

MICROBIOLOGIA DO SOLO: CONTRIBUIÇÕES PARA A AGROECOLOGIA E O DESENVOLVIMENTO RURAL SUSTENTÁVEL

Ana Gneffer Rocha¹

Henrique Von H Bittencourt²

Emerson Camilo³

Fábio Luiz Zeneratti⁴

Palavras-chave: Microbiologia do solo; Bioinsumos; Agroecologia; Desenvolvimento rural ; Sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

A busca por sistemas agrícolas mais sustentáveis tem ampliado o uso de bioinsumos microbiológicos como alternativa à dependência de insumos químicos (Richardson *et al.*, 2009). Esses produtos utilizam microrganismos benéficos que favorecem os processos biológicos do solo, promovem o desenvolvimento das plantas e contribuem para a conservação dos recursos naturais (Altieri, 2012).

Na perspectiva agroecológica, o solo é compreendido como um sistema vivo, cuja fertilidade depende do equilíbrio entre os componentes físicos, químicos e biológicos, com papel central da microbiota na ciclagem de nutrientes e na manutenção da estrutura do solo (Primavesi, 2002). Além disso, a biodiversidade fortalece a estabilidade e a resiliência dos agroecossistemas.

Embora os bioinsumos microbiológicos apresentem potencial para promover a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, ainda existem desafios relacionados à compreensão de sua atuação nos processos biológicos do solo e na melhoria da eficiência dos agroecossistemas. Nesse sentido, torna-se relevante investigar como esses

¹ Agrônoma, Mestrando em Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Laranjeiras do Sul, Anagrocha007@gmail.com.

² Doutor em Agronomia, Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Laranjeiras do Sul (UFFS), Paraná, Brasil, henrique.bittencourt@uffs.edu.br.

³ Biólogo, Mestrando em Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Laranjeiras do Sul, emerson.camilo@estudante.uffs.edu.br.

⁴ Doutor em Geografia, Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Laranjeiras do Sul (UFFS), Paraná, Brasil, fabio.zeneratti@uffs.edu.br.

microrganismos podem contribuir para a fertilidade do solo, a ciclagem de nutrientes e a redução da dependência de insumos químicos.

DESENVOLVIMENTO

O presente trabalho consiste em uma pesquisa bibliográfica, de abordagem qualitativa, baseada na análise de obras sobre microbiologia do solo, agroecologia e desenvolvimento rural sustentável. A fundamentação teórica apoia-se principalmente em Primavesi (2002; 2009), Altieri (2010; 2011; 2012) e Bettiol (2009; 2020; 2025), que destacam a importância dos processos biológicos para a sustentabilidade agrícola.

A seleção da literatura foi realizada por meio de buscas nas bases Scopus, Portal de Periódicos CAPES e SciELO, considerando artigos científicos, livros e publicações técnicas relacionados à microbiologia do solo, bioinsumos microbiológicos, agroecologia e desenvolvimento rural sustentável. Foram priorizados estudos relevantes publicados entre 2002 e 2025, além de obras clássicas utilizadas como fundamentação teórica.

RESULTADOS, AVANÇOS E REFLEXÕES

A compreensão do solo como um sistema vivo constitui o ponto de convergência entre os autores. Primavesi (2002) argumenta que a fertilidade do solo depende do equilíbrio entre seus componentes físicos, químicos e biológicos, destacando o papel dos microrganismos na decomposição da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, formação da estrutura do solo e manutenção da capacidade produtiva. Dessa forma, o manejo agrícola deve favorecer a atividade da microbiota e preservar sua diversidade

Essa concepção é reforçada por Altieri (2012), que relaciona a sustentabilidade da agricultura ao fortalecimento dos processos ecológicos e da biodiversidade dos agroecossistemas. Segundo o autor, a atividade microbiológica do solo contribui para a ciclagem de nutrientes, manutenção da fertilidade e redução da dependência de insumos químicos, além de auxiliar na recuperação dos sistemas perante desastres climáticos.

Nesse contexto, Bettiol (2025) destaca que a microbiota do solo atua como reguladora dos ecossistemas, e que o uso de agentes biológicos favorece o equilíbrio microbiológico, reduz a incidência de fitopatógenos, melhora a saúde das plantas e fortalece seus mecanismos naturais de defesa. Essa visão se articula com Primavesi e Altieri ao reconhecer a qualidade biológica do solo como elemento central da

sustentabilidade agrícola. Entre os principais componentes da biodiversidade funcional destacam-se diversos microrganismos do solo, como bactérias dos gêneros *Bacillus* e *Pseudomonas*, fungos micorrízicos arbusculares e espécies do gênero *Trichoderma*.

Esses organismos desempenham funções importantes nos agroecossistemas, incluindo a solubilização de fósforo, a ciclagem de nutrientes, a produção de fitormônios, o estímulo ao crescimento radicular, a supressão de fitopatógenos e o aumento da tolerância das plantas aos estresses bióticos e abióticos, contribuindo para a sustentabilidade dos sistemas de produção.

De forma integrada, a intensificação da atividade microbiológica do solo vai além do aumento de produtividade, pois fortalece processos naturais ligados à disponibilidade de nutrientes, ao equilíbrio ecológico e à manutenção da fertilidade (Bettiol, 2009). Assim, o uso de bioinsumos microbiológicos, associado a práticas de conservação da biodiversidade edáfica, pode reduzir a dependência de insumos sintéticos, diminuir custos de produção e aumentar a eficiência no uso dos recursos naturais (Altieri, 2011).

Na perspectiva do desenvolvimento rural sustentável, especialmente na agricultura familiar, a valorização desses processos biológicos permite que funções antes dependentes de insumos externos sejam parcialmente substituídas por mecanismos ecológicos do próprio agroecossistema (Primavesi, 2009). Isso resulta em sistemas mais estáveis, menos impactantes e mais adaptados às mudanças climáticas, reforçando a microbiologia do solo como pilar da transição agroecológica (Altieri, 2010).

Por fim, a revisão evidencia a complementaridade entre os autores, porém apesar dos avanços relacionados ao uso de bioinsumos microbiológicos, sua eficiência pode variar conforme as condições ambientais, características do solo, manejo agrícola e interação entre os microrganismos e as plantas. Dessa forma, estudos futuros são necessários para ampliar a compreensão desses processos em diferentes sistemas de produção, buscando maior eficiência e aplicação dos agentes biológicos na agricultura sustentável.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E PROJEÇÕES

A revisão bibliográfica evidencia que a microbiologia do solo constitui um dos pilares da agroecologia e do desenvolvimento rural sustentável. As contribuições de

Primavesi (2002; 2009), Altieri (2010; 2011; 2012) e Bettiol (2009; 2025) convergem ao demonstrar que a fertilidade do solo resulta da interação entre seus componentes, sendo a biodiversidade microbiana essencial para a ciclagem de nutrientes, a manutenção da estrutura do solo, a promoção do crescimento vegetal e o equilíbrio dos agroecossistemas.

Nesse contexto, os bioinsumos microbiológicos destacam-se como ferramentas capazes de potencializar processos biológicos naturais, indo além da simples substituição de insumos convencionais. Ao favorecerem a atividade da microbiota, esses produtos contribuem para o aumento da eficiência no uso dos nutrientes, para a supressão natural de fitopatógenos, para a melhoria da qualidade do solo e para a redução da dependência de fertilizantes e defensivos sintéticos. Quando associados a práticas de manejo conservacionistas, seus efeitos refletem-se na maior estabilidade dos sistemas produtivos, na conservação dos recursos naturais e no fortalecimento da resiliência dos agroecossistemas.

Dessa forma, a literatura analisada demonstra que os bioinsumos microbiológicos representam uma estratégia tecnicamente consistente para a construção de sistemas agrícolas mais sustentáveis, especialmente no âmbito da agricultura familiar e da transição agroecológica. Ao integrar conhecimentos da microbiologia do solo, da agroecologia e do controle biológico, essas tecnologias reforçam a importância da valorização dos processos ecológicos como base para uma agricultura capaz de conciliar produtividade, conservação ambiental e desenvolvimento rural. Além disso, os estudos revisados evidenciam a necessidade de ampliar as pesquisas sobre a eficiência agrônoma dos bioinsumos e suas interações com os diferentes ambientes de cultivo, consolidando bases científicas para sua adoção em sistemas produtivos cada vez mais sustentáveis.

Financiamento: Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos, fundamental para minha trajetória acadêmica e para o desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALTIERI, Miguel A. Agroecologia, agricultura camponesa e soberania alimentar. **Revista NERA**, Presidente Prudente, ano 13, n. 16, p. 22–32, jan./jun. 2010. DOI:

<https://doi.org/10.47946/rnera.v0i16.1362>. Disponível em:
<https://revista.fct.unesp.br/index.php/nera/article/view/1362/1347>. Acesso em: 30 jun. 2026.

ALTIERI, Miguel A. Agroecologically efficient agricultural systems for smallholder farmers: contributions to food sovereignty. ed. Boulder: Westview Press, **Agronomy for Sustainable Development**, v. 32, n. 1, p. 1-13, 2012.

DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-011-0065-6>. Disponível em:
https://link.springer.com/article/10.1007/s13593-011-0065-6?trk=public_post_comment-text. Acesso em: 30 jun. 2026.

ALTIERI, Miguel A.; TOLEDO, Víctor M. The agroecological revolution in Latin America: rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants. **Journal of Peasant Studies**, v. 38, n. 3, p. 587-612, 2011. London: Routledge DOI: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03066150.2011.582947>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/21683565.2025.2584306?needAccess=true>. Acesso em: 30 jun. 2026.

BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B. (org.). **Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2009. 341 p. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/579954/1/livrobiocontrole.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2026.

BETTIOL, W.; VAN LENTEREN, J. C. **Biological Control in Brazil**. In: VAN LENTEREN, J. C.; BUENO, V. H. P.; LUNA, M. G.; COLMENAREZ, Y. C. (ed.). *Biological Control in Latin America and the Caribbean: Its Rich History and Bright Future*. Wallingford: CABI, 2020. p. 78-107. DOI: <https://doi.org/10.1079/9781789242430.0078>. Acesso em: 30 jun. 2026.

BETTIOL, Wagner. Bioprotetores têm capacidade de proteger plantas sem matar nenhum organismo. **Visão Agrícola**, Piracicaba, n. 15, p. 62-66, jul. 2025. Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/va-15-bioprotetores-tem-capacidade-de-protger-planstas-sem-matar-nenhum-organismo.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2026.

PRIMAVESI, Ana Maria. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 2002. Disponível em: <https://books.google.com/books?hl=pt-BR&lr=&id=DHo2zLdESkEC&oi=fnd&pg=PA186&dq=.+Manejo+ecol%C3%B3gico+do+solo:+a+a+agricultura+em+regi%C3%B5es+tropicais.+&ots=-Phvw6jZin&sig=9shbBbB-N8GptRZcnFKvnF0QCHM>. Acesso em: 30 jun. 2026.

PRIMAVESI, Ana. Cartilha do solo: como reconhecer e sanar seus problemas. 1. ed. São Paulo: Fundação Mokiti Okada; Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST), 2009. 71 p. Disponível em: https://www.udesc.br/arquivos/cav/documentos/Cartilha_do_Solo_Como_reconhecer_e_sanar_seus_problemas_16670734552389_3251.pdf. Acesso em: 26 jun. 2026.

RICHARDSON, A. E. et al. Plant and microbial strategies to improve the phosphorus efficiency of agriculture. **Plant and Soil**, v. 321, p. 305–339, 2009. DOI: https://doi.org/10.1007/978-81-322-2169-2_5. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-81-322-2169-2_5. Acesso em: 20 jun. 2026.