

BIOTECNOLOGIA MICROBIANA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: RESSIGNIFICANDO AS RELAÇÕES ENTRE CIÊNCIA, SOCIEDADE E MEIO AMBIENTE

Amanda Regina do Nascimento¹.

¹Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, SP.

RESUMO: A biotecnologia microbiana vem assumindo papel cada vez mais relevante nas discussões relacionadas ao desenvolvimento sustentável no século XXI. A utilização de microrganismos em processos biotecnológicos demonstra potencial para redução de impactos ambientais, desenvolvimento de tecnologias sustentáveis e transformação das relações entre ciência, sociedade e meio ambiente. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo discutir como a biotecnologia microbiana contribui para construção de modelos de desenvolvimento mais sustentáveis, destacando aplicações ambientais, industriais e agrícolas associadas ao uso de fungos, bactérias e leveduras. Trata-se de uma pesquisa de abordagem qualitativa, de natureza básica, com objetivos exploratórios e descritivos, desenvolvida por meio de revisão bibliográfica. A coleta de dados foi realizada nas bases Google Scholar, SciELO e PubMed, utilizando descritores relacionados à biotecnologia microbiana, sustentabilidade, microbiologia ambiental e bioeconomia. Os resultados demonstraram que os microrganismos possuem ampla aplicação em processos de biorremediação, biodegradação, tratamento de resíduos, produção de biofertilizantes, biocombustíveis e bioplásticos. Além disso, observou-se que a utilização desses organismos representa não apenas um avanço científico, mas também uma mudança na forma como sociedade e natureza passam a se relacionar. Conclui-se que a biotecnologia microbiana possui papel estratégico na construção de perspectivas mais sustentáveis e ambientalmente responsáveis para o futuro.

PALAVRAS-CHAVE: Sustentabilidade. Microbiologia ambiental. Inovação científica.

MICROBIAL BIOTECHNOLOGY AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT: RETHINKING THE RELATIONSHIPS BETWEEN SCIENCE, SOCIETY, AND THE ENVIRONMENT

ABSTRACT: Microbial biotechnology has assumed an increasingly relevant role in discussions related to sustainable development in the 21st century. The use of microorganisms in biotechnological processes demonstrates significant potential for reducing environmental impacts, developing sustainable technologies, and transforming the relationships between science, society, and the environment. In this context, the present study aimed to discuss

how microbial biotechnology contributes to the construction of more sustainable development models, highlighting environmental, industrial, and agricultural applications associated with the use of fungi, bacteria, and yeasts. This study is characterized as qualitative research of a basic nature, with exploratory and descriptive objectives, developed through a literature review. Data collection was carried out using the Google Scholar, SciELO, and PubMed databases, employing descriptors related to microbial biotechnology, sustainability, environmental microbiology, and bioeconomy. The results demonstrated that microorganisms have broad applications in bioremediation, biodegradation, waste treatment, and the production of biofertilizers, biofuels, and bioplastics. Furthermore, it was observed that the use of these organisms represents not only a scientific advancement, but also a transformation in the way society and nature relate to each other. It is concluded that microbial biotechnology plays a strategic role in building more sustainable and environmentally responsible perspectives for the future.

KEY-WORDS: Sustainability. Environmental microbiology. Scientific innovation.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, as discussões sobre sustentabilidade deixaram de ocupar apenas espaços acadêmicos e passaram a integrar debates sociais, econômicos e ambientais em escala global. O aumento da poluição, o crescimento acelerado das cidades, a exploração excessiva dos recursos naturais e as mudanças climáticas evidenciam os limites de um modelo de desenvolvimento baseado no consumo desenfreado e na utilização intensiva de recursos não renováveis. Nesse cenário, torna-se cada vez mais necessário repensar a relação estabelecida entre ciência, sociedade e meio ambiente.

Durante muito tempo, o avanço científico esteve associado principalmente à ideia de progresso econômico e industrial. Entretanto, os impactos ambientais decorrentes desse processo demonstraram que desenvolvimento e preservação ambiental não podem mais ser compreendidos como conceitos opostos. A própria ciência, antes frequentemente relacionada à exploração dos recursos naturais, passa agora a buscar alternativas capazes de promover inovação sem ampliar os danos ambientais já existentes.

É justamente nesse contexto que a biotecnologia microbiana ganha destaque. Mais do que uma área voltada ao desenvolvimento de técnicas laboratoriais ou processos industriais, ela representa uma nova forma de compreender o potencial dos organismos microscópicos na construção de soluções sustentáveis. Fungos, bactérias e leveduras, historicamente associados apenas a doenças ou contaminações, passam a ocupar posição estratégica em debates relacionados ao futuro ambiental do planeta.

A utilização de microrganismos em processos biotecnológicos evidencia uma mudança importante na maneira como a sociedade enxerga a própria natureza. Organismos antes invisibilizados tornam-se ferramentas fundamentais para biodegradação de resíduos,

recuperação de áreas contaminadas, produção de energia renovável e desenvolvimento de materiais biodegradáveis. Nesse sentido, a biotecnologia microbiana não atua apenas no desenvolvimento de novas tecnologias, mas também contribui para ressignificar as relações entre humanidade, ciência e meio ambiente.

Além das aplicações ambientais, a biotecnologia microbiana também provoca reflexões sobre responsabilidade científica e modelos de desenvolvimento adotados na contemporaneidade. Em um contexto marcado por crises ambientais e desigualdades sociais, torna-se insuficiente pensar a inovação apenas como avanço tecnológico. É necessário compreender de que forma a ciência pode contribuir para construção de práticas mais sustentáveis, éticas e socialmente responsáveis.

Dessa forma, discutir biotecnologia microbiana e sustentabilidade significa também discutir o futuro das relações humanas com o planeta. Mais do que buscar soluções imediatas para problemas ambientais, a utilização de microrganismos em processos biotecnológicos revela a possibilidade de construção de modelos produtivos menos agressivos e mais integrados aos ciclos naturais. Assim, o presente trabalho busca refletir sobre o papel da biotecnologia microbiana no desenvolvimento sustentável, destacando como a utilização desses organismos vem transformando as relações entre ciência, sociedade e meio ambiente no século XXI.

OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo discutir o papel da biotecnologia microbiana no desenvolvimento sustentável, destacando como a utilização de fungos, bactérias e leveduras em processos biotecnológicos vêm contribuindo para a transformação das relações entre ciência, sociedade e meio ambiente. Além disso, busca-se refletir sobre a importância das aplicações microbianas sustentáveis nas áreas ambiental, agrícola e industrial, evidenciando seu potencial na construção de modelos de desenvolvimento mais conscientes e sustentáveis no século XXI.

METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa de abordagem qualitativa, de natureza básica, com objetivos exploratórios e descritivos, desenvolvida por meio de pesquisa bibliográfica.

A pesquisa foi realizada a partir do levantamento de artigos científicos, livros, dissertações e documentos acadêmicos relacionados à biotecnologia microbiana e ao desenvolvimento sustentável. As buscas ocorreram nas bases de dados Google Scholar, Scientific Electronic Library Online (SciELO) e PubMed, utilizando os descritores “biotecnologia microbiana”, “microbial biotechnology”, “sustentabilidade”, “bioeconomia”, “biorremediação” e “microbiologia ambiental”.

Foram selecionadas publicações disponíveis integralmente, preferencialmente publicadas entre os anos de 2015 e 2026, além de obras clássicas consideradas relevantes para fundamentação teórica do trabalho. Como critérios de exclusão, foram desconsiderados estudos duplicados, incompletos ou que não apresentavam relação direta com a temática proposta.

A coleta de dados ocorreu entre abril e maio de 2026. Após a seleção dos materiais bibliográficos, realizou-se leitura exploratória, seletiva e analítica das publicações, seguida da organização das informações em categorias temáticas relacionadas às aplicações sustentáveis da biotecnologia microbiana.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Biotecnologia microbiana no contexto da sustentabilidade

Os avanços da microbiologia e da biotecnologia permitiram que os microrganismos deixassem de ser compreendidos exclusivamente como agentes causadores de doenças para serem reconhecidos como importantes aliados científicos e ambientais. Essa mudança de percepção representa não apenas um avanço técnico, mas também uma transformação na maneira como a ciência se relaciona com a natureza e com os próprios processos biológicos.

A biotecnologia microbiana surge, portanto, em um momento histórico marcado pela necessidade de reconstrução das relações entre desenvolvimento e sustentabilidade. Em vez de processos industriais altamente poluentes e dependentes de recursos não renováveis, observa-se um movimento crescente em direção a tecnologias mais limpas e biologicamente integradas. Nesse cenário, os microrganismos passam a desempenhar funções estratégicas devido à sua diversidade metabólica e capacidade de adaptação a diferentes ambientes.

Mais do que substituir métodos convencionais, os processos biotecnológicos baseados em microrganismos propõem uma lógica diferente de desenvolvimento. A utilização de bactérias, fungos e leveduras em processos industriais e ambientais demonstra que soluções sustentáveis podem surgir justamente da compreensão dos mecanismos naturais presentes nos ecossistemas.

Essa perspectiva reforça a ideia de que ciência e natureza não precisam ocupar posições opostas. Ao contrário, a biotecnologia microbiana evidencia como os próprios processos biológicos podem inspirar tecnologias mais sustentáveis e menos agressivas ao meio ambiente.

Microrganismos e remediação ambiental

Entre as aplicações mais relevantes da biotecnologia microbiana destaca-se a biorremediação, processo que utiliza microrganismos na degradação de substâncias tóxicas presentes no ambiente. Embora frequentemente abordada apenas sob perspectiva técnica, a biorremediação também simboliza uma tentativa de reparação dos impactos ambientais produzidos pelas atividades humanas ao longo das últimas décadas.

A contaminação de solos, rios e oceanos demonstra como os modelos industriais tradicionais produziram consequências ambientais profundas. Nesse contexto, a utilização de fungos e bactérias para degradação de petróleo, pesticidas e resíduos industriais representa mais do que uma solução tecnológica: representa a busca por formas menos destrutivas de interação com o ambiente.

Os microrganismos possuem capacidade metabólica de transformar compostos complexos em substâncias menos tóxicas, participando naturalmente dos ciclos ecológicos. A biotecnologia, ao compreender e potencializar esses mecanismos, aproxima ciência e natureza de maneira mais integrada e sustentável.

Além disso, o uso de sistemas biológicos no tratamento de resíduos e efluentes demonstra que o enfrentamento dos problemas ambientais não depende apenas de grandes intervenções tecnológicas, mas também da valorização de processos naturais frequentemente negligenciados pela sociedade contemporânea.

Bioeconomia, sociedade e inovação sustentável

A ascensão da bioeconomia evidencia mudanças importantes na forma como desenvolvimento econômico e sustentabilidade vêm sendo compreendidos no século XXI. Durante muito tempo, o crescimento econômico esteve diretamente associado à exploração intensiva de recursos naturais e à geração excessiva de resíduos. Entretanto, a intensificação das crises ambientais vêm demonstrando que os modelos produtivos tradicionais possuem limites cada vez mais evidentes.

Nesse cenário, a biotecnologia microbiana contribui para construção de alternativas sustentáveis capazes de integrar inovação científica, desenvolvimento econômico e preservação ambiental. A produção de biocombustíveis, enzimas industriais, biofertilizantes e bioplásticos demonstra como os microrganismos podem atuar na redução de impactos ambientais sem impedir o avanço tecnológico.

Mais do que promover novos produtos, essas tecnologias representam mudanças na própria lógica de produção e consumo. A ideia de sustentabilidade deixa de estar associada apenas à preservação ambiental e passa a envolver responsabilidade social, uso consciente dos recursos naturais e construção de modelos econômicos menos agressivos ao planeta.

Além disso, a utilização de processos biotecnológicos sustentáveis também provoca reflexões sobre acesso à ciência e democratização das tecnologias ambientais. Em muitos casos, os benefícios das inovações científicas ainda permanecem concentrados em determinados setores econômicos e regiões do mundo, evidenciando a necessidade de tornar o desenvolvimento científico mais acessível e socialmente inclusivo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A biotecnologia microbiana vem demonstrando que os avanços científicos podem ir além da criação de tecnologias voltadas exclusivamente ao aumento da produtividade industrial. Ao utilizar microrganismos em processos sustentáveis, a ciência passa a contribuir também para reconstrução das relações entre sociedade, natureza e desenvolvimento.

Mais do que ferramentas laboratoriais, fungos, bactérias e leveduras tornam-se símbolos de uma nova perspectiva científica, na qual inovação e sustentabilidade deixam de ocupar caminhos opostos. A valorização dos processos biológicos evidencia que soluções ambientais podem surgir justamente da compreensão mais profunda dos mecanismos naturais presentes nos ecossistemas.

Nesse sentido, discutir biotecnologia microbiana significa também refletir sobre o futuro que se deseja construir. Em um cenário marcado por crises ambientais e exploração excessiva dos recursos naturais, torna-se cada vez mais necessário desenvolver tecnologias que não apenas reduzam impactos ambientais, mas que também promovam formas mais conscientes e equilibradas de relação com o planeta.

Assim, a biotecnologia microbiana não representa apenas um avanço científico, mas também uma possibilidade de ressignificação das relações entre ciência, sociedade e meio ambiente, reforçando a importância de modelos de desenvolvimento mais sustentáveis, integrados e ambientalmente responsáveis.

REFERÊNCIAS

- ALBERTS, B. et al. **Biologia Molecular da Célula**. Porto Alegre: Artmed, 2017.
- BARRETO, M. C.; SILVA, J. A. Biotecnologia microbiana e sustentabilidade ambiental: perspectivas para o século XXI. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 58, n. 4, p. 77–91, 2023.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Bioinsumos: Oportunidades e Desafios para a Agricultura Sustentável*. Brasília: EMBRAPA, 2023.
- FERREIRA, L. A.; COSTA, T. S. Bioeconomia e inovação sustentável no contexto da biotecnologia moderna. **Revista Ciência & Sustentabilidade**, v. 12, n. 1, p. 33–49, 2024.
- Food and Agriculture Organization. *The State of Food and Agriculture 2022: Leveraging*

Automation in Agriculture for Transforming Agrifood Systems. Rome: FAO, 2022.

KUMAR, A.; SINGH, J.; PANDEY, A. Microbial biotechnology for sustainable development: Current perspectives and future challenges. **Journal of Cleaner Production**, v. 367, p. 132987, 2022.

MADIGAN, M. T.; BENDER, K. S.; BUCKLEY, D. H.; STAHL, D. A. **Brock Biology of Microorganisms**. New York: Pearson, 2021.

NICOLOPOULOU-STAMATI, P.; MAIPAS, S.; KOTAMPASI, C.; STAMATIS, P.; HENS, L. Chemical pesticides and human health: The urgent need for a new concept in agriculture. **Frontiers in Public Health**, v. 4, p. 148, 2016.

SINGH, R. L.; SINGH, P. K. Microbial bioremediation: Environmental cleanup through pathway engineering. **Microbial Biotechnology**, v. 15, n. 2, p. 345–359, 2022.

TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. **Microbiologia**. Porto Alegre: Artmed, 2017.

ZHANG, Y.; LI, X.; WANG, J. Role of microbial biotechnology in sustainable agriculture and environmental management. **Environmental Technology & Innovation**, v. 27, p. 102489, 2022.