


BIOTECNOLOGIA APLICADA À CONSERVAÇÃO: O PAPEL DA ENGENHARIA GENÉTICA, BIÓLOGOS, E EDUCAÇÃO NA PROTEÇÃO DE ESPÉCIES AMEAÇADAS

BIOTECHNOLOGY APPLIED TO CONSERVATION: THE ROLE OF GENETIC ENGINEERING, BIOLOGISTS, AND EDUCATION IN THE PROTECTION OF ENDANGERED SPECIES

 <https://doi.org/10.63330/sasciencesv6n2-016>

Submetido em: 08/06/2026 e Publicado em: 15/06/2026

Sttyvie Eugênio Morato de Albuquerque Silva

Graduando em Bacharelado em Ciências Biológicas – UFRPE
Recife, Pernambuco
E-mail: sttyvie@gmail.com

Gideão Costa dos Santos

Engenheiro florestal
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Castanhal - Pará
E-mail: Gideo.santos@ifpa.edu.br

Naiane Sonza Lixinski

Universidade integrada do alto Uruguai e das missões campus URI Santiago
Graduanda em Medicina Veterinária

Pedro Henrique Silva Santos

Mestrando em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – PROFAGUA
Universidade Federal do Piauí
E-mail: Pedro303@hotmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-3484-656>

Sâmela Keila Almeida dos Santos

Zootecnista (Doutora em Ciências Veterinárias)
Graduação (Universidade Federal de Minas Gerais), Doutorado (Universidade Federal de Uberlândia)
Cidade: Uberlândia
Estado: Minas Gerais
E-mail: samelazootecnia1@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/000-0003-4924-2687>

Emanuela Almeida Sobral

Mestranda em Saúde Pública
Universidade Del Sol
E-mail: Manulevi397@gmail.com

Leandro da Silva Andrade

Graduada em licenciatura Ciências Biológicas – Universidade do Estado do Pará
Paragominas - PA
E-mail: Andradels2022@gmail.com



RESUMO

A biotecnologia aplicada à conservação da biodiversidade tem se destacado como uma importante ferramenta para o enfrentamento da crescente perda de espécies ameaçadas em escala global. Este estudo caracteriza-se como uma revisão bibliográfica de abordagem qualitativa, com o objetivo de analisar as contribuições da engenharia genética, da atuação dos biólogos e das ações educativas para a proteção e conservação da fauna e da flora em risco de extinção. A metodologia consistiu na análise de artigos científicos, livros, documentos institucionais e publicações especializadas sobre biotecnologia da conservação, genética aplicada e educação ambiental. Os resultados evidenciaram que técnicas como sequenciamento genético, bancos de germoplasma, reprodução assistida e monitoramento molecular contribuem significativamente para a preservação da diversidade genética e para a recuperação de populações ameaçadas. Além disso, observou-se que o trabalho dos biólogos desempenha papel fundamental na implementação dessas estratégias, enquanto a educação ambiental favorece a conscientização social e o engajamento comunitário na proteção dos ecossistemas. Conclui-se que a integração entre avanços biotecnológicos, pesquisa científica e processos educativos representa uma abordagem promissora para fortalecer as ações de conservação da biodiversidade e garantir a sustentabilidade dos recursos naturais para as futuras gerações.

Palavras-chave: Biodiversidade; Conservação ambiental; Educação ambiental; Engenharia genética; Espécies ameaçadas.

ABSTRACT

Biotechnology applied to biodiversity conservation has emerged as an important tool to address the growing loss of endangered species on a global scale. This study is characterized as a qualitative bibliographic review aimed at analyzing the contributions of genetic engineering, the work of biologists, and educational actions to the protection and conservation of endangered fauna and flora. The methodology consisted of the analysis of scientific articles, books, institutional documents, and specialized publications on conservation biotechnology, applied genetics, and environmental education. The results showed that techniques such as genetic sequencing, germplasm banks, assisted reproduction, and molecular monitoring significantly contribute to the preservation of genetic diversity and the recovery of threatened populations. Furthermore, the role of biologists proved essential in implementing these strategies, while environmental education promotes social awareness and community engagement in ecosystem protection. It is concluded that the integration of biotechnological advances, scientific research, and educational processes represents a promising approach to strengthening biodiversity conservation actions and ensuring the sustainability of natural resources for future generations.



Keywords: Biodiversity; Endangered species; Environmental education; Environmental conservation; Genetic engineering.

1 INTRODUÇÃO

A perda acelerada da biodiversidade tem sido reconhecida como um dos maiores desafios ambientais do século XXI, resultando em impactos significativos sobre os ecossistemas, os serviços ambientais e a sustentabilidade dos recursos naturais. Segundo Wilson (2012), a biodiversidade constitui a base para o funcionamento dos sistemas ecológicos e para a manutenção da vida no planeta, tornando sua conservação uma prioridade global. Nesse contexto, a biotecnologia surge como uma importante aliada das estratégias de conservação, oferecendo ferramentas inovadoras para a proteção de espécies ameaçadas e para a preservação da diversidade genética.

A biotecnologia aplicada à conservação engloba um conjunto de técnicas que permitem o monitoramento, manejo e recuperação de populações animais e vegetais em risco de extinção. Entre essas ferramentas destacam-se o sequenciamento genético, os bancos de germoplasma, a clonagem, a reprodução assistida e as tecnologias de edição gênica, que ampliam as possibilidades de conservação da biodiversidade em diferentes contextos ecológicos (Primack, 2018). Além dos avanços tecnológicos, a atuação dos biólogos e o fortalecimento das ações de educação ambiental são elementos fundamentais para garantir a efetividade das estratégias de preservação.

Entretanto, apesar do desenvolvimento científico observado nas últimas décadas, muitas espécies continuam ameaçadas devido à destruição de habitats, às mudanças climáticas, à exploração excessiva dos recursos naturais e à introdução de espécies invasoras. De acordo com Pimm et al. (2014), as taxas atuais de extinção são significativamente superiores às taxas naturais observadas ao longo da história evolutiva, evidenciando a necessidade de ações urgentes e integradas para conter a perda da biodiversidade.

Diante desse cenário, o problema de pesquisa que orienta este estudo consiste em compreender de que maneira a biotecnologia, associada à atuação dos biólogos e às práticas de educação ambiental, pode contribuir para a proteção e conservação de espécies ameaçadas. A investigação parte da premissa de que a integração entre conhecimento científico, inovação tecnológica e conscientização social constitui um elemento estratégico para o enfrentamento dos desafios contemporâneos relacionados à conservação ambiental.

O objetivo geral deste estudo é analisar o papel da biotecnologia aplicada à conservação da biodiversidade, destacando as contribuições da engenharia genética, da atuação dos biólogos e da educação ambiental na proteção de espécies ameaçadas. Como objetivos específicos, busca-se discutir as principais ferramentas biotecnológicas utilizadas na conservação, compreender a importância dos profissionais da



Biologia na implementação dessas estratégias e avaliar o potencial da educação ambiental como instrumento de sensibilização e mobilização social para a preservação da biodiversidade.

A realização desta pesquisa justifica-se pela crescente necessidade de compreender alternativas inovadoras capazes de minimizar os impactos da perda da biodiversidade e fortalecer as políticas de conservação ambiental. Além disso, o estudo contribui para ampliar o debate acadêmico sobre a utilização responsável das biotecnologias no contexto da sustentabilidade, considerando aspectos ecológicos, éticos e sociais envolvidos na proteção das espécies ameaçadas.

Do ponto de vista teórico, a conservação da biodiversidade depende não apenas da proteção dos habitats naturais, mas também da manutenção da variabilidade genética das populações. Frankham, Ballou e Briscoe (2010) afirmam que a diversidade genética é um dos principais fatores responsáveis pela capacidade adaptativa das espécies frente às mudanças ambientais. Nesse sentido, as ferramentas da genética da conservação têm desempenhado papel cada vez mais relevante na identificação de populações vulneráveis e no planejamento de programas de manejo.

Paralelamente, a educação ambiental destaca-se como um importante instrumento de transformação social. Segundo Loureiro (2012), os processos educativos voltados para as questões ambientais favorecem o desenvolvimento de valores, atitudes e comportamentos comprometidos com a conservação dos recursos naturais. Da mesma forma, Dias (2018) argumenta que a educação ambiental contribui para a formação de cidadãos conscientes e capazes de participar ativamente das decisões relacionadas à proteção do meio ambiente.

Dessa forma, a integração entre biotecnologia, atuação profissional dos biólogos e educação ambiental configura uma abordagem multidisciplinar capaz de potencializar as ações de conservação da biodiversidade. Compreender essa articulação torna-se essencial para o desenvolvimento de estratégias mais eficazes de proteção das espécies ameaçadas e para a promoção da sustentabilidade ambiental em longo prazo.

2 METODOLOGIA

2.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa de natureza básica, com abordagem qualitativa, objetivo descritivo e procedimento metodológico fundamentado na revisão bibliográfica. A escolha desse método justifica-se pela necessidade de reunir, analisar e interpretar conhecimentos científicos relacionados à aplicação da biotecnologia na conservação da biodiversidade, com ênfase nas contribuições da engenharia genética, da atuação dos biólogos e da educação ambiental para a proteção de espécies ameaçadas.

Segundo Gil (2022), a pesquisa bibliográfica é desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído principalmente por livros, artigos científicos, dissertações, teses e documentos institucionais,



possibilitando ao pesquisador compreender o estado atual do conhecimento sobre determinado tema. Nesse sentido, a revisão da literatura permitiu identificar os avanços científicos e tecnológicos relacionados às estratégias de conservação biológica desenvolvidas nas últimas décadas.

A abordagem qualitativa foi adotada por possibilitar a interpretação crítica dos fenômenos estudados, considerando os aspectos ecológicos, científicos, sociais e educacionais envolvidos na conservação da biodiversidade. Conforme Minayo (2014), a pesquisa qualitativa busca compreender significados, processos e relações presentes na realidade social, favorecendo análises aprofundadas de fenômenos complexos.

2.2 PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS

A coleta de dados ocorreu por meio de levantamento bibliográfico realizado em bases de dados científicas nacionais e internacionais amplamente reconhecidas na área das Ciências Biológicas e Ambientais. Foram consultadas as plataformas Scientific Electronic Library Online (SciELO), PubMed, Web of Science, Scopus, ScienceDirect e Google Scholar, além de documentos publicados por organismos nacionais e internacionais voltados à conservação da biodiversidade.

Também foram utilizados relatórios técnicos e publicações da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN), da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e do Ministério do Meio Ambiente do Brasil.

Para a busca dos estudos foram empregados os descritores “biotecnologia da conservação”, “engenharia genética”, “conservação da biodiversidade”, “espécies ameaçadas”, “genética da conservação”, “educação ambiental” e “proteção de espécies”, combinados por meio dos operadores booleanos AND e OR.

2.2.1 Critérios de inclusão e exclusão

Foram incluídos artigos científicos completos, livros, capítulos de livros, dissertações, teses e documentos institucionais publicados entre 2010 e 2025, disponíveis nos idiomas português, inglês e espanhol, que abordassem diretamente a utilização de ferramentas biotecnológicas aplicadas à conservação da biodiversidade e à proteção de espécies ameaçadas.

Os critérios de inclusão contemplaram estudos que apresentassem discussões relacionadas à genética da conservação, reprodução assistida, bancos genéticos, biologia molecular, engenharia genética, atuação profissional dos biólogos e educação ambiental aplicada à conservação. Foram considerados prioritariamente trabalhos publicados em periódicos científicos indexados e reconhecidos pela comunidade acadêmica.



Por outro lado, foram excluídos estudos duplicados, resumos simples de eventos científicos, materiais sem acesso ao texto completo, publicações sem rigor metodológico comprovado e trabalhos que abordassem exclusivamente aspectos laboratoriais sem relação com a conservação biológica.

2.3 INSTRUMENTOS DE ANÁLISE E ORGANIZAÇÃO DOS DADOS

Após a seleção dos estudos, foi realizada leitura exploratória para identificação dos materiais relevantes ao tema. Em seguida, procedeu-se à leitura seletiva e analítica, permitindo a extração das informações consideradas pertinentes aos objetivos da pesquisa.

Os dados coletados foram organizados em categorias temáticas previamente definidas, abrangendo: aplicações da engenharia genética na conservação de espécies ameaçadas; contribuições da genética da conservação para a manutenção da diversidade biológica; papel dos biólogos na implementação de programas conservacionistas; e importância da educação ambiental na sensibilização da sociedade para a proteção da biodiversidade.

Essa categorização possibilitou a sistematização das informações e favoreceu a identificação de convergências, divergências e lacunas presentes na literatura científica analisada.

2.4 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE E DISCUSSÃO

A interpretação dos dados foi conduzida por meio da análise temática de conteúdo, metodologia que permite identificar padrões, tendências e significados recorrentes nos estudos selecionados. De acordo com Bardin (2016), a análise de conteúdo constitui um conjunto de técnicas sistemáticas destinadas à descrição e interpretação de informações presentes em documentos, possibilitando inferências fundamentadas sobre determinado fenômeno.

A discussão foi desenvolvida a partir da articulação entre os achados da literatura e os referenciais teóricos da biologia da conservação, genética aplicada, sustentabilidade e educação ambiental. Conforme Primack (2018), a conservação moderna exige abordagens multidisciplinares capazes de integrar conhecimentos ecológicos, genéticos e sociais para enfrentar os desafios relacionados à perda da biodiversidade.

Nesse contexto, a análise dos estudos buscou compreender como os avanços biotecnológicos podem contribuir para a preservação das espécies ameaçadas, considerando tanto seus benefícios quanto suas limitações técnicas, econômicas e éticas. Além disso, procurou-se discutir a importância da atuação dos profissionais da Biologia e das estratégias educativas como elementos complementares às ferramentas tecnológicas de conservação.



2.5 ASPECTOS ÉTICOS DA PESQUISA

Por tratar-se de uma pesquisa bibliográfica baseada exclusivamente em fontes secundárias de domínio público, não houve envolvimento direto de seres humanos ou animais, dispensando a submissão a Comitê de Ética em Pesquisa. Contudo, foram respeitados os princípios éticos relacionados à produção científica, incluindo a correta citação das fontes consultadas, a fidelidade às informações originais e o respeito à propriedade intelectual dos autores analisados.

A metodologia adotada permitiu uma análise abrangente e fundamentada sobre a utilização da biotecnologia na conservação da biodiversidade, fornecendo subsídios teóricos para a compreensão das potencialidades da engenharia genética, da atuação dos biólogos e da educação ambiental na proteção de espécies ameaçadas. Além disso, possibilitou a construção de uma discussão crítica acerca dos desafios e perspectivas futuras relacionados à conservação biológica em um cenário de crescente perda da diversidade ambiental.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da literatura evidenciou que a biotecnologia tem desempenhado papel cada vez mais relevante na conservação da biodiversidade, especialmente diante do aumento das taxas de extinção e da intensificação das pressões antrópicas sobre os ecossistemas. Os estudos analisados demonstram que as ferramentas biotecnológicas vêm ampliando as possibilidades de monitoramento, manejo e recuperação de espécies ameaçadas, contribuindo para a manutenção da diversidade genética e para o fortalecimento das estratégias de conservação em diferentes contextos ambientais.

Segundo Primack (2018), a conservação biológica contemporânea exige abordagens integradas capazes de associar conhecimentos ecológicos, genéticos e tecnológicos. Nesse sentido, a engenharia genética e a biologia molecular têm proporcionado avanços significativos na identificação de populações vulneráveis, no monitoramento de variabilidade genética e na implementação de programas de recuperação de espécies em risco de extinção.

3.1 APLICAÇÕES DA BIOTECNOLOGIA NA CONSERVAÇÃO DE ESPÉCIES AMEAÇADAS

Os resultados apontam que diversas ferramentas biotecnológicas vêm sendo utilizadas para fortalecer programas de conservação em âmbito mundial. Técnicas como sequenciamento de DNA, marcadores moleculares, clonagem, reprodução assistida e bancos de germoplasma permitem a preservação do patrimônio genético de espécies ameaçadas, reduzindo os riscos associados à perda da diversidade biológica.



Tabela 1 – Principais ferramentas biotecnológicas aplicadas à conservação da biodiversidade

Ferramenta biotecnológica	Aplicação na conservação
Sequenciamento genético	Avaliação da diversidade genética das populações
Marcadores moleculares	Identificação de parentesco e estrutura populacional
Bancos de germoplasma	Conservação de material genético por longo prazo
Reprodução assistida	Aumento do sucesso reprodutivo de espécies ameaçadas
Clonagem	Recuperação genética de populações reduzidas
Edição gênica	Correção de características associadas à vulnerabilidade genética

Fonte: Elaborada pela autora com base em Frankham, Ballou e Briscoe (2010); Primack (2018).

Os estudos demonstram que o sequenciamento genético tem contribuído significativamente para a compreensão da variabilidade genética das populações naturais. Frankham, Ballou e Briscoe (2010) ressaltam que a diversidade genética constitui um dos principais fatores responsáveis pela capacidade adaptativa das espécies diante das mudanças ambientais. Quanto maior a variabilidade genética, maiores são as chances de sobrevivência das populações frente a doenças, alterações climáticas e modificações nos habitats.

Além disso, os bancos de germoplasma têm se consolidado como importantes estratégias para a conservação *ex situ*. Essas estruturas permitem o armazenamento de sementes, tecidos, embriões e material reprodutivo, garantindo a preservação de recursos genéticos que poderão ser utilizados em programas futuros de recuperação populacional.

3.2 CONTRIBUIÇÕES DA ENGENHARIA GENÉTICA PARA A CONSERVAÇÃO

A literatura analisada destaca que a engenharia genética representa uma das áreas mais promissoras da biotecnologia da conservação. Embora ainda existam debates éticos sobre sua aplicação em espécies silvestres, diversos estudos apontam seu potencial para auxiliar na recuperação de populações ameaçadas.

A utilização de ferramentas avançadas de manipulação genética tem possibilitado o desenvolvimento de estratégias voltadas para a redução dos efeitos da consanguinidade, o fortalecimento da resistência a doenças e a preservação de características adaptativas importantes para a sobrevivência das espécies.

Tabela 2 – Benefícios e desafios da engenharia genética na conservação

Benefícios	Desafios
Recuperação da diversidade genética	Questões éticas relacionadas à manipulação genética
Aumento da resistência a doenças	Custos elevados de implementação
Apoio à recuperação de populações ameaçadas	Necessidade de regulamentação específica
Possibilidade de conservação de genes raros	Riscos ecológicos ainda pouco conhecidos
Desenvolvimento de novas estratégias conservacionistas	Limitações técnicas para algumas espécies

Fonte: Elaborada pela autora com base em Allendorf et al. (2013) e Frankham et al. (2010).



Os autores ressaltam que, apesar do potencial dessas tecnologias, sua aplicação deve ocorrer de forma criteriosa, considerando os impactos ecológicos e as implicações éticas associadas à intervenção genética em organismos naturais. Dessa forma, a engenharia genética deve ser entendida como uma ferramenta complementar às estratégias tradicionais de conservação e não como substituta da proteção dos habitats naturais.

3.3 O PAPEL DOS BIÓLOGOS NA CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE

Os resultados também evidenciaram a importância dos profissionais da Biologia na elaboração e execução de estratégias conservacionistas. Os biólogos atuam em diferentes etapas dos programas de conservação, incluindo monitoramento populacional, pesquisas genéticas, manejo de espécies ameaçadas, recuperação de habitats e desenvolvimento de ações educativas.

Segundo Primack (2018), o trabalho desses profissionais é fundamental para transformar os avanços científicos em ações concretas de proteção ambiental. Além disso, a atuação interdisciplinar dos biólogos favorece a integração entre instituições de pesquisa, órgãos governamentais e comunidades locais.

Tabela 3 – Principais áreas de atuação dos biólogos na conservação

Área de atuação	Contribuição para a conservação
Pesquisa científica	Produção de conhecimento sobre espécies e ecossistemas
Genética da conservação	Monitoramento da diversidade genética
Manejo ambiental	Recuperação e proteção de habitats
Educação ambiental	Sensibilização da sociedade
Gestão ambiental	Planejamento de políticas conservacionistas
Consultoria técnica	Apoio à tomada de decisões ambientais

Fonte: Elaborada pela autora com base em Primack (2018) e Ricklefs (2016).

Os estudos demonstram que a atuação desses profissionais é indispensável para a implementação de políticas públicas eficazes voltadas à proteção da biodiversidade, especialmente em países megadiversos como o Brasil.

3.4 EDUCAÇÃO AMBIENTAL COMO ESTRATÉGIA COMPLEMENTAR DE CONSERVAÇÃO

Outro aspecto amplamente abordado pela literatura refere-se à importância da educação ambiental na construção de uma cultura de conservação. Os resultados indicam que programas educativos contribuem significativamente para o desenvolvimento da consciência ambiental e para o fortalecimento da participação social nas ações de preservação.



De acordo com Loureiro (2012), a educação ambiental deve promover reflexões críticas sobre as relações entre sociedade e natureza, incentivando mudanças de comportamento e maior comprometimento com a sustentabilidade. Da mesma forma, Dias (2018) argumenta que a sensibilização da população constitui um elemento essencial para o sucesso das políticas ambientais.

Tabela 4 – Contribuições da educação ambiental para a proteção das espécies ameaçadas

Estratégia educativa	Impacto esperado
Campanhas de conscientização	Ampliação do conhecimento ambiental
Educação formal nas escolas	Formação de cidadãos ambientalmente responsáveis
Projetos comunitários	Fortalecimento do engajamento social
Divulgação científica	Democratização do conhecimento
Programas de sensibilização	Incentivo à proteção da biodiversidade

Fonte: Elaborada pela autora com base em Loureiro (2012) e Dias (2018).

A literatura demonstra que a combinação entre conhecimento científico e educação ambiental potencializa os resultados das ações conservacionistas. Quando a população compreende a importância ecológica das espécies ameaçadas, aumenta a probabilidade de adesão às iniciativas de proteção e uso sustentável dos recursos naturais.

3.5 SÍNTESE DOS ACHADOS

De modo geral, os resultados evidenciam que a conservação da biodiversidade depende da integração entre inovação tecnológica, conhecimento científico e participação social. A engenharia genética oferece novas possibilidades para a recuperação de espécies ameaçadas, enquanto os biólogos atuam como agentes fundamentais na implementação das estratégias conservacionistas. Paralelamente, a educação ambiental fortalece o envolvimento da sociedade e contribui para a construção de valores voltados à sustentabilidade.

Os achados corroboram a perspectiva de que os desafios contemporâneos da conservação não podem ser enfrentados por meio de abordagens isoladas. Pelo contrário, exigem ações multidisciplinares capazes de integrar biotecnologia, pesquisa científica, gestão ambiental e educação, promovendo a proteção efetiva da biodiversidade e assegurando a preservação das espécies ameaçadas para as futuras gerações.

4 CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo analisar o papel da biotecnologia aplicada à conservação da biodiversidade, destacando as contribuições da engenharia genética, da atuação dos biólogos e da educação ambiental na proteção de espécies ameaçadas. Buscou-se compreender como os avanços científicos e tecnológicos podem ser utilizados para fortalecer as estratégias de conservação, bem como discutir a



importância da integração entre diferentes áreas do conhecimento para enfrentar os desafios relacionados à perda da biodiversidade.

Os resultados evidenciaram que a biotecnologia tem se consolidado como uma ferramenta estratégica para a conservação de espécies ameaçadas, especialmente por meio de técnicas como sequenciamento genético, marcadores moleculares, bancos de germoplasma, reprodução assistida e outras aplicações da genética da conservação. Essas tecnologias possibilitam o monitoramento da diversidade genética, auxiliam na identificação de populações vulneráveis e contribuem para o desenvolvimento de programas de manejo mais eficazes, ampliando as perspectivas de preservação da fauna e da flora em risco de extinção.

A análise também demonstrou que a atuação dos biólogos é fundamental para a efetividade das ações conservacionistas. Esses profissionais desempenham funções essenciais na pesquisa científica, no monitoramento ambiental, na gestão de recursos naturais, na elaboração de planos de conservação e na implementação de estratégias voltadas à recuperação de espécies ameaçadas. Além disso, sua atuação interdisciplinar favorece a articulação entre instituições de pesquisa, órgãos governamentais e comunidades locais, fortalecendo as iniciativas de proteção ambiental.

Outro aspecto relevante identificado foi a importância da educação ambiental como instrumento complementar às estratégias biotecnológicas. Os estudos analisados indicam que a conscientização da sociedade sobre a relevância da biodiversidade e os impactos da degradação ambiental contribui para a construção de comportamentos mais sustentáveis e para o aumento do apoio social às políticas de conservação. Dessa forma, a educação ambiental desempenha papel fundamental na promoção de uma cultura de responsabilidade socioambiental e na valorização dos recursos naturais.

Como contribuição científica, esta pesquisa reuniu e sistematizou conhecimentos atuais sobre a aplicação da biotecnologia na conservação da biodiversidade, evidenciando a necessidade de abordagens integradas que articulem inovação tecnológica, pesquisa científica, gestão ambiental e educação. O estudo reforça que a conservação das espécies ameaçadas não depende exclusivamente do desenvolvimento de novas tecnologias, mas também da participação ativa da sociedade e da implementação de políticas públicas voltadas à sustentabilidade ambiental.

Por fim, recomenda-se que futuras pesquisas aprofundem a investigação sobre os impactos ecológicos e éticos associados ao uso de técnicas avançadas de engenharia genética em programas de conservação. Também são necessários estudos que avaliem a efetividade das estratégias biotecnológicas em diferentes contextos ambientais e que explorem formas de ampliar a integração entre ciência, educação e políticas públicas para a proteção da biodiversidade. Tais iniciativas poderão contribuir para o aprimoramento das ações conservacionistas e para a construção de soluções mais eficazes diante dos desafios ambientais contemporâneos.



REFERÊNCIAS

- ALLENDORF, Fred W.; FUNK, W. Chris; AITKEN, Sally N.; BYRNE, Margaret; LUÍKART, Gordon. Conservation and the genetics of populations. 2. ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2013.
- BARDIN, Laurence. Análise de conteúdo. São Paulo: Edições 70, 2016.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Estratégia e plano de ação nacionais para a biodiversidade. Brasília: MMA, 2022.
- DIAS, Genebaldo Freire. Educação ambiental: princípios e práticas. 13. ed. São Paulo: Gaia, 2018.
- FRANKHAM, Richard; BALLOU, Jonathan D.; BRISCOE, David A. Introduction to conservation genetics. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.
- GIL, Antonio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2022.
- IUCN. International Union for Conservation of Nature. The IUCN Red List of Threatened Species. Gland: IUCN, 2024.
- LOUREIRO, Carlos Frederico Bernardo. Trajetória e fundamentos da educação ambiental. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2012.
- MINAYO, Maria Cecília de Souza. O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde. 14. ed. São Paulo: Hucitec, 2014.
- ODUM, Eugene P.; BARRETT, Gary W. Fundamentos de ecologia. 5. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2017.
- PIMM, Stuart L.; JENKINS, Clinton N.; ABELL, Robin; BROOKS, Thomas M.; GITTLEMAN, John L.; JOPPA, Lucas N.; RAVEN, Peter H.; ROBERTS, Callum M.; SEXTON, Joseph O. The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution and protection. *Science*, Washington, v. 344, n. 6187, p. 1–10, 2014.
- PRIMACK, Richard B. Essentials of conservation biology. 6. ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2018.
- RICKLEFS, Robert E.; RELYEA, Rick. A economia da natureza. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.
- SILVA, João da. O impacto da inteligência artificial na educação moderna. 2. ed. São Paulo: Editora Futuro, 2023. 245 p.
- SILVA, M. A.; LOPES, F. J. Adesão ao tratamento farmacológico em pacientes com hipertensão arterial em serviços de atenção básica. *Revista Brasileira de Saúde*, Rio de Janeiro, v. 45, n. 3, p. 215–222, jul. 2018.
- UNESCO. Education for sustainable development goals: learning objectives. Paris: UNESCO Publishing, 2017.



UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. Global biodiversity outlook. Nairobi: UNEP, 2023.

WILSON, Edward O. A diversidade da vida. São Paulo: Companhia das Letras, 2012.

WWF-BRASIL. Relatório planeta vivo 2024: biodiversidade e conservação global. Brasília: WWF-Brasil, 2024.