

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

INFLUÊNCIA DO MANEJO DAS LAVOURAS CAFEIEIRAS NA MICROBIOTA DO SOLO: UMA REVISÃO DA ÚLTIMA DÉCADA

Higor Alixandre Macette, Thamyres Cardoso da Silveira, Geisa Correa Louback, Eduardo de Sá Mendonça.

Universidade Federal do Espírito Santo/Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Alto Universitário s/n, 29500-000 – Alegre - ES, Brasil.

higor.macette@edu.ufes.br, tcssilveira@gmail.com, geisa.louback1980@gmail.com, eduardo.mendonca@ufes.br

Resumo

A cafeicultura é uma das principais culturas agrícolas do mundo, ocupando e impactando grandes extensões territoriais. O objetivo deste estudo foi revisar a influência do manejo das lavouras cafeeiras na microbiota do solo, com base em artigos publicados na última década. Após a busca na base de dados *Web of Science*, 8 artigos foram selecionados para esta revisão. Os microrganismos investigados na maioria dos artigos foram bactérias e fungos. Os artigos avaliaram o manejo convencional, agroflorestal e orgânico. De forma geral, os manejos alternativos como o agroflorestal e o orgânico promoveram maior biodiversidade da microbiota do solo. Essa biodiversidade está intrinsecamente ligada aos atributos físicos, químicos e biológicos do solo. Poucos estudos sobre a influência do manejo na microbiota do solo em lavouras cafeeiras foram realizados na última década, o que demonstra a necessidade de investigações mais aprofundadas neste campo.

Palavras-chave: Diversidade. Solo. Café.

Área do Conhecimento: Ciências agrárias – Agronomia.

Introdução

A cafeicultura desempenha papel crucial na economia global e na vida de milhões de pessoas ao redor do mundo. Além de ser uma das commodities mais comercializadas, o café é uma bebida amplamente apreciada e integrada à cultura de diversos países. A produção de café sustenta a subsistência de muitas comunidades rurais, gerando empregos e oportunidades de desenvolvimento econômico. No ano de 2021, as duas principais espécies de café, *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner, produziram em torno de 10,8 milhões de toneladas do grão, em uma área de 11,48 milhões de hectares em todo o mundo (FAOSTAT, 2021).

O café pode ser cultivado através de diferentes tipos de manejo, variando desde o convencional com uso intensivo de insumos químicos, até o orgânico com práticas sustentáveis e ausência de produtos sintéticos. Além disso, há também o sistema agroflorestal, que integra o cafeiro com árvores, e o sistema de monocultura com o cultivo exclusivo do cafeeiro (SILVA, 2012).

A avaliação do impacto dos diferentes tipos de manejo do cafeeiro sobre as características do solo e a composição da sua microbiota é de suma importância, dada a extensa área destinada a essa cultura. A compreensão da intrincada rede microbiológica do solo é essencial, pois os microrganismos presentes nessa rede estão envolvidos em interações ecológicas que afetam diretamente a estrutura do solo, a reciclagem de nutrientes, a decomposição da matéria orgânica, a liberação de nutrientes minerais e até mesmo complementam as funções desempenhadas pelas próprias plantas (CUSTÓDIO *et al.*, 2022).

Diversos estudos têm mostrado que a degradação dos solos resulta na perda de biodiversidade e de matéria orgânica, ao mesmo tempo que contribui para a emissão de gases de efeito estufa (PEREIRA, 2020; CAVALCANTE *et al.*, 2023). Esse cenário gera consequências negativas, tanto para a produção de alimentos quanto para as mudanças climáticas. Dessa forma, é essencial adotar medidas urgentes para conservar e manejar os solos de forma sustentável, assegurando sua vitalidade e a viabilidade de longo prazo dos sistemas agrícolas e dos ecossistemas (WATSON *et al.*, 2022; CUSTÓDIO *et al.*, 2022).

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Embora seja um tema relevante, estudos sobre o impacto do manejo agrícola na composição da microbiota do solo necessitam de investigações mais abrangentes. Assim, o objetivo desse estudo foi revisar a última década de pesquisas sobre a influência do manejo das lavouras cafeeiras na microbiota do solo.

Metodologia

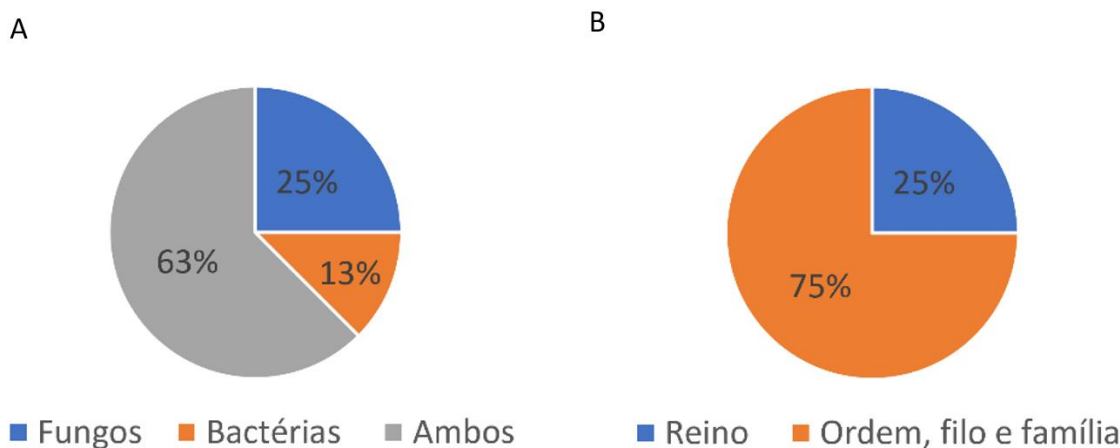
A base de dados utilizada para esta revisão foi compilada por meio de buscas no *Web of Science*. Inicialmente uma busca ampla foi realizada utilizando as palavras chaves *coffee*, *soil* e *microbial*. Após a busca inicial, os resultados foram refinados pelos termos *systems* e *management* e alternadamente então filtrados por data, de 2014 a 2023, abrangendo a última década. Em seguida, os resultados foram filtrados por título, descartando os artigos que não se alinham no escopo do estudo. A seleção final dos artigos se deu após a leitura dos resumos dos artigos baixados após filtragem por título. Foram selecionados apenas artigos que tinham o manejo como objeto de estudo e que realizaram análises da composição da microbiota do solo, abrangendo pelo menos o nível taxonômico de reino.

Resultados

A busca inicial selecionou 186 artigos. O refinamento pelos termos *systems* e *management* e a filtragem por data resultou em 55 e 54 artigos, respectivamente. Após exclusão por título, 37 artigos foram baixados. Após a leitura dos resumos, 29 artigos foram excluídos por não incluírem o manejo como objeto de estudo ou por não realizarem a análise da composição da microbiota do solo. No total, 8 artigos foram analisados em sua integridade para esta revisão.

Dos 8 artigos revisados, dois (25%) consideraram apenas bactérias em suas análises da microbiota do solo, um (13%) considerou apenas fungos e cinco (63%) incluíram tanto bactérias quanto fungos em suas investigações (Figura 1A). Além disso, uma abordagem diversificada na caracterização da microbiota foi evidenciada entre os artigos. Dois deles examinaram a diversidade da microbiota até o nível do reino, enquanto os demais 6 artigos examinaram níveis taxonômicos mais específicos, incluindo ordem, filo e família (Figura 1B). Adicionalmente, a funcionalidade dos microrganismos presentes no solo foi avaliada nos seguintes 3 artigos (CARRASCO-ESPINOSA et al., 2022; JURBURG; SHEK; MCGUIRE, 2020; STERNHAGEN et al., 2020).

Figura1 - Relação da quantidade de artigos revisados. A, Porcentagem de artigos e tipos de microrganismos. B, Porcentagem de artigos e categorias taxonômicas.



Fonte: O autor.

Nos 8 artigos revisados, o impacto do manejo das lavouras cafeeiras na composição da microbiota do solo foi avaliado considerando distintas abordagens de manejo, como o agroflorestal e o convencional, bem como comparações entre diferentes tipos de manejo, como agroflorestal e convencional e orgânico com convencional (Tabela 1). Em relação ao manejo convencional, Zhao et al (2018) mostraram que o cultivo contínuo do cafeeiro resulta na redução da riqueza de microrganismos,

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

sobretudo em cultivos de longo prazo. Quanto ao manejo agroflorestal, Bagyaraj *et al.* (2015) demonstraram que o cultivo do café em associação com duas espécies arbóreas de sombra resultou em uma maior diversidade de populações microbianas, quando comparado a cultivos com uma, três ou mais de três espécies arbóreas de sombra (Tabela 1).

Na Tabela 1, os 3 artigos que confrontaram o manejo agroflorestal com o convencional apontaram para uma maior capacidade do manejo agroflorestal em sustentar uma população microbiana mais abundante e diversificada. Além disso, observou-se que o sombreamento das copas das árvores teve efeito amortecedor sobre todas as comunidades microbianas durante a estação seca. No que se refere à comparação entre o manejo orgânico e o convencional, os 3 artigos (VELMOUROUGANE, 2016; JURBURG; SHEK; MCGUIRE, 2020; STERNHAGEN *et al.*, 2020) indicaram que o manejo orgânico promove maior diversidade de microrganismos e de populações microbianas, além de taxas de respiração mais elevadas. Entretanto, é importante mencionar que comunidades saprófitas, patógenos de plantas e micoparasitas apresentaram diversidade e visibilidade mais pronunciadas nos solos sob o manejo orgânico.

Tabela 1- Quantificação dos artigos por tipo de manejo estudado, de 2014 a 2023.

MANEJO	ARTIGOS	AUTOR
Agroflorestal x convencional	3	RIGAL; XU; VAAST., 2020; MUNROE <i>et al.</i> , 2015; CARRASCO-ESPINOSA <i>et al.</i> , 2022
Orgânico x convencional	3	VELMOUROUGANE, 2016; JURBURG; SHEK; MCGUIRE, 2020; STERNHAGEN <i>et al.</i> , 2020
Convencional	1	ZHAO <i>et al.</i> , 2018
Agroflorestal	1	BAGYARAJ <i>et al.</i> , 2015

Fonte: O autor.

Discussão

A inclusão de bactérias e fungos para caracterizar a microbiota do solo na maioria dos artigos revisados indica o reconhecimento da importância da interação desses dois grupos taxonômicos para a saúde do solo e para a funcionalidade dos ecossistemas (HAYAT *et al.* 2010; FRAC *et al.* 2018).

Os artigos revisados constataram que o manejo do café exerce influência substancial sobre a composição da microbiota do solo, destacando-se os sistemas orgânicos e agroflorestais por apresentarem maior diversidade e aumento da população de microrganismos. Essa influência se deve aos efeitos do manejo sobre diversos fatores, tanto abióticos quanto bióticos, relacionados à microbiota. Estes incluem aspectos como estrutura, textura, temperatura, pH, composição mineral, teor de nutrientes, conteúdo de matéria orgânica e umidade do solo, todos eles interagindo de maneira complexa em redes físico-químicas e ecológicas (CUSTODIO *et al.*, 2022).

Os sistemas de manejo orgânico e agroflorestal se associam a características benéficas, como maior agregação do solo, menor resistência à penetração e menor perda de umidade por evaporação quando comparados ao sistema convencional. No entanto, é relevante notar que, em períodos secos, sistemas agroflorestais podem apresentar níveis de umidade inferiores devido à maior demanda hídrica das espécies florestais (SOTO *et al.*, 2007; GUIMARÃES *et al.*, 2014; CARVALHO *et al.*, 2021).

O cultivo convencional é caracterizado pelo uso de fertilizantes e agroquímicos para controle de pragas e doenças e resulta em um teor de nutrientes mais elevado no solo em comparação ao manejo orgânico e agroflorestal. O cultivo orgânico não utiliza fertilizantes químicos e a aplicação de quantidades equivalentes de fertilizantes orgânicos tem sido desafiadora. Enquanto isso, o manejo agroflorestal se destaca por retirar maiores quantidades de nutrientes, em virtude das espécies arbóreas (VELMOUROUGANE, 2016). Para atenuar o déficit nutricional no manejo orgânico, a adoção de espécies apropriadas para adubação verde, como aquelas da família botânica Fabaceae, tem sido sugerida para fixação de nitrogênio (SAUVADET *et al.*, 2016).

Os sistemas orgânicos demonstraram promover incremento em indicadores biológicos, incluindo carbono orgânico, biomassa microbiana, nitrogênio da biomassa microbiana, taxa de respiração do solo, atividade de acetato de fluoresceína, população microbiana e índices de diversidade microbiana em comparação aos sistemas convencionais. Esses resultados sugerem que os sistemas orgânicos

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

tendem a favorecer um equilíbrio e sustentabilidade mais acentuados no ecossistema do solo quando comparados ao manejo convencional (PARTELLI *et al.*, 2012; SOTO-PINTO *et al.*, 2015).

Nos sistemas agroflorestais, a contínua incorporação de resíduos de árvores leva a modificações na matéria orgânica do solo, resultando em acréscimos nos teores de carbono orgânico total, ácidos húmicos e matéria orgânica leve, especialmente na camada superficial do solo (MARINHO *et al.*, 2014).

Conclusão

O manejo do cafeeiro influencia diretamente a composição da microbiota, devido ao seu impacto nas características e propriedades do solo. No entanto, ainda se verifica a necessidade de estudos que foquem na composição da microbiota do solo com informações mais detalhadas sobre os sistemas de manejo para a cultura do cafeeiro.

Referências

BAGYARAJ, D. J. *et al.* Below ground microbial diversity as influenced by coffee agroforestry systems in the Western Ghats, India. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 202, p. 198-202, 2015.

CARRASCO-ESPINOSA, Karen *et al.* Land-Use Change and Management Intensification Is Associated with Shifts in Composition of Soil Microbial Communities and Their Functional Diversity in Coffee Agroecosystems. **Microorganisms**, v. 10, n. 9, p. 1763, 2022.

DE CARVALHO, Anôr Fiorini *et al.* Microclimate and soil and water loss in shaded and unshaded agroforestry coffee systems. **Agroforestry Systems**, v. 95, p. 119-134, 2021.

CAVALCANTE, Filipe Paz *et al.* Resposta do biocarvão nos atributos e na emissão de gases do solo. **Tecnologia e inovação na agricultura: aplicação, produtividade e sustentabilidade em pesquisa**, v. 1, n. 1, p. 239-249, 2023.

CUSTODIO, Valeria *et al.* Sculpting the soil microbiota. **The Plant Journal**, v. 109, n. 3, p. 508-522, 2022.

FAOSTAT. Food And Agriculture Statistics. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/>. Acesso em: 01 ago. 2023

FRAC, Magdalena *et al.* Fungal biodiversity and their role in soil health. **Frontiers in microbiology**, v. 9, p. 707, 2018.

GUIMARÃES, Gabriel Pinto *et al.* Soil aggregation and organic carbon of oxisols under coffee in agroforestry systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 278-287, 2014.

HAYAT, Rifat *et al.* Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: a review. **Annals of microbiology**, v. 60, p. 579-598, 2010.

JURBURG, S. D.; SHEK, K. L.; & MCGUIRE, K. Soil microbial composition varies in response to coffee agroecosystem management. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 96, n. 9, p. f1aa164, 2020.

MARINHO, Eduardo Barros *et al.* Organic matter pools and nutrient cycling in different coffee production systems in the Brazilian Cerrado. **Agroforestry systems**, v. 88, p. 767-778, 2014.

MUNROE, J. W. *et al.* Soil microbial and nutrient properties in the rhizosphere of coffee under agroforestry management. **Applied Soil Ecology**, v. 93, p. 40-46, 2015.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

PARTELLI, Fábio Luiz et al. Chemical and microbiological soil characteristics under conventional and organic coffee production systems. **Communications in soil science and plant analysis**, v. 43, n. 5, p. 847-864, 2012.

PEREIRA, Nátila Carvalho. **Avaliação do Impacto do Uso e Ocupação do Solo Sobre a Qualidade de Sua Microbiota em Monoculturas Estabelecidas na Zona de Amortecimento do Parque Nacional da Serra da Canastra**. Dissertação (Mestrado Profissional em Sustentabilidade em Tecnologia Ambiental) – Instituto Federal de Minas Gerais, 2020.

RIGAL, C., XU, J., & VAAST, P. (2020). Young shade trees improve soil quality in intensively managed coffee systems recently converted to agroforestry in Yunnan Province, China. *Plant and Soil*, 453, 119-137.

SAUVADET, Marie et al. Shade trees have higher impact on soil nutrient availability and food web in organic than conventional coffee agroforestry. **Science of the Total Environment**, v. 649, p. 1065-1074, 2019.

SILVA, Joedna. Fauna do solo em sistemas de manejo com café. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 3, n. 2, p. 59-71, 2012.

SOTO, Gabriela et al. Impact of conventional and organic coffee agroforestry systems on soil characteristics in an Andisol in Masatepe, Nicaragua and an Ultisol in Turrialba, Costa Rica. In: **Second International Symposium. Multistrata Agroforestry Systems with Perennial Crops: Making ecosystems count for farmers, consumers and environment. September. 2007.** p. 17-21.

SOTO-PINTO, L.; AGUIRRE-DÁVILA, C. M. Carbon stocks in organic coffee systems in Chiapas, Mexico. **Journal of Agricultural Science (Toronto)**, v. 7, n. 1, p. 117-128, 2015.

STERNHAGEN, Elizabeth C. et al. Contrasting patterns of functional diversity in coffee root fungal communities associated with organic and conventionally managed fields. **Applied and environmental microbiology**, v. 86, n. 11, p. e00052-20, 2020.

VELMOUROUGANE, K. Impact of organic and conventional systems of coffee farming on soil properties and culturable microbial diversity. **Scientifica**, v. 2016, 2016.

WATSON, Carl D. et al. Global meta-analysis shows progress towards recovery of soil microbiota following revegetation. **Biological Conservation**, v. 272, p. 109592, 2022.

ZHAO, Qingyun et al. Long-term coffee monoculture alters soil chemical properties and microbial communities. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 6116, 2018.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES); Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES); a Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).