a sobrevivência, mostrando que, mesmo com a influência da sociedade e das culturas, a lei da natureza ainda pode prevalecer e indicar o limite para o crescimento da sociedade (Catton & Dunlap 1980).

Nessa condição, a Educação Ambiental (EA) se caracteriza como uma ferramenta fundamental para incluir esses aspectos ecológicos nas práticas socioeducacionais. O propósito central é promover a vivência ambiental e fortalecer a relação entre o ser humano e a natureza por meio de processos de integração social. Portanto, busca-se proporcionar experiências que sensibilizem os indivíduos para a importância da conservação e dos limites ecológicos, favorecendo o desenvolvimento de uma compreensão mais pro-

funda acerca da interdependência entre as ações humanas e o meio ambiente (Capra 1996, Carvalho 2013).

As atividades propostas, tais como visitas a ambientes naturais e a participação em grupos comunitários, são estruturadas de modo a contribuir para o enfrentamento de desigualdades sociais e para o fortalecimento de sensações de harmonia e bem-estar subjetivo. Ao favorecer a liberdade intelectual, a ação orientada por princípios próprios e a construção de critérios individuais de vida, a EA possibilita a internalização dos pressupostos do NEP, promovendo uma compreensão mais ampla e integrada da relação entre sociedade e meio ambiente (Reigota 1997). Assim, a EA não apenas incorpora os princípios do NEP, mas também os torna operacionais, facilitando a transformação de percepções ecológicas em práticas concretas que favorecem a sustentabilidade e a justiça social.

Abordagens ambientalmente responsáveis, socialmente viáveis e sustentáveis devem contribuir para a redução da pobreza, a conservação dos recursos naturais e da biodiversidade, bem como para o enfrentamento dos desafios ambientais contemporâneos. Ademais, torna-se imprescindível o fortalecimento das comunidades rurais, preservando a complexidade das interações entre sociedade e natureza, a fim de promover um desenvolvimento equilibrado e sustentável (Zakrzevski 2004).

Nesse contexto, torna-se imprescindível fortalecer as comunidades rurais, preservando a complexidade das interações entre sociedade e natureza, de modo a promover um desenvolvimento equilibrado e sustentável. Além disso, a valorização dos saberes locais, associada à adoção de práticas agroecológicas e ao fortalecimento da agricultura familiar, contribui para a conservação dos ecossistemas e para a melhoria da qualidade de vida das populações rurais. Estudos recentes destacam que as comunidades rurais desempenham papel fundamental na gestão sustentável dos recursos naturais, na segurança alimentar e na construção de estratégias de desenvolvimento territorial baseadas na sustentabilidade ambiental e na inclusão social (Galvanese *et al.* 2023, Ramos *et al.* 2024).

Ao integrar teoria e prática, a EA mostra-se a melhor ferramenta para transformar a percepção ecológica em ações ativas e concretas que beneficiam tanto as comunidades quanto o meio ambiente. Sendo assim, o presente estudo avaliou a percepção ambiental dos moradores e produtores rurais que residem no Corredor Ecológico da Cantareira-Mantiqueira e mediu sua consciência ambiental com a natureza através da aplicação do NEP, avaliando suas atitudes, comportamentos e crenças em relação ao meio ambiente.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo foi o Corredor Ecológico Cantareira-Mantiqueira, que abrange dois dos maiores fragmentos contínuos de vegetação nativa da Mata Atlântica, correspondentes às Serras da Cantareira e da Mantiqueira. Atualmente, é a área de pesquisa do grupo de Pesquisa Ecológica de Longa Duração Corredor Ecológico Cantareira-Mantiqueira (PELD CCM), que investiga o efeito da paisagem sobre a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos. O Corredor Ecológico abrange 42 municípios; para a presente pesquisa, foram selecionados 11 municípios situados em áreas de proteção ambiental. A região inclui parte dos dois maiores fragmentos de vegetação nativa contínua de Mata Atlântica que correspondem a Serras da Cantareira e da Mantiqueira. Assim, quase 30% da área é composta por fragmentos florestais, com florestas secundárias que se regeneram após o abandono de plantações de café e chá no final do século XIX (Montagnana *et al.* 2021). A paisagem é um mosaico de áreas de pastagens, agricultura, como cana-de-açúcar, milho, pêssegos e uvas; silvicultura com pinus e eucalipto; e áreas urbanas (Barros *et al.* 2019, Ramos *et al.* 2020).

A área de atuação do PELD CCM está distribuída em 20 paisagens, totalizando 200 pontos amostrais, o que corresponde a 10 pontos por paisagem (Figura 1). Para o presente estudo, foram considerados apenas os pontos localizados em propriedades rurais. Dessa forma, foram selecionados 52 pontos amostrais, distribuídos em 33 propriedades rurais inseridas nas paisagens destacadas em negrito (Figura 1). A seleção desses pontos foi realizada com base na presença e na extensão de áreas de cobertura florestal nas propriedades, incluindo Áreas de Preservação Permanente (APPs), Reservas Legais (RLs) e áreas de reflorestamento. Esse critério permitiu contemplar propriedades com diferentes níveis de conservação da vegetação nativa, possibilitando uma análise mais abrangente da relação entre os proprietários rurais e os remanescentes florestais na região de estudo.

Entre julho de 2022 e agosto de 2023, foram feitas entrevistas presenciais em 33 propriedades com os moradores e produtores rurais da região, dentre estas, 26 entrevistados já eram contatos do grupo PELD CCM, e sete foram indicados por esses contatos. A técnica utilizada para a identificação de novos informantes, conhecida como “bola de neve” (Flink 2009), consiste em solicitar aos participantes referências de novos informantes com características desejadas, até que se atinja o número necessário de coletas.

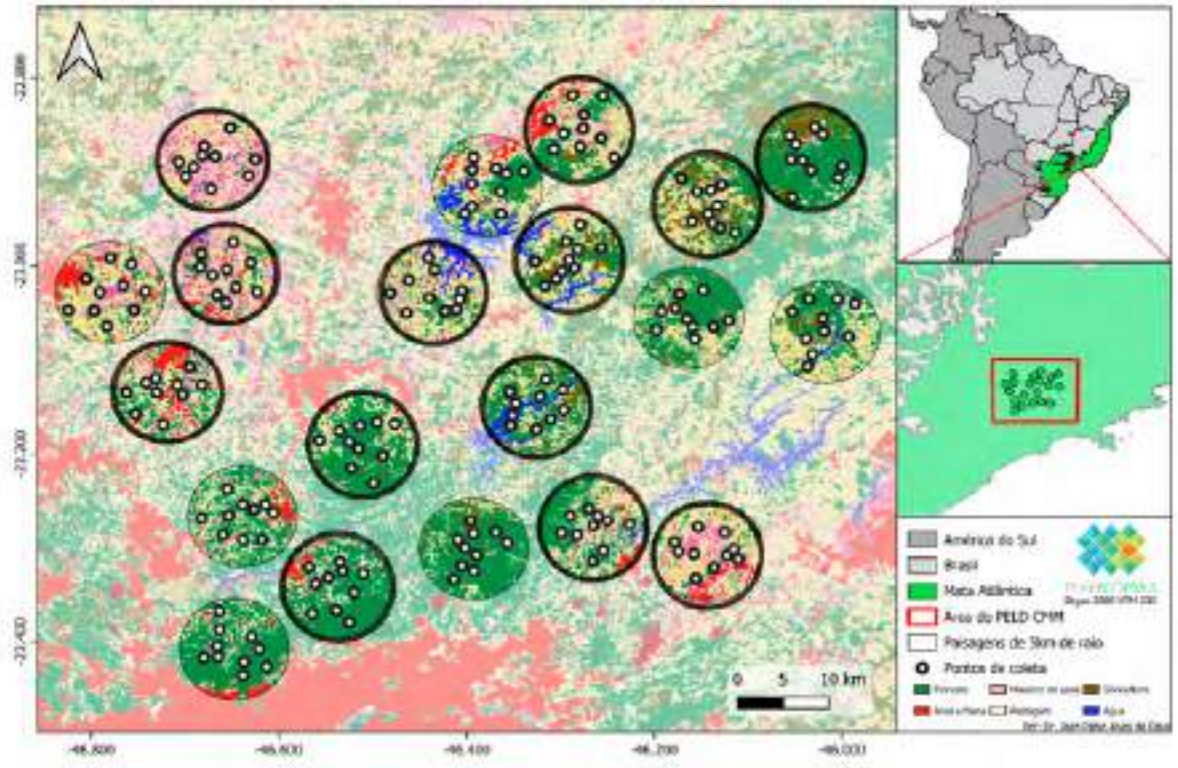


FIGURA 1 Área de estudo do Programa de Pesquisa Ecológica de Longa Duração do Corredor Cantareira-Mantiqueira (PELD-CCM), localizada entre os estados de São Paulo e Minas Gerais, abrangendo remanescentes de Mata Atlântica, áreas de conservação e paisagens com diferentes níveis de cobertura florestal. Os *buffers* (círculos) destacados representam as paisagens nas quais estão inseridas as propriedades participantes do estudo.

Para as entrevistas, foram utilizadas as perguntas baseadas no NEP, com o objetivo de compreender como a sociedade percebe as questões ambientais, avaliando suas atitudes, comportamentos e crenças em relação ao meio ambiente, e pedindo a eles medidas para a melhoria do contato com a natureza pelos indivíduos. A EA teve grande destaque, mostrando-se uma opção sólida. As entrevistas possibilitam a construção de histórias de vida e a coleta de experiências, valores, opiniões, aspirações e motivações dos entrevistados, escolhidos conforme os critérios de interesse do tema investigado (Gil 2022).

A escala NEP serviu como base para comparar a consciência e o comportamento ambiental dos entrevistados. As questões estão divididas em cinco grupos: 1) A realidade do limite do crescimento; 2) O Anti-Antropocentrismo; 3) A fragilidade do equilíbrio natural; 4) A rejeição da exclusão do ser humano da natureza; 5) A possibilidade de uma crise ecológica (Dunlap *et al* 2000). As respostas foram classificadas em três categorias: concordância, discordância ou desconhecimento, e analisadas por meio de comparação e divisão entre os temas.

3 RESULTADO E DISCUSSÃO

Os resultados indicam que 60% dos entrevistados eram homens, com idade entre 50 e 69 anos. Em sua maioria, esses indivíduos herdaram a propriedade, o que contribui para o desenvolvimento de um forte sentimento de pertencimento ao local. Além disso, observa-se a presença de novos moradores, que buscam melhorias em sua qualidade de vida. Quanto ao nível de escolaridade, 51% dos entrevistados têm ensino superior. Esse grupo é composto principalmente por filhos de antigos moradores que migraram para áreas urbanas em busca de formação acadêmica, bem como por indivíduos aposentados.

A Tabela 1 apresenta dados sobre "A realidade do limite do crescimento", analisando a limitação dos recursos naturais da Terra, suas finitudes e restrições, diante do aumento da população e das estruturas econômicas. Esse tópico reconhece a diminuição dos recursos mundiais e da capacidade de absorção da poluição. Buscando ideias sobre o conhecimento da realidade atual do meio ambiente.

"A realidade do limite do crescimento do crescimento"	Concordo	Discordo	Não sei
1 – Nós estamos chegando ao número de pessoas que a Terra pode suportar.	78,8%	15,2%	6%
6 – A Terra tem riquezas em fontes naturais, nós temos apenas que aprender a desenvolvê-las.	69,9%	6,1%	24%
11 – A Terra é uma espaçonave com espaço e fontes muito limitados.	61%	32,9%	6,1%

TABELA 1 Percepções dos entrevistados sobre a realidade dos limites do crescimento.



Com a afirmação: 1 – "Estamos no limite da quantidade de pessoas que a Terra poderá suportar", 78,8% dos entrevistados manifestaram concordância, como podemos ver no quadro que relaciona os IDs (falados entrevistados) às afirmações do NEP. Eles destacam o acúmulo de resíduos e lixo, o excesso de desmatamento e as secas como os principais problemas ambientais da região, evidenciando um desequilíbrio na relação homem-natureza. Concluem em suas falas que esse impacto é resultado da intensificação do turismo sem consciência, da falta de esclarecimentos ambientais e do crescimento desenfreado das cidades.

Ao serem indagados sobre 6 – "A Terra tem riquezas em fontes naturais; nós apenas precisamos aprender a desenvolvê-las", 69,9% dos participantes concordaram, como vemos nas falas dos IDs 3 e 4, o que indica a preocupação com a busca da convivência harmoniosa entre a natureza e o ser humano.

Em uma comparação vista na afirmação 11 – "A Terra é uma espaçonave com espaço e recursos muito limitados", houve concordância de 60,6% e vemos nas falas dos IDs 5, 6 e 7 que a principal preocupação está relacionada à água. Considerando as questões do grupo "limites do crescimento", observa-se que os participantes compreendem os problemas do desequilíbrio ambiental e reconhecem que grande parte deles decorre da ação humana.

Assim, a humanidade enfrenta a diminuição e a degradação dos ecossistemas em escala global, e o crescimento contínuo da população intensifica os desafios para a construção de projeções econômicas, ambientais e sociais positivas. Nesse contexto, torna-se necessário repensar os modelos de desenvolvimento vigentes, uma vez que estes têm contribuído para padrões insustentáveis e prejudiciais ao meio ambiente e à humanidade (Turcato *et al* 2019). Além disso, os problemas ambientais ultrapassam os limites das esferas políticas e de gestão, evidenciando a urgência de desenvolver novas estratégias fundamentadas na justiça social e em um modelo de desenvolvimento ambientalmente consciente (Carley & Christie 2017).

Na Tabela 2 vemos o anti-antropocentrismo ou ecocentrismo: buscando valorizar os ecossistemas como um todo, e equilibrando o ambiente natural e os ecossistemas, incluindo todos os seres vivos, inclusive humanos (Abreu & Bussinguer 2013).

"Esse impacto é resultado da intensificação do turismo sem consciência, da falta de esclarecimentos ambientais e do crescimento desenfreado das cidades."

> A humanidade enfrenta a diminuição e a degradação dos ecossistemas em escala global, e o crescimento contínuo da população intensifica os desafios para a construção de projeções econômicas, ambientais e sociais positivas."

"O anti-antropocentrismo"	Concordo	Discordo	Não sei
2 – Os seres humanos têm o direito de modificar o ambiente natural para atingir suas necessidades.	27,3%	72,7%	0
7 – Plantas e animais têm tanto direito de existir quanto os seres humanos.	60%	40%	0
12 – O ser humano foi feito para reinar sobre o resto da natureza.	45,5%	54,5%	0

TABELA 2 Percepções dos entrevistados sobre o anti-antropocentrismo.

Observando a afirmação 2 - "Os seres humanos têm o direito de modificar o ambiente natural para atender às suas necessidades", 72,3% dos entrevistados discordam, mostrando, em suas falas (IDs 8 e 9), que conseguem conviver em equilíbrio com outros seres da natureza. Em relação à afirmação 7 - "Plantas e animais têm tantos direitos de existir quanto os seres humanos", 61% dos participantes concordaram, o que mostra satisfação e respeito, como vemos na fala ID 10, por receber animais selvagens em suas propriedades, mesmo que isso implique alguns prejuízos.

Entretanto, vemos pouca diferença ao discordarem da afirmação 12 - "O ser humano foi feito para reinar sobre o resto da natureza", podendo concluir que ainda há um entrave na mentalidade de muitos em se sentirem mais um ser pertencente à natureza.

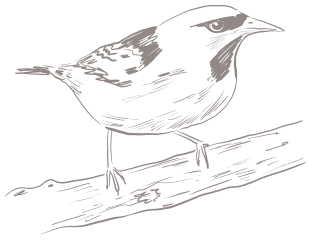
A discussão sobre a fragilidade do equilíbrio natural (Tabela 3) aborda a relação entre o ser humano e o meio ambiente, indicando a crença de que os ecossistemas são delicados e podem sofrer perturbações decorrentes da atividade humana.

“A fragilidade da balança natural”	Concordo	Discordo	Não sei
8 – O equilíbrio natural é suficientemente estável para absorver os impactos das nações industriais modernas.	51,5%	45,5%	3%
13 – O equilíbrio natural é muito delicado e facilmente abalado.	78,8%	18,2%	3%
3 – Quando os seres humanos interferem na natureza acontecem, frequentemente, consequências desastrosas.	63,6%	30,3%	6,1%

TABELA 3 Percepções dos entrevistados sobre a fragilidade do balanço natural.

Como vemos nas falas dos IDs 15 e 16, há relatos de desmatamento para plantio de eucaliptos, crescimento desordenado das cidades, trombas d’água, ciclones, deslizamentos e secas, o que mostra que 63,6% concordam com a 3 – “interferência humana na natureza frequentemente resulta em consequências desastrosas”. Os entrevistados (51,5%) discordam da afirmação de 8 – “O equilíbrio natural é suficientemente estável para absorver os impactos das nações industriais modernas”, mencionando mudanças como excesso ou falta de chuva, queimadas e poluição, como podemos ver nos IDs 11 e 12.

Por outro lado, 78,8% concordam com 13 – “O equilíbrio natural é muito delicado e facilmente abalado”, expressando preocupação com a interferência humana desmedida na natureza local. Ao destacar as falas dos IDs 13 e 14, vemos que os entrevistados concordam que a natureza foi afetada pelo desequilíbrio entre o ser humano e o meio ambiente. O balanço natural reflete os desequilíbrios presentes nos ecossistemas, que são intensificados pela ação humana, resultando em problemas que nem sempre são passíveis de recuperação (Da Silva & Costa, 2011). Na Tabela 4, discutiu-se a percepção do ser humano como uma espécie integrada ao meio ambiente natural, especialmente quanto à rejeição da ideia de exclusão do ser humano da natureza.



"A rejeição da exclusão do ser humano da natureza"	Concordo	Discordo	Não sei
9 – Apesar de nossas habilidades especiais, os seres humanos seguem sujeitos às leis da natureza.	63,6%	33,4%	3%
4 – A percepção humana não irá assegurar que nós NÃO faremos a Terra inabitável.	69,7%	27,3%	3%
14 – Os seres humanos irão aprender o suficiente sobre como a natureza funciona para serem capazes de controlá-la.	36,4%	63,6%	0

TABELA 4 Percepções dos entrevistados sobre "A rejeição da exclusão do ser humano da natureza".

De acordo com os dados, 69,7% dos entrevistados concordam com a afirmação de que 4 - "A percepção humana garantirá que nós NÃO tornaremos a Terra inabitável", embora expressando preocupações com o capitalismo e o consumismo atuais de algumas falas da tabela 6. Além disso, 63,6% dos participantes concordam com a afirmação de que 9 - "Apesar de nossas habilidades especiais, os seres humanos continuam sujeitos às leis da natureza "como vemos no ID 17. Eles acreditam que os seres humanos são apenas mais uma espécie que deve conviver em equilíbrio com outras espécies e com o meio natural. Por outro lado, 63,6% discordam da ideia de que 14 - "Os seres humanos irão aprender o suficiente sobre como a natureza funciona para serem capazes de controlá-la". Eles argumentam que a natureza não deve ser controlada ou entendida, mas sim preservada, e que devemos aprender com ela, isto indica que apesar de aceitarem o homem como um ser evoluído ele não conseguirá sobreviver sozinho observado na fala do ID 19.

Desta maneira, ao abordar as possibilidades de uma crise ecológica (tabela 5), a maioria dos entrevistados acredita que ela já está em curso e pode se agravar.

Sobre a afirmação 5 - "os seres humanos estão abusando seriamente do meio ambiente", 72,7% concordam e expressam preocupação com a necessidade de incorporar a Educação Ambiental desde os primeiros anos de escolaridade, argumentando que isso promoveria uma maior conscientização sobre a natureza ID 20 e 21. Assim 57,6% dos entrevistados discordam da ideia 10 - "A chamada 'crise ecológica' que enfrenta a humanidade tem sido grandemente exagerada". Além disso, 76% concordam que 15 - "Se as coisas

"A possibilidade de uma crise ecológica"	Concordo	Discordo	Não sei
10 – A chamada "crise ecológica" que enfrenta a humanidade tem sido grandemente exagerada.	39,4%	57,6%	3%
5 – Os seres humanos estão abusando seriamente do meio ambiente.	72,7%	21,2%	6,1%
15 – Se as coisas continuarem no curso atual, nós iremos em breve, experimentar uma catástrofe ecológica maior.	76%	24%	0

TABELA 5 Percepções dos entrevistados sobre a possibilidade de uma crise ecológica.

continuarem no curso atual, nós iremos, em breve, experimentar uma catástrofe ecológica maior". As respostas dos IDs 22 e 23 refletem preocupações com o aquecimento global, alagamentos, inundações e outros problemas ambientais.

As falas dos entrevistados mostram uma tristeza e descontentamento com os métodos de desenvolvimento das nações atuais, e que este método precisa ser mais sustentável e proveitoso, trabalhando em conjunto com a natureza de suas áreas como apresentada na tabela 6. Para haver mudanças de pensamento, atitude e percepção sobre a relação homem-natureza, 33 participantes citam a EA em diversos contextos, desde a educação básica até a formação de monitores para o turismo, afirmando que a educação precisa de autoeficiência. Alguns mostram que o capitalismo e o excesso de consumo moldam as novas gerações, havendo a necessidade da importância do conhecimento ancestral que às vezes não conseguimos entender e da volta a natureza das gerações atuais.

"Para haver mudanças de pensamento, atitude e percepção sobre a relação homem-natureza, 33 participantes citam a EA em diversos contextos, desde a educação básica até a formação de monitores para o turismo, afirmando que a educação precisa de autoeficiência."

Indivíduo	Percepção Ambiental	NEP
ID 1	“Então eu acho que por mais que tenha um trabalho nesse sentido eu acho que principalmente por ser uma APA tem que ter um trabalho muito mais fortalecido no sentido de educação ambiental, porque a educação não é você impor uma coisa olha você não pode fazer isso a gente está colocando lixeira aqui você não faz não Educação Ambiental mesmo, educação pra turista, educação nas escolas com várias é vivências que as pessoas possam ir desenvolvendo uma consciência.”	1
ID 2	“... mas o que acontece são pessoas de cidade grande, que não tem a cultura e a preocupação que os moradores da região tinham, então pra eles descartar lixo em qualquer canto, pra eles não têm o impacto que pra gente tem aqui , a gente ainda se preocupa, vou tirar essa árvore, mas se eu tirar algo pode acontecer , se eu tirar essa tenho que plantar outras duas ou três em um outro lugar, a gente sempre teve essa preocupação.”	1
ID 3	“Seriam serviços ambientais assim como a chuva, o ciclo de água, a pureza do ar. Pro senhor qual a importância do meio ambiente? -Sem o meio ambiente, sem a proteção isso vai acabar, isso é primordial”	6
ID 4	“Ah é excelente a gente tira muita coisa da terra, tem vezes que a gente nem merece o que a terra dá pra gente, que a natureza, a natureza se a gente está preservando-a, você vai ter lucro, às vezes alguém fala pra mim, porque você colhe chuchu esse mês e eu não colho, mas eu não desmato, é no meio do mato, a natureza agradece e devolve pra gente e a gente tem que devolver para a natureza. ”	6
ID 5	“...muita água limpa e é um espaço assim que está gritando para ser preservado, ai a gente vê, chega uma construção assim, raspa o morro, entope um riozinho intermitente”.	11
ID 6	“...também as águas que quando eu cheguei aqui praticamente não tinha água nos lugares, hoje aqui tem as nascentes”.	11
ID 7	“Bom nossa água é de poço né, poço caipira, então a gente não usa água da SABESP, uma água que a gente não tem como falar que é ruim, é uma delícia, que a gente usa assim é isso.”	11
ID 8	“Eu planto entre meio as árvores.”	2
ID 9	“Na minha casa tem um monte de jacu, eles comem juntos com a minha galinha.”	2
ID 10	“...não imagina, a gente que está invadindo o espaço deles, igual as cobras, elas passam assim e eu não mato sabe porque, eu que estou invadindo o espaço eu deixo ela seguir o caminho dela.”	7
ID 11	“Aqui já aconteceu alguma coisa assim, de vez enquanto, tem tromba d'água, causas da natureza, as pessoas vão construindo, construindo casa, daqui a pouco o meio ambiente vai acabar.”	8
ID 12	“... aos uns anos atras teve um ciclone bomba, acabou com a cidade, onde ela veio arrancou tudo, destruiu a cidade, a gente sabe que é o excesso de tudo.”	8
ID 13	“Mas faz falta (chuva) ne, quando fica sem muitos dias, a gente até dá uma reclamadinha por causa do barro, mas faz falta.”	13

Indivíduo	Percepção Ambiental	NEP
ID 14	“Não é que às vezes chove muito, o que acontece é que eles abrem a represa de Nazaré Paulista e de repente começa encher de água, aí eles fazem o escoamento, o que acontece mais é no tempo de chuva porque enche muito de água, muita água lá, às vezes a gente entra em pânico, a gente já começa subir os animais.”	13
ID 15	“Pra pior né porque estão desmatando, agora deu uma melhorada, mas de primeiro foi muito desmatado.”	3
ID 16	“Rasparam um morro no meio, teve até protestos com relação a isso, mas ninguém é escutado porque já foi determinado e assim o poder do dinheiro e planejamento baseado só na economia sem pensar nem pouco na sustentabilidade.”	3
ID 17	“Bom a gente que vive dentro da natureza a gente sabe como ser humana a gente agride de alguma forma construindo uma casa, fazendo agricultura, etc.”	9
ID 18	“Eu acho bacana, as vezes as pessoas não dão valor, mas tipo assim eu não canso de tirar fotos daquela bica ali, porque pra mim isto é um tesouro, quando o tucano vem ali, isso enche meus olhos.”	4
ID 19	“...nem o gado tem acesso - não área de APP aqui nos cercamos tudo, cercamos para preservar as nascentes entendeu - já foi cercado para preservar as nascentes.”	14
ID 20	“Cidades que virou um shopping a céu aberto entendeu é rapidinho. As pessoas gostam de shopping, as pessoas gostam de consumismo.”	5
ID 21	“Jarinu, até uns 10 anos atrás, não tinha disso que eu me lembre que seja uma coisa tão grande!”	5
ID 22	“A crise exagerada não, é até minimizada.”	10
ID 23	“O homem está destruindo a natureza e não adianta. Eles sempre vão destruir algo. Em vez de aproveitar a área útil que já está pronta e que poderia sustentar milhões de pessoas, eles sempre querem limpar novas áreas. Se você comprar uma área de 2 alqueires com mato, você só pode desmatar 20%” e questionam o modo de vida atual.”	15

TABELA 6 Percepções ambientais dos moradores e produtores rurais residentes do Corredor Cantareira-Mantiqueira.

As pesquisas indicam que a educação ambiental deve ser conduzida de forma específica e abrangente, valorizando os saberes locais e culturais, de modo a promover práticas educativas contextualizadas e significativas (Fernandes 2006; Santos & Oliveira 2023; Hays *et al.* 2025). Os entrevistados ressaltam a importância de uma abordagem educacional que promova a compreensão crítica e o engajamento proativo, em vez de simplesmente impor regras. Nesse sentido, Marcomin (2014) destaca que, ao participarem das soluções ambientais, os indivíduos iniciam um processo de autoconhecimento e reflexão crítica, promovendo uma transformação pessoal genuína e comprometida com o meio ambiente.

Além disso, a Educação Ambiental deve começar desde os primeiros anos de escolaridade, incorporando a consciência ecológica já na educação fundamental, compreendendo que esse processo demanda tempo para se consolidar. Esse enfoque nas escolas básicas é amplamente apoiado pelos entrevistados e reforça a ideia de que a educação ambiental é essencial para formar indivíduos conscientes e críticos, preparados para discutir e resolver problemas socioambientais (Caldart 2009, Pereira & Melo 2024). A tomada de consciência e a decisão de engajar-se na educação ambiental devem ser pessoais e contínuas, acompanhadas de ações concretas que contribuam para a construção de uma sociedade mais sustentável e para a preservação do meio ambiente (Melazo 2005, Silvia & Santos 2025).

O NEP constata que os seres humanos são apenas mais uma espécie no planeta, mostrando a importância do equilíbrio com o meio ambiente. A pesquisa mostrou que os participantes possuem consciência ambiental positiva e defendem uma Educação Ambiental desde a base, com abordagem científica, prática e acessível. Além disso, ressalta-se a necessidade de estudos e estratégias para fortalecer esse paradigma no Brasil, incluindo políticas, educação e incentivo a práticas sustentáveis, visando integrar teoria e prática nas ações ambientais.





4 CONCLUSÃO

O Novo Paradigma Ambiental destaca que os seres humanos são apenas uma das diversas espécies do mundo, evidenciando a necessidade de equilibrar as ações humanas com o meio ambiente. Nesta pesquisa, o NEP (Novo Paradigma Ecológico) indicou que os entrevistados apresentam uma consciência ambiental positiva, mesmo com suas crenças, atitudes, comportamentos e práticas diárias, os participantes demonstraram interesse por uma Educação Ambiental iniciada desde a educação básica, firmada em fundamentos científicos e experiências práticas, e conduzida de forma acessível e não impositiva.

Assim, é essencial realizar estudos, implementar medidas e desenvolver análises sobre a percepção desse novo paradigma socioambiental no Brasil, considerando seus diversos aspectos e objetivos. Entre essas iniciativas, destacam-se análises comparativas entre diferentes sociedades, validação de políticas ambientais, elaboração de estratégias para disseminação do paradigma em projetos de Educação Ambiental e identificação de mercados para produtos ecologicamente sustentáveis. Tais esforços são fundamentais para assegurar a eficácia e abrangência das ações ambientais, promovendo uma integração consistente entre teoria e prática.

“

O Novo Paradigma Ambiental destaca que os seres humanos são apenas uma das diversas espécies do mundo, evidenciando a necessidade de equilibrar as ações humanas com o meio ambiente."





AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP (processos nº 2021/08534-0) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (processos nº 442147/2020-1; nº 402765/2021-4) e à Universidade Estadual de Campinas pelo apoio financeiro. Este estudo contou com a colaboração e o apoio em infraestrutura do Rádio Observatório Pierre Kaufmann, Atibaia, São Paulo, instituição mantida e operada pela Universidade Presbiteriana Mackenzie em colaboração com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o Parque Estadual do Juquery e Condomínio Reserva Ibirapitanga. Substituir por o presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Andreia Reina Cardoso: responsável pela concepção, análises e redação do texto, além da condução da pesquisa de campo. **Juliana Bento:** atuou na revisão do texto, análise de dados e apoio à pesquisa de campo. **Milton Cezar Ribeiro:** contribuiu com revisão crítica do conteúdo. **Roberto Greco:** realizou a revisão final do manuscrito, garantindo a coerência e consistência do texto.

INFORMAÇÃO DOS AUTORES

Andreia Reina Cardoso: Engenheira Agrônoma, Educadora Ambiental, Mestra e Doutoranda no programa Multiunidades em Ensino de Ciências e Matemática PECIM-UNICAMP.

Juliana Bento: Bióloga, Educadora Ambiental e Doutora em Ecologia e Biodiversidade, Bolsista Técnica DTI-B CNpq do Programa Ecológico de Longa Duração Corredor Ecológico Cantareira-Mantiqueira (PELD CCM).

Milton Cezar Ribeiro: Professor do Departamento da Biodiversidade do Instituto de Biociências, Unesp, Rio Claro e Coordenador do Programa Ecológico de Longa Duração Corredor Ecológico Cantareira-Mantiqueira (PELD CCM). .

Roberto Greco: Professor Associado do Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e Docente Permanente no programa de pós graduação Multiunidades em Ensino de Ciências e Matemática. Tem graduação em Ciências Naturais, Doutorado em Ciência do Sistema Terra: ambiente, recursos e patrimônio cultural.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abreu IS & Bussinguer ECA (2013). Antropocentrismo, Ecocentrismo E Holismo: Uma Breve Análise Das Escolas De Pensamento Ambiental. Derecho y Cambio Social, 1-11.

Barros FM *et al.* (2019). Divergent flows of avian-mediated ecosystem services across forest-matrix interfaces in human-modified landscapes. Landscape Ecology, 34, 879-894.

Caldart RS (2009). Educação do campo: notas para uma análise de percurso. Trabalho, Educação e Saúde, 7, 35-64.

Carley M & Christie I (2017). Managing sustainable development, 2th ed. Routledge.

Capra F (1996). "A Teia da Vida: Uma Nova Compreensão Científica dos Sistemas Vivos", 1th ed. Editora Cultrix.

Carvalho ICM (2013). O sujeito ecológico: a formação de novas identidades na escola. 1st ed. Mercado de Letras.

Catton WR & Dunlap ER (1978). Paradigms, Theories, and the Primacy of the HEP-NPA, Distinction. The American Sociologist, 13, 256-259.

Catton WR & Dunlap ER (1980). A New Ecological Paradigm for Post Exuberance Sociology. American Behavioural Scientist, 24, 1, 15-47

Da Silva GA, & Costa RA (2011). Paisagem e fragilidade ambiental natural da bacia hidrográfica do Ribeirão São Lourenço, Ituiutaba/prata–mg1. Caminhos de Geografia, 12, 39, 151-166.

Dunlap, RE & Van Liere, KD. The "new environmental paradigm": a proposed measuring instruments and preliminary results. The Journal of Environmental Education, 9, 10-19.

Dunlap *et al.* (1992). Measuring endorsement of the New Ecological Paradigm: a revised NPA scale-statistical data included. Revision of a paper presented at the Annual Meeting of the Rural Sociological Society. 56, 3, 424-442.

Fernandes BM (2006). Os campos da pesquisa em educação do campo: espaço e território como categorias essenciais. Educação do campo e pesquisa: questões para reflexão. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, p. 27-40, 2006.

Flick U (2009). Uma introdução à pesquisa qualitativa. 3rd ed. Artmed.

Galvanese C, Puga BP, Grigoletto F.(2023). Desafios **à** exploração sustentável da sociobiodiversidade como vetor de desenvolvimento de territórios rurais no Brasil. Raízes: Revista de Ciências Sociais e Econômicas, 43, 2, 366-382.

Gil AC (2022) Como elaborar projetos de pesquisa. 7th ed. Atlas.

Hays J, Dounias E, Ninkova V (2025). Sustainable education should include Indigenous knowledge. Nature Human Behaviour**,** 9, 2415-2417.

Marcomin FE (2014). Educação Ambiental: uma incursão na percepção ambiental e na sensibilização imagética. REMEA-Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental, 31, 2, 106-126.

Melazo GC (2005). Percepção ambiental e educação ambiental: uma reflexão sobre as relações interpessoais e ambientais no espaço urbano. Olhares & Trilhas, 6, 1, 45-51.

Montagnana PC *et al*. (2021). Landscape heterogeneity and forest cover shape cavity-nesting hymenopteran communities in a multi-scala perspective. Basic and Applied Ecology, 56, 239-249.

Pereira AKB & Melo ACC (2024). A importância da Educação Ambiental no processo de ensinoaprendizagem: promovendo a consciência ecológica**.** Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**,** 19, 5, 83-94.

Ramos DL *et al*. (2020). Forest and connectivity loss drive changes in movement behavior of birds species. Ecography, 43, 8, 1203-1214.

Ramos GF, Stoffel J, Rambo AG (2024). A contribuição da agricultura familiar para o desenvolvimento rural sustentável: um estudo de caso em Jóia/RS/Brasil. Desenvolvimento em Questão, 22, 60, 1-20.

Reigota M (1997). A contribuição da ciência ao desenvolvimento com base ecologista. Redes (St. Cruz Sul, Online), 2, 1, 183-198.

Santos JÁ & Oliveira IT (2023). Um olhar sobre as pesquisas do campo da Educação Ambiental no ensino fundamental (anos iniciais) nos últimos 10 anos. Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA), 18, 4, 321–343.

Silva BP & Santos JD (2025). A Educação Ambiental na Educação Básica, em escolas do Jardim Novo Mundo, região leste de Goiânia. Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA), 20, 7, 72-90.

Soares BEC & Navarro MA, Ferreira AP (2004). Desenvolvimento sustentado e consciência ambiental: natureza, sociedade e racionalidade. Ciências & Cognição, 2, 42-49.

Turcato J, Carneiro L, Beatriz S (2019). Os limites do desenvolvimento: o debate entre crescimento econômico, desenvolvimento sustentável e decrescimento. Gestión Joven, 20, 97-108.

Zakrzevski SB (2004) Por uma educação ambiental crítica e emancipatória no meio rural. Revista Brasileira de Educação Ambiental, 1, 79-86.

EDUCAÇÃO AMBIENTAL COM ÊNFASE NA EXECUÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS: CONSIDERAÇÕES A PARTIR DE UM PROCESSO FORMATIVO NO TERRITÓRIO SERGIPANO



MÔNICA ANDRADE MODESTO[1]*, ALINE LIMA DE OLIVEIRA NEPOMUCENO[1], ÁDRIA MARIA DE OLIVEIRA RIBEIRO[1]

*monicamodesto1@gmail.com *alinenepo@academico.ufs.br *adriaribeirok@gmail.com
1 Universidade Federal de Sergipe, Programa de Pós-Graduação em Educação

RESUMO

A realidade socioambiental de Sergipe é marcada por desigualdades e injustiça ambiental, o que reforça a importância de processos de Educação Ambiental com condições de subsidiar políticas públicas comprometidas com a justiça social e a sustentabilidade. Neste contexto, a pesquisa aqui apresentada, desenvolvida entre 2022 e 2024, com apoio da Secretaria de Estado da Educação e Cultura de Sergipe (SEDUC-SE) e da Fundação de Apoio à Pesquisa e à Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe (FAPITEC-SE), adotou a Educação Ambiental de Base Comunitária como referência para a formação de gestores(as) e docentes das mesorregiões Sertão, Agreste e Leste. Com abordagem qualitativa e caráter de pesquisa-ação, o estudo estruturou-se em três etapas: (1) análise documental de marcos legais da educação brasileira; (2) realização de Diagnósticos Rápidos Participativos (DRP), apoiados pela Matriz FOFA, nos municípios de Nossa Senhora da Glória, Lagarto e São Cristóvão; e (3)

CITAÇÃO RECOMENDADA Modesto, MA, Nepomuceno, ALO & Ribeiro, AMO (2025). Educação ambiental com ênfase na execução de políticas públicas: considerações a partir de um processo formativo no território sergipano. *Lucanus* – Revista de Ambiente e Sociedade, Volume IX, Páginas 170-187.

elaboração de um guia pedagógico orientado à consolidação de processos formativos contextualizados. Os resultados revelam um diagnóstico abrangente das problemáticas socioambientais sergipanas, destacando fragilidades nas iniciativas educativas, lacunas nas políticas públicas e desafios relacionados às desigualdades territoriais. A análise crítica dos dados permitiu identificar potenciais comunitários, propor estratégias de enfrentamento e apontar o papel de instituições públicas, movimentos sociais, ONGs e associações na construção de ações coletivas. O estudo demonstra que a Educação Ambiental, quando orientada por perspectivas críticas e participativas, fortalece processos formativos e amplia a formação para intervenção social nas comunidades, contribuindo para práticas mais democráticas e sustentáveis no estado de Sergipe.

PALAVRAS-CHAVE
Educação Ambiental Crítica; Espaço Não-Formal; Política Pública; Práticas Pedagógicas; Salas Verdes; Sergipe.

ABSTRACT
The socio-environmental reality of Sergipe is marked by inequalities and environmental injustice, reinforcing the importance of Environmental Education processes capable of supporting public policies committed to social justice and sustainability. In this context, the research presented here, developed between 2022 and 2024 with support from the State Secretariat of Education and Culture of Sergipe (SEDUC-SE) and the Foundation for Research and Technological Innovation Support of the State of Sergipe (FAPITEC-SE), adopted Community-Based Environmental Education as a reference framework for the training of school managers and teachers from the Sertão, Agreste, and Eastern mesoregions. Using a qualitative approach and an action-research methodology, the study was structured in three stages: (1) documentary analysis of legal frameworks related to Brazilian education; (2) implementation of Participatory Rapid Appraisals (PRA), supported by the SWOT Matrix, in the municipalities of Nossa Senhora da Glória, Lagarto, and São Cristóvão; and (3) development of a pedagogical guide aimed at consolidating contextualized educational processes. The results reveal a comprehensive diagnosis of Sergipe's socio-environmental issues, highlighting weaknesses in educational initiatives, gaps in public policies, and challenges related to territorial inequalities. The critical analysis of the data made it possible to identify community strengths, propose coping strategies, and emphasize the role of public institutions, social movements, NGOs, and associations in the construction of collective actions. The study demonstrates that Environmental Education, when guided by critical and participatory perspectives, strengthens educational processes and expands opportunities for social intervention within communities, contributing to more democratic and sustainable practices in the state of Sergipe.

KEYWORDS
Critical Environmental Education; Green Rooms; Non-Formal Education Space; Pedagogical Practices; Public Policy; Sergipe.

1 INTRODUÇÃO

A crise socioambiental contemporânea tem afetado profundamente as comunidades humanas, embora de forma desigual. A problemática socioambiental vem se agravando progressivamente e acarreta impactos negativos significativos para os seres humanos, em grande parte decorrentes de suas próprias ações. Vivemos em uma era marcada pelo risco de colapso ambiental, o que torna imprescindível a execução de processos de Educação Ambiental, com potencial para subsidiar políticas públicas voltadas à construção de sociedades mais justas e sustentáveis (Layrargues & Sato 2024). Nesse sentido, a formação de professores(as) em uma Educação Ambiental com abordagem crítica e emancipatória torna-se fundamental, pois permite compreender as raízes da crise socioambiental e identificar estratégias eficazes para enfrentá-la.

A Educação Ambiental é um processo pedagógico fundamental para o cuidado com o meio ambiente. Ela está prevista na legislação brasileira desde a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), Lei nº 9.394/1996, e regulamentada por dispositivos legais, como a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), instituída pela Lei nº 9.795/1999, e o Programa Nacional de Educação Ambiental (ProNEA), de 2005, com o propósito de formar cidadãos(ãs) conscientes em relação às relações entre a sociedade e o meio ambiente. Embora prevista formalmente nas políticas educacionais, existem lacunas na implementação da Educação Ambiental em nossa sociedade, sobretudo no ensino formal, no que se refere às orientações para que seja, por exemplo, interdisciplinar e transversal.

Tanto nos currículos educacionais quanto na prática escolar, a Educação Ambiental ainda é tratada de forma limitada, com práticas e ações predominantemente conservacionistas e pragmáticas. Nos currículos, sua presença ocorre de maneira simplista e fragmentada, o que evidencia lacunas na formação docente e na prática pedagógica, uma vez que não há definições claras sobre como ela deve ser desenvolvida nos âmbitos escolar e local (Nepomuceno *et al.* 2021). Diante desse cenário, para que a Educação Ambiental cumpra seu papel transformador, é necessário investir em processos formativos de educadores(as) ambientais, a fim de compreender as relações socioambientais existentes em nossa realidade e promover ações críticas e coletivas para enfrentar a crise socioambiental.

Diante disso, o objetivo deste artigo foi apresentar considerações sobre a Educação Ambiental, com ênfase na execução de políticas públicas a partir

de um processo formativo no território sergipano. Este processo foi desenvolvido com gestores(as) e docentes sergipanos(as), destacando as necessidades das comunidades distribuídas entre as três mesorregiões do estado de Sergipe: Sertão, Agreste e Leste. A formação contínua de docentes e a realização de processos educativos contextualizados são essenciais, sobretudo considerando a fragilidade das abordagens socioambientais existentes em Sergipe. Desse modo, a pesquisa investigou as possibilidades de implementação de políticas públicas fundamentadas na Educação Ambiental de Base Comunitária, uma vez que, sem formação adequada e práticas pedagógicas contextualizadas, os(as) professores(as) têm dificuldade em atuar sob uma perspectiva crítica e comunitária.

Vale destacar que a Educação Ambiental de Base Comunitária mencionada aqui também possui uma abordagem crítica; ambas não se diferenciam, mas se complementam ao valorizar as comunidades locais, sobretudo as tradicionais, que envolvem movimentos sociais ativos na luta contra os conflitos socioambientais que as afligem (Sánchez *et al.* 2020). Nesse sentido, o estudo, de abordagem qualitativa (Bogdan & Biklen 1994) e caracterizado como pesquisa-ação (Thiollent 2009), teve um caráter intervencionista e foi realizado ao longo de 36 meses, com início em janeiro de 2022 e conclusão a dezembro de 2024. Além disso, a pesquisa focou na implementação da Educação Ambiental na Rede Estadual de Sergipe por meio de uma proposta formativa colaborativa, envolvendo pesquisadores(as), gestores(as), educadores(as), líderes comunitários e alunos(as).

A execução do processo formativo foi estruturada em três etapas principais. A primeira consistiu em um estudo documental, com base em documentos legais como a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), a fim de identificar diretrizes e lacunas relativas à Educação Ambiental. A segunda etapa envolveu a aplicação de um Diagnóstico Rápido Participativo (DRP) (Chambers 1981), com o objetivo de mapear as problemáticas socioambientais nas mesorregiões do estado. Para a análise, utilizou-se a Matriz FOFA, que permitiu identificar forças, oportunidades, fraquezas e ameaças relacionadas ao contexto local. Os DRPs foram realizados nas sedes dos municípios de Nossa Senhora da Glória (Sertão), Lagarto (Agreste) e São Cristóvão (Leste).

A terceira etapa resultou na confecção de um guia pedagógico para processos formativos em Educação Ambiental de Base Comunitária, consolidado em um livro que detalha todas as etapas da pesquisa, apresenta o diagnóstico da problemática socioambiental em Sergipe e propõe soluções viáveis. Todas as etapas deste estudo foram planejadas cuidadosamente para constituir a abordagem mais adequada ao enfrentamento do problema central, a partir do levantamento das possibilidades de ações emergentes dos sujeitos envolvidos na pesquisa. O processo enfatizou a transformação da realidade

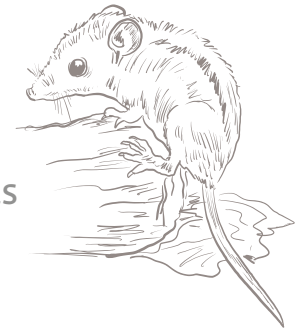
com base na coletividade, na discussão, na reflexão crítica e no encaminhamento do debate sobre as questões implicadas na situação analisada.

Desse modo, a pesquisa apresentada neste artigo deriva do processo formativo realizado entre 2022 e 2024, cujos resultados resultaram no *e-book* 'Desafios Socioambientais em Sergipe: Diagnóstico, Formação e Políticas Públicas para a Transformação' (Modesto *et al*. 2024), desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa e Estudos em Educação Ambiental de Sergipe (GEPEASE) por meio do projeto Sala Verde na UFS.

A obra foi organizada com o propósito de abordar conceitos como justiça ambiental, construção de sociedades mais justas e sustentáveis, educação ambiental, políticas públicas e abordagens da Educação Ambiental de Base Comunitária. Neste estudo, buscamos evidenciar a importância do processo formativo que foi realizado, destacando os resultados dos principais desafios socioambientais de Sergipe, destacados por professores(as). Nesse contexto, este artigo apresenta e reflete sobre as práticas pedagógicas desenvolvidas ao longo do projeto, analisando a importância da formação continuada de educadores(as) como estratégia para fortalecer as práticas de Educação Ambiental.

Em síntese, os resultados obtidos na análise do processo formativo, realizada por meio da pesquisa-ação com natureza qualitativa, possibilitam uma análise crítica da problemática socioambiental de Sergipe, considerando as discussões participativas com os sujeitos envolvidos. As problemáticas identificadas foram examinadas à luz da Educação Ambiental Crítica, o que permitiu refletir sobre estratégias de enfrentamento e identificar pontos passíveis de aprimoramento. Além disso, foram destacados as instituições e os órgãos responsáveis pelo enfrentamento desses problemas, enfatizando a dimensão política e social da Educação Ambiental. A pesquisa também propôs ações voltadas à valorização do trabalho de movimentos sociais, organizações não governamentais e associações comunitárias, reforçando a importância da articulação entre conhecimento, comunidade e políticas públicas.

> “Processos formativos que promovem a Educação Ambiental com abordagem crítica valorizam os saberes das comunidades locais, incentivam a participação comunitária e adotam metodologias reflexivas, com o objetivo de formar sujeitos ecopolíticos."



2 FORMAÇÃO POLÍTICA EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL PARA O DESPERTAR DA CONSCIÊNCIA CRÍTICA

De acordo com Freire (1987), conscientizar não significa ideologizar ou simplesmente propor palavras de ordem. Quando ações desse tipo ocorrem, elas refletem insatisfações reais na sociedade, relacionadas a situações de opressão. Nesse contexto, trabalhadores(as) podem mobilizar-se ou organizar-se para resistir a condições que ameaçam sua existência ou bem-viver, buscando defender seus direitos e interesses. Assim, se a conscientização das classes populares resulta em uma atuação política mais radical, isso indica que essas classes agem de forma direta e crítica para enfrentar as causas estruturais dos problemas que as afetam.

Considerando essa reflexão, o ponto de partida para este trabalho foi o de compreender o que alguns documentos legais como a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), dizem sobre diretrizes e lacunas relativas à Educação Ambiental. Desse modo, ao desenvolver uma leitura na LDB (Brasil 2017) não foi destacada nenhuma orientação explícita sobre como incorporar a Educação Ambiental nas práticas docentes; revelou-se uma abordagem bastante compartimentalizada no sentido de separar a natureza da sociedade, assim como da política.

A análise das políticas foi realizada com profundidade, utilizando como auxílio o capítulo intitulado "O lugar da educação ambiental nos documentos oficiais: considerações a partir da legislação brasileira e sergipana", de autoria de Marynara Costa Santos, presente no e-book resultante da pesquisa 'Desafios Socioambientais em Sergipe: Diagnóstico, Formação e Políticas Públicas para a Transformação' (Modesto *et al.* 2024). Com base nessa análise documental, procuramos, nos documentos, a palavra-chave "Educação Ambiental" e constatamos que a leitura dos documentos normativos não oferece orientações claras sobre como a Educação Ambiental deve ser incorporada em práticas pedagógicas, o que significa que existem lacunas quanto à aplicação dessa dimensão no contexto escolar.

Os currículos preveem a inclusão do "mundo físico e natural" e da "realidade social e política", mas oferecem uma referência bastante genérica da Educação Ambiental. A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB, 1996)

e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) abordam a Educação Ambiental de forma fragmentada e compartimentalizada, atuando com a visão ecológica e conservacionista, de que natureza e sociedade seriam esferas separadas, como se a sociedade e a política não dialogassem com os bens naturais.

Conforme Taffarel e Beltrão (2019), a fragmentação presente na BNCC apresenta uma versão romantizada e descontextualizada da relação entre o ser humano e o meio ambiente. Essa separação ocorre porque o enfoque da Educação Ambiental conservacionista pressupõe uma divisão entre a natureza e a vida social, sugerindo que os seres humanos teriam perdido a visão integrada necessária para se sensibilizar e cuidar do ambiente, que também faz parte do que somos (Layrargues & Lima 2014).

Essa visão, nas bases legais, não aponta quais abordagens de Educação Ambiental devem ser desenvolvidas nas práticas pedagógicas, o que dificulta cobrar que os(as) professores(as) adotem uma abordagem crítica que conecte o meio ambiente à política. Como consequência, a Educação Ambiental acaba sendo abordada de forma superficial, limitada a ações pontuais e sem continuidade, sem abordar a problemática ambiental de maneira contextualizada com aspectos locais para promover a transformação socioambiental (Modesto 2016).

Nesse sentido, não adianta inserir a Educação Ambiental apenas como um complemento genérico, como se pudesse se encaixar em qualquer contexto de forma simplista e superficial, sem abordar de maneira efetiva seus porquês e como, que são fundamentais para enfrentar a problemática socioambiental. A LDB demonstra que o meio ambiente é tratado como algo à parte e que se busca dominá-lo, como evidenciado no seguinte fragmento: "a compreensão do ambiente natural e social, do sistema político, da tecnologia, das artes e dos valores em que se fundamenta a sociedade" (Brasil 2017). Apenas mencionar a natureza ou o meio ambiente nessas políticas não garante a implementação da Educação Ambiental de forma crítica. Sob esse ângulo, a forma antropocêntrica do ser humano agir em sociedade, tratando-se como ser superior e sem focar nas causas responsáveis pelo estado crítico em que o planeta se encontra, aproxima a Terra do colapso ambiental (Layrargues & Sato 2024). Promover a superação da fragmentação entre o ser humano e a natureza é essencial para abordar a Educação Ambiental crítica de forma interdisciplinar. Além disso, isso resultará em mudanças nas práticas pedagógicas, promovendo a formação continuada de professores(as) por meio de políticas educativas que considerem o meio ambiente, bem como suas interações com a sociedade e com a política.

A LDB e a BNCC, mesmo prevendo a Educação Ambiental, a abordam como sinônimo de educação para o desenvolvimento sustentável, o que é bastante preocupante, já que sustentabilidade e desenvolvimento sustentável não

são equivalentes. Sustentabilidade refere-se à garantia do equilíbrio entre o meio ambiente e a sociedade e exige uma análise crítica de que, no atual sistema capitalista, não seria possível manter esse equilíbrio enquanto a natureza é explorada de forma predatória em busca de lucro. Conforme Sorrentino e Nunes (2020), é necessário evidenciar a fragilidade dos avanços na implementação de políticas de Educação Ambiental, uma vez que estas são fundamentais para a melhoria das condições ambientais e para a promoção das transformações sociais necessárias.

O desenvolvimento sustentável pode ser interpretado como um mito quando apropriado por discursos que tentam defender o equilíbrio entre crescimento econômico e cuidado ambiental, mas cuja aplicação, na prática, é frequentemente negligenciada e submetida a outros interesses que não enfrentam as contradições estruturais sistêmicas que limitam a construção de sociedades sustentáveis. Esse conceito reforça o mito do progresso diante da injustiça ambiental: não é possível satisfazer as necessidades do presente sem comprometer as gerações futuras, quando já produzimos três vezes mais do que consumimos e pessoas já estão sofrendo e morrendo por essa razão (Alves 2015). Não há como pensar no futuro se ele não existir.

Os resultados da análise dos documentos normativos indicam que, embora mencionem a Educação Ambiental como um direito e elemento essencial da educação, sua efetivação depende fortemente da adoção de uma vertente crítica na gestão política, nos currículos de formação docente e na aplicação prática e local. Sem essas condições, há o risco de que a Educação Ambiental seja tratada de forma superficial, reduzindo seu potencial transformador e comprometendo a educação que reconhece o meio ambiente como dimensão indissociável da vida social.

Esses documentos, que são a base da educação, apresentam uma abordagem conservadora, atribuindo a culpa da problemática ambiental de forma individual, e não coletiva, e adotam visões conservadoras, centradas na responsabilidade do indivíduo e alinhadas a interesses neoliberais. Vale ressaltar que o engajamento da sociedade é abordado, mas não se consideram as desigualdades estruturais que tornam certas comunidades mais vulneráveis à degradação ambiental, o que reproduz injustiças ambientais. A noção de justiça ambiental surge como contraponto, buscando integrar as lutas sociais e ambientais para superar desigualdades e promover a equidade (Acselrad 2002).

Para a execução dos processos formativos, foi instituído o curso "Consciência e Transformação: Políticas à Luz da Educação Ambiental", destinado a professores(as) e desenvolvido em três polos nas macrorregiões sergipanas, nos municípios de São Cristóvão, Nossa Senhora da Glória e Lagarto. A implementação do curso contou com o uso do Diagnóstico Rápido Participativo (DRP), a fim de identificar as questões socioambientais presentes nas me-



FIGURA 1 Cartazes de divulgação do curso "Consciência e Transformação: Políticas à Luz da Educação Ambiental".

sorregiões, a partir do conhecimento e experiência dos(as) professores(as) locais. A Figura 1 apresenta os cartazes utilizados na divulgação do curso para os docentes.

O curso de formação "Consciência e Transformação: Política à Luz da Educação Ambiental", promovido pelo GEPEASE da Universidade Federal de Sergipe (UFS), em parceria com a Fundação de Apoio à Pesquisa e Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe (Fapitec/SE) e o Governo do Estado de Sergipe, contou com a participação de docentes e coordenadores(as) escolares, membros de movimentos sociais e do Comitê de Bacias Hidrográficas de Sergipe. O curso foi organizado em três etapas distintas: a primeira fase, realizada presencialmente, teve caráter de sensibilização, envolvendo atividades par-

ticipativas e reflexivas com os participantes. Na segunda fase, conduzida por meio de uma plataforma virtual, buscou-se ouvir os participantes sobre as problemáticas socioambientais em suas respectivas mesorregiões. A terceira etapa consistiu em um Diagnóstico Rápido Participativo (DRP), com o objetivo de identificar e sistematizar as principais questões levantadas pelos participantes. Essas etapas foram complementadas pelo material de divulgação, incluindo o cartaz desenvolvido para o curso. Na Figura 2, é possível visualizar alguns registros da realização do curso.



FIGURA 2 Registros das atividades desenvolvidas durante o curso "Consciência e Transformação: Políticas à Luz da Educação Ambiental".



FIGURA 3 Cartaz de divulgação e registro fotográfico do Fórum "Eco(ar) Sergipe: Vozes pela Sustentabilidade".

Após a conclusão das três etapas do curso, realizamos o Fórum "Eco(ar) Sergipe: vozes pela sustentabilidade", em 3 de fevereiro de 2024. O evento apresentou como objetivo unir os polos de trabalho, e compartilhar os resultados alcançados ao longo das etapas formativas, bem como definir e esclarecer os próximos passos para a utilização desses resultados, incluindo a elaboração do *e-book* supracitado. Na Figura 3, encontra-se o cartaz utilizado na divulgação do Fórum, acompanhado de um registro fotográfico.

O levantamento das problemáticas socioambientais no curso de formação foi realizado por meio da metodologia participativa e ativa denominada "Onde? Quem? Como e Quando?". Essa atividade constituiu uma adaptação pedagógica da Matriz FOFA (Forças, Oportunidades, Fraquezas e Ameaças), comumente utilizada como instrumento de análise para identificar os pontos fortes e fracos de projetos, bem como para priorizar questões críticas e indicar responsáveis pela resolução das problemáticas identificadas. Nesse contexto, o método "Onde? Quem? Como e Quando?" promoveu a reflexão crítica dos(as) participantes e incentivou sua participação na reflexão sobre formas de enfrentamento da problemática socioambiental.

Vale ressaltar que a promoção de formações integradas e contínuas no âmbito da Educação Ambiental é fundamental para enfrentar a problemática ambiental e fomentar a transformação de comunidades em espaços mais sustentáveis (Guimarães, 2013). Nesse contexto, um desenvolvimento com enfoque social fortalece o ensino participativo e interdisciplinar, incentivando a formação de cidadãos e cidadãs capazes de refletir criticamente e agir de forma consciente, com atitudes alinhadas a uma perspectiva transformadora.

A Educação Ambiental deve abordar conhecimentos e processos formativos a partir de práticas sociais, englobadas em diferentes contextos, que podem apresentar conjunturas distintas para promover transformações humanas (Moreira & Loureiro, 2023). Dessa forma, essas práticas são vivenciadas em determinados contextos de sociedade em que cada sujeito é impulsionado(a) a se conscientizar e sensibilizar quanto ao desenvolvimento de novas perspectivas de pensamentos e ações. Assim, em determinadas circunstâncias da vida, a partir dessa conscientização e sensibilização, somos educados(as) a promover transformações por meio de trocas de conhecimentos.

Segundo Nepomuceno (2017), a Educação Ambiental constitui um processo fundamental para articular, de forma crítica, as tensões políticas presentes nas práticas pedagógicas socioambientais, abrangendo tanto a produção quanto a aplicação social do conhecimento. Isso se torna ainda mais urgente diante do avanço do modo de produção capitalista, que intensifica a degradação ambiental. Assim, é indispensável promover formações com abordagem crítica e interdisciplinar de sujeitos ecopolíticos, aptos e sensíveis para a sustentabilidade (Nepomuceno 2017).

Ao reconhecermos a Educação Ambiental Crítica como uma política pública prioritária, seus impactos podem se relacionar diretamente à promoção da saúde humana em um cenário de crise socioambiental (Figura 4). Nesse contexto de disputa entre os interesses humanos e os limites ecológicos, tanto a humanidade quanto a natureza estão ameaçadas. Portanto, é necessária uma reconexão da vida humana com o planeta Terra e com os demais seres vivos, de modo a fortalecer uma resiliência socioambiental de caráter sistêmico (Silva & Guimarães 2018).



FIGURA 4 Síntese dos resultados obtidos a partir da aplicação da metodologia adaptada da Matriz FOFA.

Ademais, a metodologia apresenta potencial para servir de referência na elaboração de roteiros de práticas pedagógicas em Educação Ambiental, ao oferecer subsídios para o desenvolvimento de atividades reflexivas e contextualizadas. Os resultados do mapeamento realizado nas mesorregiões, conduzido ao longo do curso de formação, evidenciaram que as problemáticas socioambientais mais recorrentes foram o abandono de animais domésticos e o descarte inadequado de resíduos sólidos (Figura 4). As comunidades relataram que a presença de animais nas ruas já é percebida como algo "normal", apesar do sofrimento imposto a esses animais e dos riscos à saúde ambiental.

O Plano Estadual de Educação Ambiental – PlanEA/SE (Sergipe 2022) não aborda diretamente a problemática ambiental destacada, porém, se relaciona ao eixo de saneamento, que engloba ações de prevenção e mitigação de doenças, além da melhoria das condições socioambientais. Dessa forma, esse eixo pode incluir iniciativas educativas voltadas ao enfrentamento dessa problemática. Vale destacar que a problemática ambiental referente ao saneamento, presente também como um dos eixos no PlanEA/SE, que contempla questões como esgotamento sanitário, manejo de resíduos e abastecimento de água, cuja precariedade agrava a vulnerabilidade socioambiental, sobremaneira em regiões como o Agreste sergipano, marcado por condições climáticas de transição e forte atividade agrícola. Esse cenário evidencia processos de injustiça ambiental, nos quais comunidades pobres, negras, indígenas, ribeirinhas e tradicionais são desproporcionalmente afetadas pelos impactos da degradação ambiental (Acselrad 2002).



Também foi destacada a problemática dos resíduos sólidos. A principal fragilidade identificada foi a ausência de infraestrutura adequada para a coleta seletiva e a reciclagem, o que dificulta a implementação de ações de Educação Ambiental e, consequentemente, contribui para a perpetuação do problema. Para tanto, durante o processo formativo, foram debatidos os órgãos e instituições responsáveis por tais questões, destacando-se a importância política e social da Educação Ambiental como dispositivo para o enfrentamento. A partir dessas discussões, os(as) pesquisadores(as) propuseram ações voltadas à construção de práticas sustentáveis em nível local, considerando a realidade de cada território.

Por meio da discussão e da reflexão participativa durante o processo formativo, foi possível valorizar o pertencimento dos sujeitos sociais envolvidos, reconhecendo seus saberes e vivências como elementos centrais da Educação Ambiental. Esse enfoque possibilitou compreender não apenas os desafios enfrentados pelas comunidades, mas também os conflitos envolvidos na construção coletiva de alternativas sustentáveis. A formulação de políticas públicas voltadas ao bem-estar social pode parecer uma responsabilidade exclusiva do governo; entretanto, considerando o nível de interesse

da sociedade em participar desse processo, torna-se fundamental que ela se envolva ativamente na sua construção (Secchi 2010).

Como oportunidade, foram citadas práticas pedagógicas de Educação Ambiental a fim de desenvolver consciência crítica e participação comunitária, enquanto a falta de regulamentação e o desinteresse do setor privado aparecem como ameaças. É importante destacar os impactos ambientais decorrentes do abandono de animais domésticos. Em razão da carência de políticas públicas e de financiamento voltados à proteção animal essa problemática se torna cada vez mais grave. Além dos impactos sociais e de saúde pública, seus efeitos impactam diretamente o ambiente, visto que os animais abandonados podem predar espécies nativas e se tornar uma praga, comprometendo o equilíbrio do ecossistema. A Educação Ambiental surge como potencialidade ao mobilizar comunidades, ONGs e poder público para ações de adoção, vacinação e cuidado responsável, mas a resistência sociocultural e a falta de recursos permanecem como obstáculos (Sergipe 2022).

Além disso, a formação continuada de docentes é fundamental para o fortalecimento da identidade e a valorização profissional, embora enfrente desafios significativos em seu desenvolvimento dentro da sociedade capitalista. Entre as principais dificuldades, destacam-se a disponibilidade de tempo para a liberação dos docentes para participação em cursos, o custeio e a substituição durante as atividades de formação continuada, bem como a conciliação entre estudos e trabalho e a insuficiência de recursos financeiros repassados pelo governo federal aos municípios (Gatti 2021).

É nesse contexto, marcado pela falta de valorização dos seres humanos, que a problemática relativa ao uso excessivo de agrotóxicos, à falta de informação e à formação inadequada de agricultores foi identificada como ameaça significativa. A Educação Ambiental pode contribuir para a difusão de práticas sustentáveis, como a agroecologia, embora tenha de enfrentar pressões econômicas da indústria de agrotóxicos (Lamosa & Loureiro 2014). Nesse caso, a adoção de políticas que incentivem métodos alternativos representa uma oportunidade relevante. Já a problemática do esgoto a céu aberto evidenciou a precariedade da infraestrutura de saneamento e a ausência de ações educativas, fatores que comprometem a saúde pública e o meio ambiente.

A sensibilização por meio da Educação Ambiental apresenta-se como potencial para fomentar a participação comunitária e fortalecer reivindicações por melhorias, ainda que a falta de vontade política, os interesses econômicos e a descontinuidade de políticas públicas se mantenham como ameaças importantes. Por outro lado, oportunidades envolvem a implementação de práticas sustentáveis de tratamento de esgoto e a criação de políticas de conscientização em saúde. De modo geral, as discussões evidenciaram que a Educação Ambiental crítica é fundamental para fortalecer a participação

comunitária, evidenciar desigualdades socioambientais e promover ações coletivas orientadas à justiça ambiental e à sustentabilidade.

Há uma descentralização da administração e do financiamento dos serviços públicos para o governo, o que resulta em uma perda da soberania do Estado e emergem exigências sociais que reivindicam políticas alinhadas aos interesses dos direitos constituídos socialmente (Lélis & Silva 2010). Os resultados indicam que os(as) professores(as) enfrentam dificuldades em abordar questões ambientais de forma crítica e eficaz, o que impacta diretamente o ensino: os alunos acabam recebendo uma Educação Ambiental que não contempla plenamente os problemas socioambientais específicos da região. Embora as políticas públicas afetem esferas privadas, como família, mercado ou religião, elas não deixam de ser públicas, essa participação ocorre dentro de um marco de decisões públicas para as comunidades, ou seja, decisões tomadas por agentes governamentais apoiados no poder normativo do Estado (Rua 2009).

Processos formativos que promovem a Educação Ambiental com abordagem crítica valorizam os saberes das comunidades locais, incentivam a participação comunitária e adotam metodologias reflexivas, com o objetivo de formar sujeitos ecopolíticos. Nesse contexto, a própria investigação se beneficia do conhecimento dos(as) participantes, fundamentais para diagnosticar a realidade socioambiental em Sergipe e implementar processos formativos capazes de articular múltiplos sujeitos sociais e setores da sociedade, promovendo uma Educação Ambiental emancipatória e integrada (Modesto 2016).

Os resultados evidenciam a urgência de práticas educativas críticas que superem o silenciamento institucional e fortaleçam a formação de sujeitos ecopolíticos, capazes de atuar em prol de sociedades sustentáveis e participativas, articulando conhecimento acadêmico, saberes locais e gestão comunitária dos bens naturais. Conforme Freire (1979), é fundamental que a educação não se limite aos conteúdos, mas se expresse também em programas e metodologias adaptadas, que permitam ao indivíduo tornar-se sujeito, ou seja, uma pessoa capaz de transformar o mundo e estabelecer relações de equidade com os demais membros da comunidade, compartilhando seu conhecimento, cultura e história.

Portanto, a Educação Ambiental precisa ser fortalecida na sociedade, por meio de processos formativos que possibilitem o enfrentamento da degradação e da injustiça ambiental. Isso implica reconhecer que a justiça ambiental depende de políticas públicas eficazes, pois uma não se realiza sem a outra. Quando a política se materializa em estratégias voltadas à promoção da justiça e à recomposição das condições de vida de comunidades vulneráveis, é possível superar os obstáculos que dificultam o enfrentamento das problemáticas socioambientais. Entretanto, há uma contradição evidente

entre a compreensão de política e os avanços tecnológicos, uma vez que muitas dessas inovações são desenvolvidas não para solucionar a injustiça ambiental, mas para atender a interesses sociopolíticos vinculados a transformações que consolidam condutas neoliberais.

Diante disso, os resultados da terceira etapa do processo formativo culminaram na elaboração de um guia pedagógico voltado para processos formativos em Educação Ambiental de Base Comunitária, consolidado no *e-book Desafios Socioambientais em Sergipe: Diagnóstico, Formação e Políticas Públicas para a Transformação* (Modesto *et al.* 2024). Este material detalha todas as etapas da pesquisa, apresenta o diagnóstico das problemáticas socioambientais em Sergipe e propõe soluções viáveis a partir das ações emergentes dos sujeitos envolvidos. O processo enfatizou a transformação da realidade por meio da coletividade, do debate, da reflexão crítica e da articulação entre diferentes atores sociais, promovendo uma abordagem integrada para enfrentar os desafios socioambientais de Sergipe.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa alcançou seus resultados ao evidenciar como a crise socioambiental contemporânea afeta comunidades de maneira desigual e como suas consequências decorrem, em grande parte, das próprias ações humanas. Nessa perspectiva, foi evidente que a Educação Ambiental, sobretudo quando concebida de forma crítica e emancipatória, é fundamental para compreender as raízes da problemática socioambiental e identificar estratégias eficazes de enfrentamento. Além disso, a formação continuada de professores(as) desempenha papel central nesse processo, permitindo que a educação supere abordagens conservacionistas e fragmentadas, integrando saberes locais, conhecimento acadêmico e gestão comunitária.

O estudo demonstrou que, mesmo a Educação Ambiental estando prevista na legislação brasileira e em políticas públicas, sua aplicação prática ainda enfrenta desafios significativos, sobremaneira em termos de interdisciplinaridade e articulação com a realidade socioambiental local. Nos currículos e nas práticas escolares, a abordagem ainda é fragmentada e predominantemente conservacionista, limitando o potencial transformador da Educação Ambiental. Diante disso, surge a necessidade de fortalecer formações docentes em Educação Ambiental, como estratégia imprescindível para o

desenvolvimento de práticas pedagógicas críticas, contextualizadas e participativas, capazes de promover a construção de sujeitos ecopolíticos e a mobilização social em prol de sociedades mais justas e sustentáveis.

O processo formativo realizado entre 2022 e 2024 em Sergipe, envolvendo docentes, gestores(as), pesquisadores(as) e representantes comunitários, permitiu diagnosticar as problemáticas socioambientais regionais e propor soluções viáveis, articuladas no *e-book Desafios Socioambientais em Sergipe: Diagnóstico, Formação e Políticas Públicas para a Transformação* (Modesto *et al.* 2024). Entre os desafios identificados, destacam-se o abandono de animais domésticos, o descarte inadequado de resíduos sólidos, o uso excessivo de agrotóxicos e a precariedade da infraestrutura de saneamento. Essas questões evidenciam processos de injustiça ambiental, nos quais comunidades vulneráveis são desproporcionalmente afetadas, reforçando a necessidade de políticas públicas e ações educativas integradas.

Portanto, ressaltamos que a participação ativa da sociedade na formulação de políticas públicas é essencial para que a Educação Ambiental seja eficaz. A articulação entre conhecimento acadêmico, saberes locais e ação comunitária possibilita enfrentar a fragmentação entre sociedade e natureza, promovendo práticas de justiça ambiental e sustentabilidade. Além disso, as barreiras estruturais, como a falta de tempo, de recursos e de regulamentação adequada, dificultam a implementação plena de processos formativos e, consequentemente, a consolidação de práticas socioambientais transformadoras.

Dessa forma, os resultados indicam que a Educação Ambiental crítica é um dispositivo estratégico para fortalecer a participação comunitária, valorizar saberes locais e promover práticas de sustentabilidade em níveis individuais e coletivos. Ao articular a reflexão crítica, a formação docente e as políticas públicas contextualizadas, é possível enfrentar a crise socioambiental e construir sociedades mais equitativas e ambientalmente conscientes. Por fim, o estudo evidencia que, para efetivar a transformação socioambiental, é imprescindível a continuidade de processos educativos participativos, interdisciplinares e emancipatórios, para fortalecer sujeitos ecopolíticos engajados na promoção da justiça ambiental e do bem-viver socioambiental.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acselrad H (2002). Justiça ambiental e construção social do risco. Desenvolvimento e Meio Ambiente, 5, 49-60.

Alves JED (2015). O mito dos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS). EcoDebate. Disponível em https://www.ecodebate.com.br/2015/09/23/o-mito-dos-objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-ods-artigo-de-jose-eustaquio-diniz-alves/. Acesso a 15 de Julho de 2024.

Brasil (2017). LDB: Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Senado Federal, Coordenação de Edições Técnicas, Brasília.

Freire P (1979). Conscientização. Cortez e Moraes, São Paulo.

Gatti BA (2021). Formação de professores no Brasil: políticas e programas. Paradigma, 42(e2), 1-17. doi: 10.37618/PARADIGMA.1011-2251.2021.p01-17.id1044. Disponível em https://revistaparadigma.com.br/index.php/paradigma/article/view/1044. Acesso a 5 de Junho de 2026.

Guimarães M (2013). Por uma educação ambiental crítica na sociedade atual. Margens Interdisciplinar, 7(9), 229-240.

Lamosa R & Loureiro CFB (2014). Agronegócio e educação ambiental: uma análise crítica. Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação, 22(83), 533-554.

Layrargues PP & Lima GFC (2014). As macrotendências político-pedagógicas da educação ambiental brasileira. Ambiente & Sociedade, 17(1), 23-40.

Lélis UA & Silva MV (2010). A materialização das políticas do "terceiro setor" na educação brasileira, no contexto de "(contra)reforma" do Estado. Em: Lima AB & Muñoz GH (Eds.). Estado e Políticas Públicas em Tempos de Reformas. Editora Alínea, Campinas.

Modesto MA (2016). Que revelam os discursos emergentes do currículo? Possibilidades para formação ambiental do pedagogo mediante o ensino de história. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Brasil.

Modesto MA, Nepomuceno ALO & Nascimento LMB (Orgs.) (2024). Desafios socioambientais em Sergipe: diagnóstico, formação e políticas públicas para a transformação. 1ª ed. Criação Editora, Aracaju.

Moreira LTS & Loureiro CFB (2023). Análise crítica do discurso do documento diretrizes de aprendizagem dos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) no currículo da cidade de São Paulo. Revista Sergipana de Educação Ambiental, 10, 1-15. doi: 10.47401/revisea.v10.19650. Disponível em https://periodicos.ufs.br/revisea/article/view/19650. Acesso a 16 de Julho de 2024.

Nepomuceno ALO (2017). Das tensões políticas à prática pedagógica socioambiental: contextos da Política Estadual de Educação Ambiental (SE). Tese de Doutoramento, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Brasil. Disponível em http://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/4603. Acesso a 10 de Janeiro de 2024.

Rua MG (2009). Políticas públicas. Departamento de Ciências da Administração, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Santos MC (2024). O lugar da educação ambiental nos documentos oficiais: considerações a partir da legislação brasileira e sergipana. Em: Modesto MA, Nepomuceno ALO & Nascimento LMB (Orgs.). Desafios socioambientais em Sergipe: diagnóstico, formação e políticas públicas para a transformação. Criação Editora, Aracaju.

Secchi L (2010). Políticas públicas: conceitos, esquemas de análise, casos práticos. Cengage Learning, São Paulo.

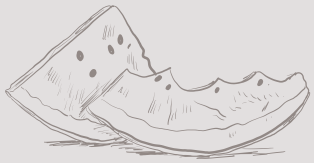
Sergipe (2022). Plano Estadual de Educação Ambiental. Disponível em https://www.se.gov.br/anexos/uploads/download/filename_novo/. Acesso a 25 de Novembro de 2025.

Silva CCM & Guimarães M (2018). Mudanças climáticas, saúde e educação ambiental como política pública em tempos de crise socioambiental. Revista de Políticas Públicas, 22, 1151-1170.

Sorrentino M & Nunes ELM (2020). Local/global: caminhos da (in)sustentabilidade. Caderno Prudentino de Geografia, 42, 363-389. Disponível em https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/7753. Acesso a 1 de Maio de 2024.

Taffarel CNZ & Beltrão JA (2019). Destruição de forças produtivas e o rebaixamento da formação da classe trabalhadora: o caso da reforma da BNCC do ensino médio. Germinal: Marxismo e Educação em Debate, 11(1), 103-115.

O RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO EM CONTRADIÇÃO: DESPERDÍCIO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS E A FRAGILIZAÇÃO DA FUNÇÃO PEDAGÓGICA PELA TERCEIRIZAÇÃO



SHEILYJAINE DA SILVA FRANCISCO RIBEIRO[1]*, ANA PAULA SACCO[2], THIAGO EITI YAMAUCHI[3]

*sheilyjane.ribeiro@sou.ufmt.br

1 Engenheira de Alimentos, Universidade Federal do Mato Grosso. Mestranda no Programa de Pós Graduação em Engenharia de Alimentos na Universidade Federal de Uberlândia.

2 Doutora em Química pelo Instituto de Química - Unesp/Araraquara. Docente Adjunta IV na Universidade Federal de Mato Grosso.

3 Especialista em Agroecologia, Instituto Federal de Mato Grosso.

RESUMO

A Educação Ambiental Crítico-Transformadora (EACT) é empregada para analisar a gestão de Resíduos Sólidos Orgânicos (RSO) em Unidades de Alimentação e Nutrição (UANs), revelando contradições estruturais. Este estudo, de caráter quali-quantitativo, aplicou o método de caracterização gravimétrica conforme a NBR 10.007/2004 no Restaurante Universitário (RU) da UFMT/CUA de 15 a 20 de maio de 2023. Quantificou-se um total de 698,4 kg de RSO, com uma média diária de 116,4 kg ($\pm$33,21 kg), resultando em um indicador de desperdício *per capita* de 122,4 g/comensal. Este valor supera amplamente

CITAÇÃO RECOMENDADA Ribeiro SSF, Sacco AP & Yamauchi TE (2025). O Restaurante universitário em contradição: desperdício de resíduos orgânicos e a fragilização da função pedagógica pela terceirização. *Lucanus* – Revista de Ambiente e Sociedade, Volume IX, Páginas 188-199.

os limites de desperdício aceitável, demonstrando uma perda significativa e equitativa entre o pré-preparo (49,4%) e o pós-consumo (50,6%). A análise crítica correlaciona o alto índice de desperdício ao modelo de gestão terceirizada da UAN. Conclui-se que a terceirização estabelece um limite institucional e político que precariza o trabalho, restringe a autonomia da universidade e neutraliza o potencial pedagógico do RU, reforçando a urgência de políticas de redução e valorização da matéria orgânica alinhadas à EACT e à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

PALAVRAS-CHAVE
Caracterização Gravimétrica; Desperdício Alimentar; Educação Ambiental Crítica; NBR 10.007; Terceirização em UANs.

ABSTRACT
Transformative Critical Environmental Education (TCEE) is used to analyze the management of Organic Solid Waste (OSW) in University Food Service Units (FSU), revealing structural contradictions. This quali-quantitative study applied the gravimetric characterization method according to NBR 10.007/2004 at the University Restaurant (UR) of UFMT/CUA from May 15–20, 2023. A total of 698.4 kg of OSW was quantified, with a daily average of 116.4 kg (\$\pm\$33.21 kg), resulting in a waste indicator *per capita* of 122.4 g/diner. This value largely exceeds acceptable waste limits, demonstrating a significant and balanced loss between pre-preparation (49.4%) and post-consumption (50.6%). The critical analysis correlates the high waste rate with the UR's outsourced management model. It is concluded that outsourcing establishes an institutional and political limit that precariousizes labor, restricts the university's autonomy, and neutralizes the UR's pedagogical potential, reinforcing the urgency of waste reduction and valorization policies aligned with TCEE and the National Solid Waste Policy (PNRS).

KEYWORDS
Critical Environmental Education; Gravimetric Characterization; Food Waste; NBR 10.007; FSU Outsourcing.



1 INTRODUÇÃO

A produção de resíduos sólidos orgânicos (RSO) em Restaurantes Universitários (RUs) expressa de forma emblemática as contradições do modelo agroalimentar contemporâneo e as desigualdades socioambientais que atravessam o cotidiano institucional. Longe de constituírem apenas "sobras", os resíduos revelam relações estruturais de desperdício, consumo e invisibilização do trabalho alimentar, apontando para um sistema que, ao mesmo tempo em que produz abundância, naturaliza práticas de descarte incompatíveis com a sustentabilidade socioambiental (Loureiro 2019; Damo 2016). Essas contradições adquirem caráter ainda mais evidente quando consideradas à luz da Educação Ambiental Crítico-Transformadora (EACT), cuja perspectiva analítica busca compreender o ambiente em suas determinações históricas, políticas e sociais, vinculando os processos educativos à crítica das relações de poder e dos modelos hegemônicos de produção e consumo (Loureiro 2003, Nogueira 2023, Bizarria *et al*. 2023).

No contexto universitário, as contradições do sistema agroalimentar se associam às dinâmicas institucionais que configuram as Unidades de Alimentação e Nutrição (UAN) e os RUs. Apesar de sua relevância social e formativa, muitos restaurantes universitários operam sob lógicas produtivistas que privilegiam eficiência operacional e redução de custos, enquanto temas como desperdício alimentar, condições de trabalho, justiça social, gestão adequada dos resíduos e educação ambiental permanecem secundarizados (Gonçalves *et al*. 2020, ABRELPE 2022, Lima *et al.* 2022). A terceirização — hoje predominante na gestão dos RUs públicos — intensifica essas contradições ao subordinar o trabalho alimentar e a gestão de resíduos a relações contratuais privadas, tensionando o direito à alimentação estudantil e os princípios da universidade pública.

Sob a perspectiva da EACT, compreender a geração de resíduos exige ultrapassar a leitura técnica do problema e situá-lo nas relações de poder, nas condições de trabalho, nos padrões alimentares e nas estruturas socioeconômicas que moldam a produção e o consumo (Loureiro 2003; Minayo 2012). O resíduo, nessa abordagem, é tomado como síntese de processos históricos: resulta de escolhas políticas, fluxos econômicos e práticas culturais e, por isso, não pode ser tratado como um simples problema operacional a ser gerenciado, mas como um fenômeno socioambiental a ser politicamente enfrentado (Nogueira 2023; Bizarria *et al.* 2023).

Os RUs configuram-se, assim, como espaços privilegiados para vivências e práticas de educação ambiental crítica, na medida em que articulam planejamento alimentar, abastecimento institucional, sociabilidade estudantil e gestão pública. A caracterização da fração orgânica dos resíduos gerados nesses espaços não é somente uma etapa técnica de quantificação, mas um processo de leitura crítica das materialidades que compõem o cotidiano universitário — revelando quais práticas ampliam o desperdício, quais setores concentram maior produção de resíduos e como trabalhadores, estudantes e gestores se relacionam com o alimento (Santos 2012, Yamauchi *et al*. 2021, Ribeiro 2023). Trata-se de compreender o RU como lugar de disputa simbólica e política, no qual se expressam modelos alimentares, condições de trabalho, culturas institucionais e relações econômicas historicamente construídas.

A caracterização dos resíduos orgânicos também é fundamental para subsidiar políticas institucionais alinhadas à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que estabelece como prioridades a não geração, redução e valorização dos resíduos, especialmente por meio de tecnologias socioambientais como a compostagem (Brasil 2010, NBR 10.007/2004). Estudos recentes têm demonstrado que universidades que institucionalizam práticas integradas de gestão de resíduos avançam em sustentabilidade, reduzem desperdício e ampliam o caráter pedagógico de suas práticas ambientais (Moreira & Günther 2024).

No âmbito da Universidade Federal de Mato Grosso — Campus Universitário do Araguaia (UFMT/CUA), a produção de dados inéditos sobre a fração orgânica do Restaurante Universitário permite compreender a magnitude da geração de resíduos e suas causas estruturais, identificando tanto fragilidades administrativas decorrentes do modelo de terceirização quanto potencialidades de um RU gerido como equipamento pedagógico da universidade. Essa análise, articulada à EACT, reforça a urgência de repensar práticas institucionais, fortalecer a gestão sustentável do RU, promover processos formativos críticos e discutir alternativas de gestão pública direta, capazes de romper com as contradições da mercantilização do trabalho alimentar.

Diante desse cenário, este estudo teve como objetivo caracterizar qualitativa e quantitativamente a fração orgânica dos resíduos gerados no RU da UFMT/CUA, analisando os setores de cozinha e refeitório e interpretando os resultados à luz da Educação Ambiental Crítico-Transformadora. Busca-se, assim, contribuir para ações institucionais de redução do desperdício, de manejo sustentável e de valorização da matéria orgânica, ao mesmo tempo em que se aprofunda a análise crítica da gestão universitária da alimentação estudantil.

2 METODOLOGIA

2.1. LOCAL E PERÍODO DO ESTUDO

O estudo foi realizado no Restaurante Universitário (RU) do Campus Universitário do Araguaia (CUA) da UFMT, no período de seis dias úteis consecutivos (15 a 20 de maio de 2023).

2.2. PROCEDIMENTO DE CARACTERIZAÇÃO GRAVIMÉTRICA E PESAGEM

A metodologia adotada foi a de quantificação direta, seguindo rigorosamente os procedimentos de caracterização gravimétrica da ABNT NBR 10.007:2004 (Amostragem de Resíduos Sólidos). Os dados de caracterização foram derivados da pesquisa original (RIBEIRO, 2023). A coleta e segregação dos Resíduos Sólidos Orgânicos (RSO, ou fração molhada) foram realizadas em dois setores distintos:

- Setor da Cozinha (SC): Resíduos de pré-preparo, incluindo cascas, talos, partes não utilizadas de alimentos e sobras de preparação.

- Setor do Refeitório (SR): Restos-ingesta (pós-consumo), correspondente aos restos deixados nos pratos dos comensais.

A massa de resíduos de cada setor foi pesada diariamente em balança digital com precisão de 0,1 kg, imediatamente após o término de cada período de funcionamento, após serem acondicionados em recipientes padronizados.



2.3. CÁLCULO DO INDICADOR *PER CAPITA* E ORIENTAÇÃO CRÍTICA

Os dados quantitativos permitiram o cálculo da massa total de resíduos, médias diárias, desvio-padrão, proporção por setor e estimativa de geração mensal. O indicador de desperdício (*per capita*) foi calculado pela razão entre a massa total de RSO do Setor Refeitório (SR) e o número total de comensais atendidos no período.

A interpretação dos resultados foi orientada pela Educação Ambiental Crítico-Transformadora (EACT), articulando as dimensões quantitativas com fatores socioambientais, culturais e institucionais, conforme detalhado na Discussão.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. RESULTADOS QUANTITATIVOS GERAIS

A caracterização da fração orgânica resultou em 698,4 kg de resíduos no período analisado, com distribuição equilibrada entre os dois setores: 345,3 kg no SC (49,4%) e 353,1 kg no SR (50,6%). A média diária foi de 116,4 kg/dia, mas, considerando apenas dias completos (três refeições), a média estabiliza em 127,7 kg/dia. Para o cálculo do indicador per capita, consideraram-se apenas dias operacionais completos, excluindo o sábado, devido à oferta reduzida de refeições.

Indicador	Valor	Observação
Total de resíduos (6 dias)	698,4 kg	SC: 345,3 kg; SR: 353,1 kg
Média diária (6 dias)	116,4 kg/dia	Inclui sábado
Média diária (5 dias)	127,7 kg/dia	Três refeições (exclui sábado)
Estimativa mensal total	3.492 kg/mês	Projeção proporcional usando a média dos dias completos.
Desperdício per capita	122,4 g/comensal	Base: 14.420 refeições/mês
Distribuição SC/SR	49,4% / 50,6%	Equilíbrio setorial

TABELA 1 Resumo dos Indicadores Quantitativos (RU/UFMT-CUA, 2023).

3.2. PADRÕES DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS

Os resíduos do SC apresentaram menor oscilação, indicando estabilidade do pré-preparo. No SR, as variações refletem fatores como a aceitação dos cardápios, a dinâmica do serviço e o comportamento alimentar dos estudantes. O dia 20/05 (sábado) com duas refeições servidas – café da manhã e almoço – a um número reduzido de usuários apresentou o total de 59,7 kg de resíduos, valor considerado alto quando correlacionado com refeições servidas e número de comensais dos outros dias da semana, o que reforça o impacto das rotinas operacionais na interpretação estatística.

> “Os dados quantitativos permitiram o cálculo da massa total de resíduos, médias diárias, desvio-padrão, proporção por setor e estimativa de geração mensal.”

3.3. ANÁLISE INTEGRADA DOS DADOS

A taxa de 122,4 g/comensal se alinha à média brasileira em unidades de alimentação coletiva, mas revela um padrão significativo de desperdício evitável, excedendo em muito o limite aceitável. O equilíbrio entre resíduos gerados no preparo e no consumo aponta para oportunidades de aprimoramento em ambas as etapas da cadeia alimentar. Esses dados evidenciam a necessidade de estratégias pedagógicas e gerenciais permanentes, como monitoramento sistemático, formação das equipes, educação alimentar e ambiental e a incorporação de tecnologias socioambientais, como a compostagem.

3.4. DISCUSSÃO CRÍTICA: A DIMENSÃO POLÍTICA E ESTRUTURAL DA GESTÃO DO RU

3.4.1. A terceirização como limite estrutural: trabalho precarizado e fragilidade institucional

Os resultados quantitativos, sob a lente da EACT, revelam a dimensão política e laboral que estrutura o funcionamento do RU. A terceirização, generalizada nas instituições públicas, produz formas de exploração laboral que repercutem diretamente nos processos de gestão de resíduos. As trabalhadoras do RU lidam cotidianamente com rotinas intensas, baixos salários, alta rotatividade e vínculos instáveis.

Esses elementos impedem a consolidação de práticas formativas, inibem a autonomia das nutricionistas e dificultam o desenvolvimento de políticas contínuas de educação ambiental. Como discutem Loureiro (2003) e Minayo (2012), a precarização do trabalho é parte constitutiva das contradições do capitalismo contemporâneo e se expressa também nos espaços alimentares institucionais. Isso se evidencia na literatura que já apontava que a lógica de mercado imposta às empresas terceirizadas dificulta ou inviabiliza ações sustentáveis de longo prazo nos Restaurantes Universitários do país (Ribeiro & Sacco 2025).

3.4.2. Implicações para a gestão universitária da alimentação estudantil

Os resultados mostram que a gestão da alimentação na UFMT-CUA não pode ser analisada de forma isolada. Um RU gerido por empresa privada é estruturalmente limitado para assumir funções científicas, pedagógicas e socioambientais que deveriam ser próprias de uma universidade pública. O modelo terceirizado desloca a tomada de decisão para agentes cujo objetivo central é econômico, não formativo. Como consequência:

- Ações educativas são pontuais ou inexistentes;
- Práticas de prevenção ao desperdício deixam de ser prioridade;
- Mecanismos de participação estudantil são enfraquecidos;
- Tecnologias socioambientais (como compostagem) não são incorporadas;
- Os resíduos deixam de ser materialidade pedagógica e tornam-se apenas um problema operacional.

Tal realidade contrasta com o potencial formativo defendido pela EACT e discutido por Nogueira (2023), que destaca os RUs como espaços estratégicos para articular ensino, pesquisa, extensão e gestão ambiental participativa. No RU da Universidade Federal de Pernambuco cerca de 3,5 mil refeições são consumidas diariamente e os autores relatam como principais dificuldades na gestão dos resíduos as falhas no planejamento, a ausência de separação e destinação adequada, a falta de infraestrutura, o baixo engajamento dos usuários e a inexistência de um plano formal de gestão (Gonçalves & Albuquerque 2020). Na análise realizada na Universidade do Estado do Rio de Janeiro, apesar do percentual de resto ingesta de 21,21 g/pessoa estar dentro dos padrões literários considerados aceitáveis, o quantitativo de alimentos preparados não servidos descartados foi de 109,21 g/pessoa, valor extremamente acima do recomendado. As principais dificuldades de gestão dos resíduos citados pelos autores foram o planejamento inadequado, a legislação restritiva, a falta de conscientização e treinamento, a ausência de logística para reaproveitamento e carência de políticas públicas efetivas (Souza *et al.* 2020).

3.4.3. O Restaurante Universitário como equipamento pedagógico e espaço de formação crítica

Ao aplicar a perspectiva da EACT (Loureiro 2019), o RU é compreendido como um equipamento pedagógico, capaz de articular dimensões sociais, ambientais, políticas e laborais. Os indicadores quantitativos — como o desperdício *per capita* de 122,4 g/comensal — e os qualitativos — como a mistura inadequada de resíduos — revelam contradições estruturais que podem ser transformadas em práticas educativas. O RU pode tornar-se espaço de aprendizagem social, integrando cursos, projetos de extensão, monitoramento participativo e formação continuada das equipes. Tal ressignificação exige políticas públicas permanentes e superação dos limites estruturais da terceirização, fortalecendo a autonomia universitária e a responsabilidade socioambiental.

4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A caracterização da fração orgânica dos resíduos gerados no Restaurante Universitário da UFMT/CUA evidenciou elevados volumes de desperdício tanto no pré-preparo quanto no pós-consumo. O total de 698,4 kg registrados em seis dias e o indicador *per capita* de 122,4 g/comensal demonstram que o problema não é pontual, mas estrutural e recorrente. Esses resultados, porém, só adquirem seu sentido mais profundo quando analisados à luz da Educação Ambiental Crítico-Transformadora (EACT).

Os resíduos encontrados não são apenas matéria orgânica descartada: são expressões materiais de desigualdades, decisões institucionais, práticas culturais e condições de trabalho. Eles revelam contradições entre o discurso de sustentabilidade presente nos documentos institucionais e a prática cotidiana marcada pela precarização laboral, terceirização, falta de formação permanente e ausência de políticas contínuas de educação ambiental.

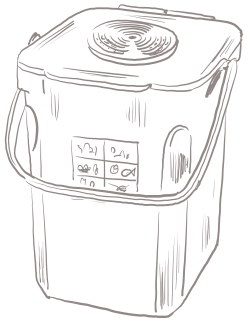
O estudo confirma os achados de Ribeiro & Sacco (2025) sobre os limites do modelo terceirizado na gestão dos Restaurantes Universitários. A lógica empresarial que rege a terceirização restringe a autonomia das nutricionistas,

dificulta a participação da comunidade acadêmica e inviabiliza ações de longo prazo para redução do desperdício e valorização da matéria orgânica. Para transformar esse cenário, é fundamental que o RU seja incorporado à política de formação universitária como equipamento pedagógico estratégico. Uma gestão pública, integrada e participativa permitiria:

- Monitoramento permanente da geração de resíduos;
- Implantação de tecnologias socioambientais como a compostagem;
- Formação continuada das trabalhadoras;
- Participação ativa de estudantes e servidores;
- Integração entre cursos, projetos de pesquisa e ações de extensão.

Assim, mais do que diagnosticar o problema, este estudo evidencia a urgência de reconstruir, política e institucionalmente, o papel do Restaurante Universitário, fortalecendo sua função social e educativa e garantindo práticas alimentares e socioambientais alinhadas à justiça social, à sustentabilidade crítica e à missão da universidade pública.

> “O RU pode tornar-se espaço de aprendizagem social, integrando cursos, projetos de extensão, monitoramento participativo e formação continuada das equipes.”



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais [ABRELPE]. (2022). Panorama dos resíduos sólidos no Brasil. ABRELPE.

Bizarria FPA, Oliveira FA & Barbosa FLS (2023). Educação ambiental crítica e gestão de resíduos em organizações educativas. Revista Brasileira de Educação Ambiental, 18(3), 112–128.

Brasil (2010). Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS); altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União.

Brasil (2020). Lei n. 14.016, de 23 de junho de 2020. Dispõe sobre o combate ao desperdício de alimentos e a doação de excedentes de alimentos in natura, produtos industrializados e refeições prontas para consumo. Diário Oficial da União.

Damo A (2016). Desperdício e desigualdade alimentar. Em: Alimentação em cena: perspectivas sociológicas. Editora da USP.

Fernandes E & Rolli C (2021). Responsabilidade penal na doação de alimentos. Revista Brasileira de Direito Penal, 14, 45–62.

Gonçalves HB *et al*. (2020). Desperdício em restaurantes universitários brasileiros: uma revisão sistemática. Revista de Nutrição Aplicada, 10(1), 15–28.

Gonçalves MM & Albuquerque JL (2020). Gestão de resíduos sólidos no restaurante universitário da Universidade Federal Rural de Pernambuco: diagnóstico e análise à luz da agenda ambiental na administração pública. Revista de Administração da UFSM, 13(4), 784–803.

Júnior AR (2010). Caracterização de resíduos na UEM [Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Maringá]. Repositório Institucional UEM.

Lima AS, Torres R & Rebouças L (2022). Educação ambiental crítica frente às crises contemporâneas. Revista Brasileira de Educação Ambiental, 17(4), 55–70.

Loureiro CFB (2003). Premissas teóricas da educação ambiental crítica. Cortez.

Loureiro CFB (2019). Educação Ambiental crítica: fundamentos e metodologias (6. ed.). Cortez.

Minayo MC (2012). Saúde e trabalho: o trabalho do profissional de saúde (3. ed.). Editora Fiocruz.

Moreira DC & Günther W (2024). Gestão de resíduos sólidos em instituições de ensino superior: uma revisão. Revista Ecogestão, 12(1), 34–50.

Nogueira FM (2023). Contribuições para a Educação Ambiental Crítica: o RU como equipamento pedagógico. Revista Brasileira de Educação Ambiental, 18(2), 89–104.

Organização das Nações Unidas [ONU] (2015). Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Nações Unidas Brasil. Disponível em https://brasil.un.org/pt-br/sdgs

Ribeiro, SSF (2023). Caracterização da fração orgânica dos resíduos gerados no restaurante universitário da UFMT/CUA [Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, Universidade Federal de Mato Grosso].

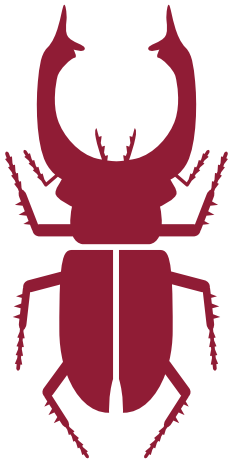
Ribeiro SSF & Sacco PA (2025). Tratamento de resíduos orgânicos em restaurantes universitários: uma revisão bibliográfica. Revista Processos Químicos, 19, 55-59.

Santos BS (2012). A crítica da razão indolente: contra o desperdício da experiência (2. ed.). Cortez.

Souza PG *et al.* (2020). Avaliação do desperdício em restaurantes comerciais do tipo autosserviço total na Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Research, Society and Development, 9(6), e3605.

Yamauchi TE *et al.* (2021). Resíduos orgânicos e práticas de gestão em restaurante universitário. Revista de Extensão Universitária, 8(1), 1–15.

REVISORES CIENTÍFICOS DA REVISTA **António Eloy** Observatório Ibérico de Energia **Henrique Pereira dos Santos** Arquiteto Paisagista **Lúcia Guilhermino** Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar, Universidade do Porto **Paulo Borges** Departamento de Ciências Ambientais, Universidade dos Açores **João Cabral** Escola de Ciências da Vida e do Ambiente, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro **Eduardo Santos** Liga para a Proteção da Natureza **Maria João Ramos Pereira** Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul **João Honrado** Departamento de Biologia, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto **Hélia Marchante** Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Coimbra **Pedro Almeida** Departamento de Biologia, Universidade de Évora **Amílcar Teixeira** Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança **José Grosso-Silva** Museu de História Natural e da Ciência, Universidade do Porto **Artur Serrano** Departamento de Biologia Animal, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa **Helena Ceia** Departamento de Recursos Naturais e Conservação da Natureza, Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas **Amália Oliveira** Departamento de Biologia, Universidade de Évora **Gonçalo Rosa** Centro de Ecologia, Evolução e Alterações Ambientais, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa **Eduardo Ferreira** Departamento de Biologia, Universidade de Aveiro **Miguel Carretero** Centro de Investigação em Biodiversidade e Recursos Genéticos, Universidade do Porto **António Paulo Pereira Mira** Departamento de Biologia, Universidade de Évora **José Pedro Granadeiro** Departamento de Biologia Animal, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa **Paulo Silveira** Departamento de Biologia, Universidade de Aveiro **Carlos Aguiar** Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança **Jorge Paiva** Departamento de Ciências da Vida, Universidade de Coimbra **Luís Ceríaco** Departamento de Zoologia e Antropologia, Museu Nacional de História Natural e da Ciência **Rosa Pinho** Departamento de Biologia, Universidade de Aveiro **Fernanda Botelho** Especialista em Etnobotânica **Artur Sá** Departamento de Geologia, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro **Hugo Novais** Agrupamento de Escolas Dr. Mário Fonseca, Lousada **Jorge Canhoto** Departamento de Ciências da Vida, Universidade de Coimbra **Rosário Correia Machado** Rota do Românico, Lousada **Milene Matos** Divisão da Conservação da Natureza e Educação Ambiental, Câmara Municipal de Lousada **Madalena Boto** Realizadora de documentários de História Natural



CONTACTOS

Câmara Municipal de Lousada
Praça Dr. Francisco Sá Carneiro, Ap. 19
4620-909 Lousada
lucanus@cm-lousada.pt

GESTÃO EDITORIAL

João Carvalho (Coordenador editorial)
Departamento de Biologia e Centro de Estudos do Ambiente e do Mar, Universidade de Aveiro
jlcarvalho@ua.pt

Carlos Fonseca
Departamento de Biologia e Centro de Estudos do Ambiente e do Mar, Universidade de Aveiro
cfonseca@ua.pt

Manuel Nunes
Docente e investigador.
Ministério da Educação.
manuelmotanunes.pt@gmail.com

© Rafael Marques

A espécie *Lucanus cervus* (Linnaeus, 1758), comummente conhecida por vaca-loura, cornélia, carocha ou abadejo, é um escaravelho com grande relevância ecológica e cultural. Outrora comum em Lousada, o seu valor iconográfico tornou a espécie, em particular a armadura bucal dos machos, muito procurada como amuleto, o que contribuiu para uma redução dos seus efetivos. Os machos são consideravelmente maiores que as fêmeas (♂ – 35-76 mm; ♀ – 27-45 mm).

Após a postura, os ovos eclodem num par de semanas. Durante o período larvar, a espécie permanece no subsolo ou no interior de madeira morta entre dois a quatro anos até ocorrer a metamorfose. Os adultos podem ser observados com maior probabilidade nos meses de junho e julho, preferencialmente em bosques e florestas de caducifólias ou jardins urbanos de alguma extensão que preservem a flora e vegetação autóctone. A *Lucanus cervus* é uma espécie abrangida pelo anexo II da Diretiva Habitats (92/43/CEE) e pelo anexo III da Convenção de Berna. É ameaçada pela destruição da floresta autóctone e respetiva substituição por monoculturas, pela utilização desregrada de fertilizantes, pesticidas e herbicidas, bem como pela captura de espécimes vivos para coleção ou comercialização.



www.lucanus.cm-lousada.pt