

CAPÍTULO 4

Bioindicadores e controle ecológico: estratégias sustentáveis no manejo de pragas e doenças agrícolas

Ana Lídia Chaves Gomes, Andresa Carolina Mendes Pinheiro, Karenn Zavarize Bermond, José Elias Alves Adão, Mayra da Silva Polastrelli Lima, Wagner Gonçalves de Sá, Fernanda Barcelos de Paula, Atanásio Alves do Amaral, Maurício Novaes Souza

<https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-35-0.c4>

Resumo

A partir da Revolução Verde, métodos de controle químico de pragas, doenças e nutrição vegetal foram amplamente difundidos nas áreas agrícolas. Contudo, sintomas de deficiências nutricionais e ataques de pragas podem ser interpretados como bioindicadores das condições reais do sistema produtivo. No caso do cafeeiro, por exemplo, desequilíbrios nutricionais estão frequentemente associados à maior incidência de pragas e doenças. Reconhecer esses sinais como indicadores ecológicos é fundamental, mas também se faz necessário o controle das causas subjacentes. Nesse contexto, a aplicação de caldas e extratos naturais surge como uma alternativa ecológica para promover o equilíbrio entre a produção agrícola e a conservação ambiental. Este trabalho tem como objetivo compreender a função dos bioindicadores no agroecossistema e como utilizá-los no manejo sustentável de pragas e doenças.

Palavras-chave: Bioindicadores. Manejo ecológico. Caldas naturais. Extratos vegetais. *Coffea canefora*. Agroecologia.

1. Introdução

Com o avanço tecnológico ocorrido no Brasil a partir da década de 1970, consolidou-se o modelo conhecido como “Revolução Verde”, cujo objetivo principal era industrializar o campo por meio da expansão do monocultivo, da abertura de novas e extensas áreas de produção e da intensificação do uso de insumos químicos — como fertilizantes e defensivos agrícolas — geralmente produzidos fora das propriedades rurais (Silva *et al.*, 2023).

Esse modelo rapidamente se disseminou no meio rural, promovendo uma ruptura com os saberes tradicionais construída por gerações de agricultores. Ao priorizar a padronização dos métodos de produção, a Revolução Verde desconsiderou as especificidades físico-químicas, ecológicas e culturais de cada território, resultando em impactos e externalidades negativos como a contaminação ambiental e a redução da biodiversidade (Silva *et al.*, 2022).

Em contraponto a esse paradigma, emerge a agroecologia, entendida como uma ciência que fundamenta e orienta sistemas produtivos sustentáveis. Segundo Caporal e Costabeber (2004), a agroecologia fornece bases científicas e metodológicas para práticas agrícolas comprometidas com a justiça social e a conservação ambiental, promovendo a segurança alimentar e a conservação/preservação da biodiversidade por meio da aplicação de princípios ecológicos aos sistemas de produção.

Embora tenha sido oficialmente reconhecida como ciência pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) em 2006, a agroecologia tem raízes muito anteriores à modernização agrícola, estando presente nas práticas de comunidades rurais que historicamente cultivavam a terra de forma integrada aos ciclos naturais. Assim, a agroecologia busca restabelecer a relação harmônica entre ser humano e natureza, favorecendo sistemas produtivos que conciliem biodiversidade e sustentabilidade (Gomes; Assis, 2013).

Nesse contexto, a ocorrência de pragas e doenças nos cultivos passa a ser interpretada, sob a ótica agroecológica, como um importante sistema de alerta: os bioindicadores. Ao invés de serem vistos unicamente como problemas a serem eliminados, pragas e doenças revelam desequilíbrios nos agroecossistemas e oferecem pistas sobre a qualidade ambiental da lavoura. Como afirmam Medeiros *et al.* (2010), é necessário superar a conotação

negativa historicamente atribuída a esses organismos e reconhecê-los como aliados na leitura ecológica dos sistemas de produção.

Consideram-se bioindicadores todos os organismos ou sinais que refletem o estado de equilíbrio de um sistema, como espécies vegetais espontâneas, agentes fitopatogênicos, características da matéria orgânica do solo, entre outros. A correta identificação desses elementos permite uma intervenção mais precisa, promovendo o manejo agroecológico adequado e contribuindo para a restauração do equilíbrio ecológico (Oliveira, 2004;).

Diante disso, o presente trabalho propõe uma releitura da presença de pragas e doenças em sistemas de produção sob a perspectiva agroecológica, compreendendo-os como bioindicadores da saúde do agroecossistema. Além disso, busca apresentar alternativas técnicas de manejo que contribuam para restabelecer o equilíbrio em lavouras cafeeiras que manifestam fragilidades diante da ocorrência desses indicadores biológicos.

2. Indicadores de sustentabilidade para ecossistemas

A agroecologia compreende os sistemas de produção como organismos vivos e únicos, nos quais a qualidade dos processos metabólicos é determinada pelas interações locais e pelo contexto ecológico, social e cultural específico. Dessa forma, os sistemas produtivos agroecológicos não seguem modelos padronizados, mas sim princípios que se adaptam à realidade de cada território, valorizando a biodiversidade, a ciclagem de nutrientes e o conhecimento tradicional (Altieri; Nicholls, 2020).

A aplicação de técnicas agroecológicas e o manejo integrado devem ser pautados em uma leitura crítica do ambiente, com atenção às possíveis fragilidades do sistema. A partir dessa leitura, são desenvolvidas estratégias de fortalecimento das interações ecológicas, que favorecem o equilíbrio e a resiliência do agroecossistema. Ainda que cada sistema tenha suas especificidades, muitos problemas enfrentados pelos produtores agroecológicos apresentam padrões recorrentes, o que justifica a necessidade de *checklists* diagnósticos e do uso de indicadores de sustentabilidade (Fialho *et al.*, 2019) (Figura 1).

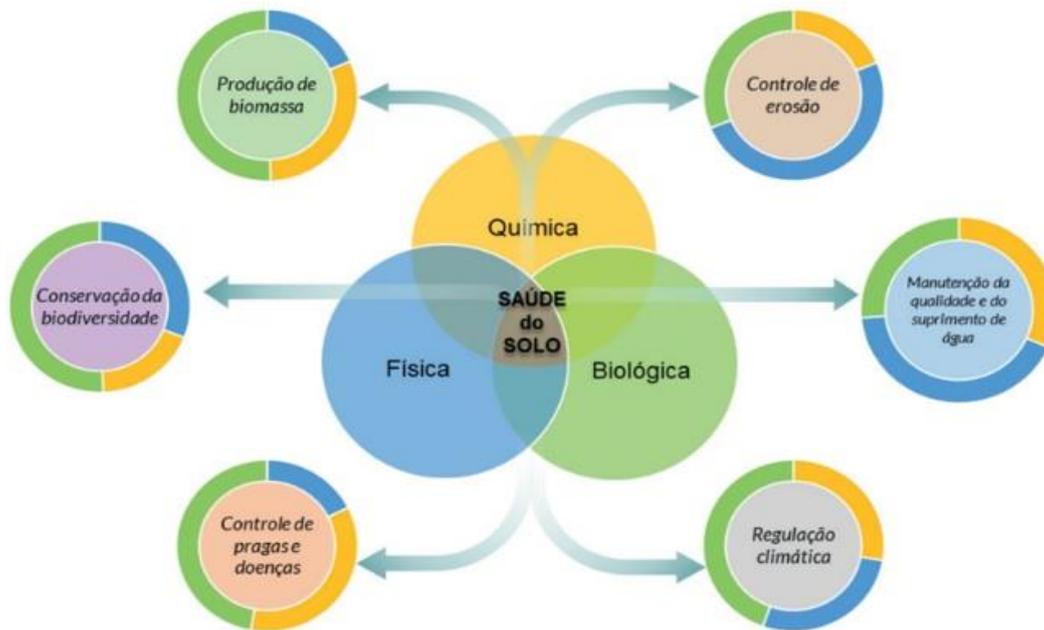


Figura 1. Fatores que influenciam na qualidade do solo e que estão correlacionados. Fonte: Fonte: Cherubin et al (2023). In: <https://agroadvance.com.br/blog-qualidade-do-solo-conceitos-e-indicadores/>.

Nesse contexto, Machado *et al.* (2006) apresentam indicadores-chave de sustentabilidade visíveis nos ecossistemas agrícolas, que devem ser constantemente observados:

- ✓ Aparência geral da cultura;
- ✓ Crescimento das plantas;
- ✓ Incidência de doenças;
- ✓ Incidência de insetos e pragas;
- ✓ Rendimento atual e potencial da lavoura;
- ✓ Abundância e diversidade de inimigos naturais;
- ✓ Competição e supressão de plantas espontâneas;
- ✓ Policultivo ou diversidade vegetal;
- ✓ Desenho agroecológico;
- ✓ Diversidade genética;
- ✓ Tipo de manejo empregado.

Além desses fatores visuais e de superfície, os indicadores relacionados ao solo também são fundamentais e devem ser cuidadosamente avaliados,

conforme destacado por Altieri e Nicholls (2002) e complementado por estudos mais recentes (Souza *et al.*, 2021; Nascimento *et al.*, 2023):

- ✓ Profundidade do solo;
- ✓ Estrutura física e estabilidade de agregados;
- ✓ Grau de compactação;
- ✓ Estado dos resíduos orgânicos;
- ✓ Cor, odor e presença de matéria orgânica;
- ✓ Capacidade de retenção de água;
- ✓ Níveis de erosão e escoamento superficial;
- ✓ Presença e diversidade de invertebrados;
- ✓ Atividade microbiológica;
- ✓ Desenvolvimento e profundidade das raízes, com destaque para lavouras perenes como os cafezais.

Todos esses indicadores, quando avaliados em conjunto, possibilitam a identificação precoce de desequilíbrios ecológicos. Com base nessa leitura, é possível adotar medidas corretivas e preventivas que respeitem os princípios da sustentabilidade e da saúde do agroecossistema como um todo.

3. Manejo ecológico dos bioindicadores em sistemas agroecológicos

De forma geral, os bioindicadores — elementos bióticos que refletem o estado de equilíbrio do agroecossistema — possuem formas específicas de tratamento orgânico e sustentável. No que se refere aos aspectos do solo, a incorporação de matéria orgânica estimula a atividade biológica, melhora a estrutura física, favorece a retenção de água, aumenta a capacidade de absorção de nutrientes e reduz os impactos da erosão (Pizol, 2023) (Figura 2).

Com relação às pragas e doenças, a adoção de sistemas vegetais diversificados, como os consórcios ou policultivos, pode reduzir significativamente a pressão de organismos danosos e, simultaneamente, estimular a presença de inimigos naturais, criando um ambiente mais equilibrado (Altieri, 1994; Medrado, 2018). Tais práticas, quando planejadas preventivamente, contribuem para o fortalecimento das culturas, tornando-as mais resistentes a possíveis agentes de desequilíbrio.



Figura 2. Cobertura vegetal: aumento da matéria orgânica do solo. Fonte: Acervo Dário Rodrigues, 2024.

Considerando que os bioindicadores, como o próprio nome sugere, sinalizam alterações ou disfunções no ambiente agrícola, sua presença deve ser interpretada como uma ferramenta diagnóstica, e não meramente como uma ameaça à produção. Nesse contexto, Altieri (1994) e Silva *et al.* (2022) argumentam que as interações entre os componentes bióticos do agroecossistema são múltiplas e, quando corretamente manejadas, podem induzir efeitos positivos no controle biológico, na regeneração e na conservação do solo.

Para culturas perenes, como o café, o uso de plantas de cobertura e a diversidade vegetal atuam diretamente na prevenção de pragas e doenças. O policultivo, por exemplo, favorece a complexidade ecológica ao promover a associação de diferentes espécies no mesmo espaço e tempo, como no plantio em faixas ou consórcios diversificados. Essa técnica cria um sistema mais resiliente, onde os recursos alimentares e habitat são mais bem distribuídos, reduzindo a atratividade para insetos-praga e aumentando a presença de organismos benéficos (Medrado, 2018) (Figura 3).

A vegetação natural presente ao redor da lavoura também cumpre função estratégica como barreira física e ecológica, auxiliando no controle biológico e no equilíbrio geral do sistema produtivo.



Figura 3. Cafeeiro consorciado com palmito pupunha e bananeira: Incaper, Pacotuba, Cachoeiro do Itapemirim, ES. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2022.

Nesse sentido, Chaboussou (1987) propôs a teoria da trofobiose, a qual afirma que insetos herbívoros tendem a atacar plantas estressadas ou metabolicamente desequilibradas. Isso reforça a importância de um manejo que busque o vigor e o equilíbrio fisiológico da planta, o que a torna menos suscetível a danos.

Conforme Primavesi (1994), citada por Lovatto (2012), algumas plantas não hospedeiras exalam compostos voláteis que atuam como repelentes naturais, confundindo ou inibindo a aproximação de insetos-praga. Entre os exemplos citados por Lovatto (2012), destacam-se:

- ✓ Catinga-de-mulata (*Tanacetum vulgare* L.) – repelente de formigas;
- ✓ Capuchinha (*Tropaeolum majus* L.) – efeito repelente geral;
- ✓ Cravo-de-defunto (*Tagetes* spp.) – ação contra nematoides;
- ✓ Hortelã (*Mentha* spp.) – repelente de lepidópteros e formigas;
- ✓ Nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) – com efeitos alelopáticos diversos.

Além das plantas repelentes, existem também as de atração, que funcionam como "iscas verdes", concentrando os agentes nocivos em si e protegendo a cultura principal — uma prática que pode ser utilizada estrategicamente em sistemas consorciados.

Outras práticas de manejo ecológico incluem ações mecânicas e o uso de insumos de origem vegetal. No caso das plantas espontâneas, que embora tenham funções ecológicas importantes, quando interferem negativamente na cultura podem ser manejadas com ferramentas ou máquinas. Ao serem incorporadas ao solo, essas plantas se tornam fonte de matéria orgânica, contribuindo para a ciclagem de nutrientes.

Quanto aos insumos vegetais, destacam-se os óleos essenciais, caldas naturais e iscas atrativas. Os óleos botânicos, por exemplo, têm ação sobre pragas por meio de repelência, inibição da alimentação, alterações hormonais e até letalidade em diferentes estágios de desenvolvimento (Roel, 2001).

Por fim, conforme destaca Gliessman (2000), citado por Lovatto *et al.* (2012), a melhor maneira de prevenir e controlar danos nas lavouras é por meio do manejo orgânico do solo e da integração de práticas sustentáveis que garantam o pleno desenvolvimento da planta. Nessa perspectiva, doenças e insetos não são vistos como inimigos, mas como sinais de um sistema produtivo desajustado (Figura 4).



Figura 4. Manejo orgânico do solo no Sítio Jaqueira Agroecologia, Alegre, ES. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2025.

A agroecologia, portanto, reconhece que não existe método isolado ou receita única. O manejo dos bioindicadores deve ser contextualizado,

respeitando a diversidade dos agroecossistemas e buscando sempre o equilíbrio entre produção agrícola e preservação ambiental.

4. Controle de pragas e doenças do cafeeiro

O controle de pragas e doenças do cafeeiro é fundamental para garantir a produtividade, a qualidade dos grãos e a sustentabilidade dos sistemas de cultivo. A presença de insetos, fungos e outros organismos patogênicos pode comprometer seriamente o desenvolvimento da planta, afetando tanto os aspectos fisiológicos quanto os atributos sensoriais da bebida.

No entanto, o manejo dessas adversidades representa um desafio constante, pois envolve a necessidade de monitoramento contínuo, conhecimento técnico e estratégias que conciliem eficácia e menor impacto ambiental. Além disso, a resistência de algumas pragas e doenças aos métodos convencionais de controle e as variações climáticas que favorecem sua disseminação agravam ainda mais a complexidade do processo. Assim, torna-se essencial buscar alternativas integradas e sustentáveis, que considerem o equilíbrio ecológico e a saúde do agroecossistema.

4.1. Principais doenças e manejo orgânico

Ainda são limitadas as pesquisas sobre o comportamento das doenças em lavouras de café orgânico, especialmente no que se refere à influência das práticas culturais adotadas nesse sistema na curva de progresso das enfermidades e nas possibilidades de controle alternativo para minimizar as perdas (Silva; Souza, 2021).

Entre as principais doenças que afetam os cafezais, destacam-se a ferrugem (*Hemileia vastatrix*), a cercosporiose (*Cercospora coffeicola*), a mancha-de-phoma (*Phoma* spp.) e a mancha-de-ascochyta (*Ascochyta coffeae*) (Figura 5). Estimativas indicam perdas que podem variar entre 35% e 40% da produção na ausência de medidas de controle adequadas, especialmente em relação à ferrugem e à cercosporiose (Zambolim; Vale, 2000; Oliveira *et al.*, 2018).

Diante desse cenário, o manejo orgânico busca alternativas sustentáveis, como o uso de caldas vegetais, controle biológico e práticas culturais que favoreçam o equilíbrio do agroecossistema, reduzindo a incidência dessas doenças.

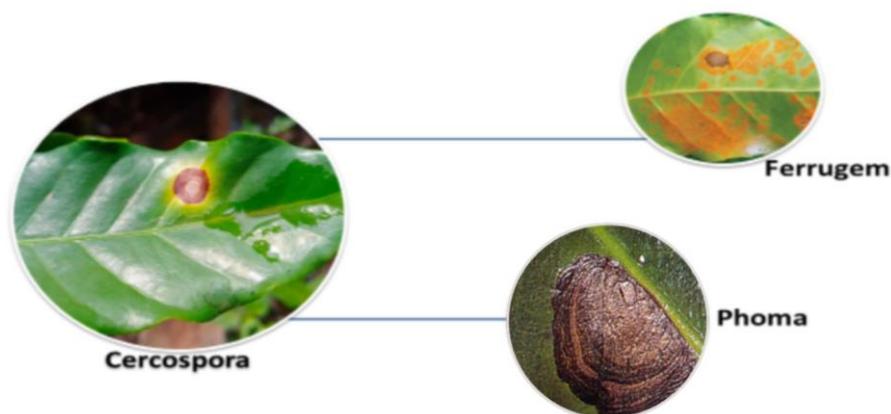


Figura 5. Algumas das doenças do cafeeiro. Fonte: Os autores, 2025.

Ainda são escassas as pesquisas voltadas ao comportamento das doenças em lavouras de café orgânico, especialmente quanto à influência das práticas culturais adotadas nesse sistema na dinâmica epidemiológica e nas possibilidades de controle alternativo. A ferrugem (*Hemileia vastatrix*), a cercosporiose (*Cercospora coffeicola*), a mancha-de-phoma (*Phoma* spp.) e a mancha-de-ascochyta (*Ascochyta coffeae*) destacam-se entre as doenças mais frequentes nos cafezais. Em situações sem controle, estima-se que a ferrugem e a cercosporiose possam provocar perdas de 35% a 40% na produção (Zambolim; Vale, 2000; Ferrão *et al.*, 2021).

Na agricultura orgânica, o controle fitossanitário é realizado prioritariamente por medidas preventivas. Entre as práticas recomendadas estão o uso de variedades mais resistentes, adubação orgânica com compostos de restos culturais, material vegetal e esterco enriquecido com fosfatos naturais e micronutrientes, cobertura morta, consórcio com culturas que favoreçam a presença de inimigos naturais, barreiras físicas como quebra-ventos e o manejo seletivo da vegetação espontânea. A integração dessas estratégias fortalece as plantas e promove um ambiente ecologicamente equilibrado, favorecendo o

controle biológico de pragas e doenças (Theodoro *et al.*, 2001; Almeida; Souza, 2019).

De acordo com a Instrução Normativa nº 7, de 17 de maio de 1999, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 1999), são recomendadas para o manejo de doenças fúngicas na produção vegetal orgânica práticas como o uso de enxofre simples e suas preparações; mistura de 1/3 de sulfato de alumínio e 2/3 de argila (caulim ou bentonita) em solução a 1%; sais de cobre (especialmente na fruticultura); cal hidratada (exclusivamente como fungicida); extratos vegetais; vermicompostos; calda bordalesa e calda sulfocálcica (mediante aprovação da certificadora); preparados homeopáticos e estimuladores de resistência, além de pó de pedra, calcário, extratos de algas, própolis e plantas medicinais.

4.2. Produtos alternativos no controle de doenças do cafeeiro

O uso de produtos alternativos para manejo fitossanitário com o objetivo de melhorar a qualidade ambiental e o controle de doenças tem sido cada vez mais buscado na cafeicultura, independentemente do sistema produtivo, seja ele orgânico ou convencional. Entre as alternativas, destacam-se os extratos vegetais que contêm substâncias bioativas capazes de atuar como indutores das respostas de defesa das plantas frente aos patógenos (Dias *et al.*, 2000; Barguil *et al.*, 2005; Martins *et al.*, 2022).

Extratos vegetais ricos em nutrientes, vitaminas e ácidos orgânicos têm apresentado resultados promissores, tanto *in vitro* quanto *in vivo*, o que incentiva a ampliação das pesquisas sobre a atividade biológica dos compostos presentes nesses extratos (Yin; Tsao, 1999; Silva *et al.*, 2021). Santos (2006) observou que a pulverização quinzenal com extrato aquoso de folhas de café infectadas por *Hemileia vastatrix* pode reduzir o progresso da ferrugem, cercosporiose e mancha-de-phoma, evidenciando um efeito de indução de resistência por meio da deposição de lignina nos tecidos foliares.

No cafeeiro, a resistência induzida contra *H. vastatrix* tem sido associada ao acúmulo de calose e lignina nas paredes celulares, tanto em plantas resistentes quanto suscetíveis, com resposta mais rápida nas resistentes (Rijo

et al., 1982; Martins *et al.*, 1985). Além disso, o aumento da atividade enzimática de quitinase e alfa-1,3-glucanase, três dias após a inoculação do patógeno, foram detectados em plantas tratadas com extratos elicitores obtidos a partir de urediniósporos, indicando que substâncias extraídas dos esporos de *H. vastatrix* podem induzir proteção contra inoculações subsequentes (Guzz *et al.*, 1987).

Produtos comerciais como o Ecolife® têm demonstrado potencial para uso na agricultura orgânica, reduzindo o crescimento micelial de *Cercospora coffeicola* e *Phoma costarricensis* em concentrações de 5,0 a 10,0 mL/L, efeito esse confirmado também para a cercosporiose (Barguil *et al.*, 2005; Santos, 2006; Rodrigues *et al.*, 2021). Além disso, produtos à base de nim (NeemAzal®, com 5% de azadiractina) têm sido testados com resultados positivos no controle de doenças radiculares, de parte aérea e pós-colheita, como o oídio em ervilha, tanto em casa de vegetação quanto em campo (Prithiviraj, 1998; Carneiro, 2003; Rodrigues *et al.*, 2021).

A aplicação de quitosana também demonstrou redução significativa na incidência de *Alternaria solani* em tomateiro, associada ao aumento das enzimas peroxidase, quitinase e β -1,3-glucanase, reforçando seu papel como indutor de resistência (Carneiro, 2003; Souza *et al.*, 2022).

Diante da escassez de estudos que investiguem medidas alternativas para o controle de doenças no cafeeiro, este trabalho propõe analisar os possíveis efeitos de biofertilizantes, extratos, óleos vegetais e produtos comerciais já registrados para a cafeicultura orgânica, buscando ampliar o conhecimento e as alternativas sustentáveis de manejo fitossanitário.

4.3. Nutrição

Apesar do vasto conhecimento acumulado sobre a cafeicultura, ainda não existe controle efetivo dos diversos fatores que influenciam a produtividade, especialmente em sistemas de produção orgânicos, nos quais o princípio básico é a não utilização de agrotóxicos (Pedini, 2000). Essa limitação torna o manejo nutricional mais desafiador, uma vez que a reposição e disponibilização de nutrientes dependem fundamentalmente de fontes naturais e práticas que promovam a saúde do solo, como o uso de adubação verde, compostos

orgânicos e biofertilizantes (Silva *et al.*, 2019; Oliveira; Pereira, 2021). A nutrição adequada é decisiva para o desenvolvimento do cafeeiro, aumento da resistência a estresses bióticos e abióticos, e melhoria da qualidade dos frutos, sendo necessário o planejamento integrado dos insumos orgânicos para garantir a sustentabilidade do sistema produtivo.

O desequilíbrio nutricional nas plantas é um fator preponderante que aumenta a suscetibilidade ao ataque de pragas e doenças. Em sistemas convencionais, a busca intensa pela produtividade frequentemente compromete os mecanismos naturais de defesa das plantas, facilitando a ocorrência desses ataques (Guimarães *et al.*, 2002). A incidência de pragas e doenças em cultivos de cafeeiro está diretamente relacionada ao desbalanço mineral, sobretudo entre os nutrientes nitrogênio, cálcio e potássio, que interferem na nutrição vegetal e no vigor das plantas (Souza; Ventura, 1997; Pozza *et al.*, 2001; Carvalho Júnior; Souza; Araújo, 2003; Carvalho *et al.*, 2020) (Figura 6).



Figura 6. Lavouras em diferentes estágios nutricionais. (a) Lavoura com manejo nutricional correto; (b) Lavoura com deficiências nutricionais. Fonte: Yara, 2024.

Na cafeicultura orgânica, o solo é reconhecido não como um substrato inerte, mas como um ambiente dinâmico repleto de organismos vivos que transformam as fontes de nutrientes orgânicos e minerais, disponibilizando-os para as plantas. Nesse contexto, a liberação dos nutrientes a partir dos adubos orgânicos ocorre de forma gradual, diferentemente dos adubos minerais, demandando estratégias específicas para garantir a nutrição eficiente (Guimarães *et al.*, 2002; Silva *et al.*, 2019).

A matéria orgânica pode ser aplicada em três formas distintas: a) sobre o solo, com materiais mais grosseiros, como palhas e restos de adubação verde, preferencialmente fermentados; b) incorporada ao solo, por meio de compostos diversos e processos de incorporação superficial; e c) diretamente à planta, por meio de materiais de mineralização mais rápida, como esterco animal, tortas, cinzas, biofertilizantes líquidos e húmus de minhoca. A nutrição equilibrada resulta da utilização integrada dessas três formas (Theodoro *et al.*, 2001; Almeida *et al.*, 2022) (Figura 7).

Em solos utilizados para cafeicultura orgânica, medidas comuns para corrigir desequilíbrios nutricionais incluem a aplicação de calcário calcítico e magnesiano a lanço, em doses que podem chegar a 1,5 t ha⁻¹. Para o fósforo, utilizam-se fosfatos naturais de baixa solubilidade como alternativa sustentável. Fontes de potássio incluem a casca do café e cinzas vegetais, enquanto micronutrientes são frequentemente fornecidos por biofertilizantes (Chaves, 2001; Pereira *et al.*, 2023).



Figura 7. Matéria orgânica sendo incorporada na forma de compostos e materiais mais grosseiros. Fonte: Acervo Dário Rodrigues, 2024.

Os biofertilizantes líquidos, resultantes da decomposição anaeróbica da matéria orgânica, são utilizados como adubação foliar complementar, fornecendo micronutrientes essenciais e fortalecendo o equilíbrio nutricional das plantas. Estudos recentes confirmam que esses insumos orgânicos contribuem significativamente para o desenvolvimento saudável do cafeeiro e para a resistência a estresses.

Quando aplicados via foliar, esses insumos atuam como adubação complementar, fornecendo micronutrientes como zinco, ferro, manganês e boro, fundamentais para processos fisiológicos das plantas. Além disso, contribuem para o equilíbrio nutricional, fortalecendo o metabolismo vegetal, aumentando a resistência a pragas e doenças e favorecendo o desenvolvimento saudável das culturas. Seu uso reduz a dependência de fertilizantes químicos, promovendo práticas mais ecológicas e de menor impacto ambiental (Bettiol *et al.*, 1998; Mendes *et al.*, 2021).

4.4. Biofertilizantes

Segundo Costa (2023), a principal matéria-prima para a fabricação de biofertilizantes é composta por resíduos vegetais e animais, que podem ser produzidos diretamente na propriedade, como esterco, cama de aviário, compostos orgânicos e adubos verdes, ou provenientes de fontes industriais e agroindustriais, como bagaços de frutas, resíduos de moinhos e subprodutos da indústria alimentícia (Figura 8).



Figura 8. Produção de biofertilizantes: considerados defensivos naturais contra patógenos, como o supermagro. Fonte: <https://infoagronomo.net/que-es-como-se-prepara-y-como-aplicar-el-supermagro/>.

Essas matérias-primas passam por transformações, geralmente por fermentação anaeróbia, originando produtos que podem ser aplicados via pulverização foliar ou diretamente no solo, com finalidades tanto nutricionais quanto de controle biológico de doenças e pragas (Boehm; Hoitink, 1992; Silva *et al.*, 2021). Conforme Kiehl (1993), a eficiência dos biofertilizantes está diretamente relacionada ao sistema de produção e à forma de preparo, que impactam a qualidade e o custo do produto final.

Além de funcionarem como fertilizantes, os biofertilizantes são considerados defensivos naturais contra patógenos, por promoverem o crescimento de microrganismos benéficos, especialmente bactérias do gênero *Bacillus subtilis*, que atuam na supressão de doenças causadas por fungos e bactérias (Oliveira; Santos, 2019). Um exemplo tradicional é o “supermagro” (Figura 9), composto por esterco, água, sais minerais, melão, leite e outros resíduos, desenvolvido pelo Centro de Agricultura Ecológica Ipê (CAE), no Rio Grande do Sul, e adaptado para a cafeicultura orgânica (Pedini, 2000; Costa *et al.*, 2022).



Figura 9. Fosfato natural: um dos ingredientes do biofertilizante Supermagro. Fonte: Peruzzo e Wiethölter, 2000 *apud* Costa, 2023.

Castro *et al.* (1991) demonstraram que biofertilizantes originados da fermentação anaeróbia de esterco bovino apresentam ação antifúngica contra *Colletotrichum gloeosporioides*, *Thielaviopsis paradoxa*, *Penicillium digitatum*, *Fusarium* sp. e *Cladosporium* sp. De modo semelhante, McQuilken *et al.* (1994)

verificaram que extratos aquosos produzidos a partir de compostos de esterco de cavalo e aves inibem o crescimento micelial e a germinação de conídios de *Botrytis cinerea*, independentemente da idade do extrato. A inibição da germinação de conídios também foi relatada por Stindt e Weltzien (1988), com extratos aquosos compostos por esterco de cavalo, gado bovino e bagaceira.

Vida *et al.* (1993) utilizaram efluentes de esterco bovino fermentado em biodigestor por 40 dias para controlar *Erysiphe polygoni*, causador do oídio em feijão-vagem, sob condições de casa de vegetação. Nas diluições 1:4 e 1:8, o controle alcançado foi comparável ao fungicida padrão utilizado para o manejo dessa doença.

O controle de *B. cinerea* com extratos aquosos provenientes de esterco de cavalo, gado e aves foi amplamente relatado em culturas como feijão, alface, tomate e pimentão (Stindt; Weltzien, 1988; Elad; Shtienberg, 1994; McQuilken *et al.*, 1994). Em estufas comerciais, Elad e Shtienberg (1994) obtiveram controle parcial da infestação por *Leveillula taurica* em tomateiro.

Weltzien e Ketterer (1986) conseguiram controlar *Plasmopara viticola* em videiras ao submergir ou pulverizar folhas com extrato aquoso obtido da mistura de composto de esterco de cavalo e água, após fermentação de 2 a 3 dias.

No cafeeiro, Tratch e Bettiol (1997) estudaram o efeito do biofertilizante “supermagro” sobre esporos de *Hemileia vastatrix*, observando inibição completa (100%) da germinação e crescimento do tubo germinativo na concentração de 1%. Contudo, ainda são escassos os estudos em campo avaliando o uso de biofertilizantes contra os principais agentes etiológicos de doenças do cafeeiro.

Além dos biofertilizantes, diversos produtos naturais podem ser preparados na própria propriedade rural. Dentre os mais utilizados destacam-se o extrato de pimenta e alho (Quadro 1) e a calda bordalesa (Quadro 2), ambos amplamente empregados no manejo orgânico.

Mais recentemente, estudos vêm ampliando o conhecimento sobre compostos bioativos em biofertilizantes e seu papel na indução de resistência sistêmica em plantas (Silva *et al.*, 2021; Oliveira *et al.*, 2022). Avanços na biotecnologia também têm permitido o desenvolvimento de biofertilizantes

enriquecidos com microrganismos benéficos, capazes de melhorar a saúde do solo e aumentar a resistência das plantas a doenças (Martins; Souza, 2023).

4.4.1. Extrato de pimenta e alho

Segundo Leite, Meira e Moreira (2016), o alho apresenta em sua composição substâncias como o enxofre, que atua no controle de pragas e doenças de forma menos persistente e agressiva, preservando os inimigos naturais presentes no ambiente da lavoura.

Para sua utilização no cafeeiro, segue a descrição do preparo do extrato, conforme apresentado no Quadro 1 (Paiva, 1995; Silva *et al.*, 2021; Oliveira; Santos, 2022).

Quadro 1. Ingredientes e quantidades necessárias para a produção do extrato de pimenta e alho.

Ingredientes	Quantidade
Pimenta-do-Reino (moída)	100 g
Álcool	1 L
Sabão neutro	25 g

Fonte: Autores, 2025.

➤ Preparo

- ✓ Adicionar 100 g de pimenta-do-reino moída a 1 litro de álcool em recipiente de vidro ou garrafa com tampa. Deixar em repouso por uma semana.
- ✓ Dissolver 25 g de sabão neutro em 1 litro de água quente

➤ Modo de usar

- ✓ No momento da aplicação, misturar 1 copo do extrato de pimenta-do-reino com a solução de sabão e diluir em 10 litros de água. Agitar bem antes da pulverização.

➤ **Recomendações**

- ✓ Recomenda-se o uso desta calda principalmente para o controle de lagartas, pulgões, tripes e cigarrinhas em solanáceas (batata inglesa, jiló, berinjela, pimentão e tomate), além de flores, hortaliças, frutíferas, grãos e cereais. No cultivo de café, essa calda atua como repelente eficaz do bicho-mineiro.
- ✓ Para potencializar o efeito protetor contra insetos, pode-se adicionar extrato alcoólico de alho à calda antes da pulverização, prática recomendada especialmente para o cultivo do tomateiro.
- ✓ Para preparar o extrato de alho, triturar 100 g de alho e misturar com 1 litro de álcool em recipiente de vidro ou garrafa com tampa, deixando em repouso por uma semana. Na aplicação, utilizar 1 copo do extrato de pimenta-do-reino, ½ copo do extrato de alho e a solução de sabão, diluindo em 10 litros de água. Agitar bem antes da pulverização.
- ✓ Antes de aplicar qualquer das receitas, é importante observar a presença de inimigos naturais das pragas nas culturas e verificar se eles já não estão realizando controle eficiente das populações pragas.

4.4.2. Calda Bordalesa

De acordo com Meira, Leite e Moreira (2016), a origem da calda bordalesa está relacionada ao uso tradicional de cal nas videiras. Ao combinar a cal com sulfato de cobre em recipientes de cobre para a preparação da calda, constatou-se um aumento significativo na eficiência do controle fitossanitário (Figura 10).

A calda bordalesa é amplamente utilizada no controle de diversas doenças fúngicas, tais como ferrugem, requeima, cercosporiose, entre outras. Seu uso é autorizado na agricultura orgânica devido à composição dos ingredientes empregados em seu preparo. A seguir, apresenta-se o procedimento necessário para a sua preparação (Quadro 2) (Gonzaga, 1994; Oliveira *et al.*, 2022).



Figura 10. Grumos ou membranas de precipitação em torno das partículas de hidróxido de cálcio na calda bordalesa. Fonte: EpagriTEC, 2022.

Quadro 2. Ingredientes e quantidades necessárias para a realização da Calda Bordalesa

Ingredientes	Quantidade
Sulfato de Cobre	100 g
Saco de Pano	1 unidade
Água quente	10 litros
Cal Virgem	100 g

Fonte: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/242170/1/FOL200837.pdf>

✓ **Preparo:**

Coloque 100 gramas de sulfato de cobre em um saco de pano pequeno e mergulhe-o em cinco litros de água quente, deixando de molho por 24 horas. Paralelamente, dissolva 100 gramas de cal virgem de boa qualidade em cinco litros de água. Em seguida, despeje a solução de sulfato de cobre sobre a solução de cal, misturando bem com um bastão. Coe a mistura e transfira para o pulverizador para aplicação.

➤ **Recomendações:**

✓ A calda bordalesa é um fungicida autorizado na agricultura orgânica, pois o sulfato de cobre apresenta baixa toxicidade e contribui para melhorar o equilíbrio nutricional das plantas, promovendo maior resistência às doenças.

5. Principais pragas encontradas na cafeicultura

Dentre as principais pragas que afetam a cultura do cafeeiro, destacam-se o bicho-mineiro (*Leucoptera coffeella*) e a broca-do-café (*Hypothenemus hampei*). O bicho-mineiro é uma pequena mariposa cujas lagartas se alimentam do tecido foliar, formando minas nas folhas e comprometendo a fotossíntese, o que pode levar à queda prematura das folhas e à redução da produtividade. Já a broca-do-café é um besouro que perfura os frutos para depositar seus ovos, provocando danos diretos aos grãos e prejuízos significativos na qualidade da bebida, além de favorecer a entrada de patógenos secundários. Essas pragas representam desafios recorrentes para a cafeicultura, exigindo atenção constante dos produtores.

5.1. Bicho-mineiro (*Leucoptera coffeella*)

O bicho-mineiro é um inseto cujos adultos são pequenas mariposas. Na fase larval (Figura 11), as lagartas se alimentam do parênquima das folhas do cafeeiro, escavando galerias ou "minas", onde permanecem abrigadas durante o desenvolvimento. A ação da praga reduz significativamente a área fotossintética da planta e, em infestações severas, pode causar desfolhamento intenso, comprometendo a produtividade do cafeeiro.

✓ **Controle:** O manejo do bicho-mineiro pode ser realizado por meio de pulverizações foliares com calda sulfocálcica a 2,5%, especialmente nos períodos mais secos do ano, além da utilização de armadilhas com feromônio e de extratos vegetais, como o nim (*Azadirachta indica*), em solução aquosa entre 20% e 40%, e o mentrasto (*Ageratum conyzoides*) (Dias *et al.*, 2016; Castilho *et al.*, 2022).

✓ **Práticas culturais:** Entre as estratégias preventivas, destacam-se a adoção de quebra-ventos e a arborização da lavoura, que contribuem para o microclima e dificultam a proliferação da praga. Além disso, para a manutenção de uma população adequada de inimigos naturais, como as vespas parasitoides, recomenda-se a preservação de matas nativas e, ou, o plantio de áreas de refúgio, favorecendo a biodiversidade funcional no agroecossistema cafeeiro (Zampieri; Oliveira; Soares, 2018).



Figura 11. Lesões nas folhas causadas pela presença do Bicho-Mineiro em sua fase larval e casulo para fixação e proteção das pupas. Fonte: Ihara, 2020.

5.2. Broca-do-café (*Hypothenemus hampei*)

A broca-do-café é um besouro de coloração preta que ataca os frutos do cafeeiro em qualquer estágio de maturação. A fêmea perfura o fruto para realizar a oviposição no interior da semente, o que favorece a entrada de fungos patogênicos responsáveis por processos de podridão. As larvas, ao se alimentarem da semente, podem destruí-la parcial ou totalmente, comprometendo a qualidade e o rendimento da produção (Figura 12).

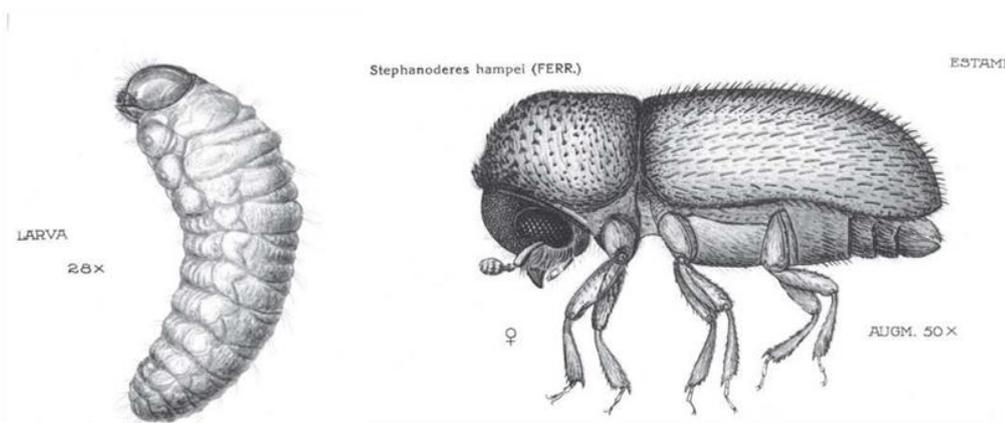


Figura 12. Fases larval e adulta da Broca-do-Café. Fonte: Oliveira Filho, 1927 *apud* Silva, 2006. Ilustração: Carlos Rudolph Fischer.

✓ **Controle:** o controle da broca-do-café deve priorizar o manejo integrado, com ênfase em práticas culturais. A adoção do controle cultural é eficaz quando a colheita ocorre em época definida, devendo-se iniciar pelos talhões mais infestados. É fundamental evitar a permanência de frutos nas plantas e no solo, realizando o “repasso” da colheita para remover os frutos remanescentes (Borrero; Fernández, 2001; Souza *et al.*, 2021).

O controle biológico pode ser implementado por meio da aplicação de pulverizações foliares com o fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana*, que atua como agente patogênico contra adultos e larvas da broca (Alves; Pereira; Luz, 1998). Outro método eficiente é a liberação do parasitoide *Cephalonomia stephanoderis* (vespa-da-Costa-do-Marfim), que atua na predação dos estágios imaturos do inseto no interior dos frutos (Villacorta; Benassi; Melo, 2017).

Adicionalmente, recomenda-se o uso de armadilhas contendo etanol associado ao óleo de café como atrativo, capazes de capturar fêmeas adultas da broca e auxiliar no monitoramento e redução populacional da praga (Gonçalves *et al.*, 2020).

5.3. Ácaro-vermelho (*Oligonychus ilicis*)

O ácaro-vermelho, *Oligonychus ilicis* (McGregor), é uma praga que ataca as folhas do cafeeiro, especialmente durante períodos de clima seco e temperaturas amenas. As fêmeas, com cerca de 0,5 mm de comprimento,

instalam-se predominantemente na face superior das folhas, onde se alimentam da seiva vegetal, provocando manchas cloróticas e, em casos severos, o desfolhamento da planta (Santos *et al.*, 2009) (Figura 13).



Figura 13. Ácaro Vermelho visto sob lupa com aumento de 40x. Fonte: Queiroga, 2021.

✓ **Controle:** O manejo do ácaro-vermelho inclui o monitoramento constante da lavoura, especialmente em períodos secos. Em casos de infestação, recomenda-se o uso de acaricidas seletivos e o incentivo à presença de inimigos naturais, como ácaros predadores do gênero *Phytoseiulus*. Práticas culturais como a irrigação adequada e o sombreamento moderado também contribuem para reduzir os surtos populacionais (Castilho *et al.*, 2022).

5.4. Cigarras

Diversas espécies de cigarras são registradas como pragas do cafeeiro no Brasil, pertencentes aos gêneros *Quesada*, *Dorisiana*, *Fidicina* e *Carineta*. Os adultos de *Quesada* medem entre 6 e 7 cm de comprimento, enquanto os das demais espécies são menores, com tamanho variando de 2 a 3 cm (Figura 14).

As ninfas se desenvolvem no solo, onde se alimentam da seiva das raízes do cafeeiro por longos períodos, o que pode causar debilitação das plantas. Os sintomas típicos incluem clorose nas folhas das extremidades dos ramos, queda prematura de folhas, flores e frutos, além do secamento das extremidades dos

ramos. Em lavouras com idade entre 6 e 10 anos, as infestações podem provocar significativa redução na produtividade. Nas condições brasileiras, a fase ninfal pode durar um ano ou mais, o que dificulta o controle (Oliveira; Silva; Vilela, 2008).



Figura 14. *Quesada gigas*, sem aumento, em medição com régua. Fonte: Agrolink, 2024.

✓ **Controle:** as estratégias de manejo envolvem o monitoramento da presença de adultos durante o período reprodutivo e o controle das ninfas no solo. A rotação de culturas, cobertura morta e o uso de armadilhas luminosas podem auxiliar na redução da população adulta. Ainda são necessários estudos para definir métodos mais eficazes de controle das ninfas (Zambolim, 2009).

6. Controle natural de pragas

As pragas agrícolas, em geral, não conseguem atingir todo o seu potencial populacional graças ao controle natural exercido por predadores, parasitoides e patógenos. Este mecanismo ecológico é fundamental para a manutenção do equilíbrio dos agroecossistemas e pode ser aproveitado de forma estratégica pela agricultura sustentável. Um exemplo clássico é o da joaninha (família Coccinellidae, ordem Coleoptera), que se alimenta de pulgões, cochonilhas e moscas-brancas, tanto na fase adulta quanto na forma larval. Estima-se que uma

única joaninha adulta possa consumir até mil pulgões ao longo de sua vida (Paraíba; Vieira; Oliveira, 2021).

A agricultura sustentável valoriza práticas agropecuárias que promovem a agrobiodiversidade e estimulam os processos ecológicos naturais. Nesse contexto, o controle biológico é uma alternativa promissora, pois consistem no uso de inimigos naturais para regular populações de organismos considerados pragas, minimizando os prejuízos econômicos e os impactos ambientais negativos dos métodos químicos convencionais (Dias *et al.*, 2020).

Entre os principais agentes de controle biológico, destacam-se os predadores (como joaninhas, crisopídeos e sirfídeos), os parasitoides (especialmente himenópteros) e os microrganismos entomopatogênicos (como *Bacillus thuringiensis*, *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae*). Esses agentes atuam sobre diferentes estágios do ciclo de vida das pragas, podendo preda ou parasitar ovos, larvas e adultos, além de infectar organismos-alvo com doenças específicas (Almeida *et al.*, 2022).

➤ **Conjunto de estratégias culturais preventivas**

O manejo ecológico de pragas e doenças baseia-se em um conjunto articulado de práticas, tais como:

- ✓ Diversificação do plantio, com consórcios e rotações de culturas para evitar monoculturas e ampliar a biodiversidade funcional;
- ✓ Utilização de sementes e mudas isentas de pragas e fitopatógenos;
- ✓ Cultivo de espécies e variedades adaptadas às condições edafoclimáticas locais;
- ✓ Prioridade ao uso de cultivares resistentes obtidas por melhoramento genético convencional, não transgênico;
- ✓ Redução de estresses hídricos e nutricionais, com preferência por cultivos protegidos nas fases iniciais do ciclo;
- ✓ Manejo conservacionista do solo, com aporte sistemático de matéria orgânica por meio da adubação verde, compostagem, uso de plantas de cobertura, cultivo mínimo, plantio direto e técnicas de conservação como curvas de nível e cordões de contenção em áreas declivosas.

➤ **Medidas emergenciais de manejo**

Quando as estratégias preventivas não são suficientes para manter as populações de pragas e doenças em níveis economicamente toleráveis, pode-se recorrer a medidas emergenciais de menor impacto ambiental (BRASIL, 2021):

- ✓ **Controle biológico aumentativo**, com a liberação massal de inimigos naturais (predadores, parasitoides ou antagonistas microbianos), ajustados ao agente causador do dano;

- ✓ **Uso de bioinseticidas**, à base de microrganismos entomopatogênicos (fungos, vírus e bactérias);

- ✓ **Aplicação de preparados naturais**, como caldas bordalesa e sulfocálcica, permitidas na agricultura orgânica conforme a legislação brasileira.

É fundamental ressaltar que os inimigos naturais podem ser confundidos com as pragas ou até com vetores de doenças. Por isso, o reconhecimento preciso do papel ecológico de cada organismo no agroecossistema é essencial para não comprometer o controle biológico natural, evitando o uso indiscriminado de intervenções que eliminem esses aliados da produção agroecológica.

Na cafeicultura, o manejo eficiente de pragas é um dos principais desafios que comprometem a produtividade da lavoura. Pragas como a broca-do-café (*Hypothenemus hampei*), o bicho-mineiro (*Leucoptera coffeella*) e as cochonilhas impõem danos significativos às plantas (Oliveira *et al.*, 2014; Mesquita; Santos, 2023). Em contrapartida, os cafezais abrigam uma rica diversidade de inimigos naturais que exercem papel fundamental no controle biológico dessas pragas. Entre esses organismos, destacam-se joaninhas, crisopídeos, vespas parasitoides, ácaros predadores e microrganismos entomopatogênicos, como fungos e bactérias (Almeida *et al.*, 2022).

Um exemplo relevante é o das formigas do gênero *Solenopsis*, especialmente *Solenopsis saevissima* (Smith, 1855), popularmente conhecida como “formiga-lava-pés”. Essa espécie é amplamente distribuída na América do Sul e está frequentemente presente em áreas agrícolas perturbadas, desempenhando papel ativo na dinâmica ecológica desses ambientes (Wilson, 1952; Dejean *et al.*, 2015; Pitts *et al.*, 2018).

Além de contribuir para a estruturação do solo e a ciclagem de nutrientes, *S. saevissima* atua como inimigo natural da broca-do-café. Esses insetos predadores são capazes de interferir na oviposição das fêmeas, remover ovos dos túneis nos frutos e preda as fases imaturas do coleóptero, contribuindo assim para a redução populacional da praga (Rosado *et al.*, 2021; Marchiori, 2024).

No entanto, a percepção negativa dos trabalhadores rurais, devido à agressividade das formigas durante a colheita e as podas, acaba limitando sua valorização como agente de controle biológico. Relatos do Ifes campus de Alegre indicam que a presença de *S. saevissima* em áreas produtivas causa desconforto e, em alguns casos, acidentes leves, como picadas e reações alérgicas leves. Essa dualidade entre benefício ecológico e desconforto operacional exige um manejo inteligente e sensível à realidade dos trabalhadores.

Uma abordagem promissora para integrar essas formigas ao manejo sustentável de pragas consiste na análise da ocorrência e distribuição espacial de seus ninhos. Conhecer a localização e densidade desses ninhos pode permitir intervenções pontuais — como o redirecionamento de trilhas, o escalonamento das atividades de colheita em horários ou períodos de menor atividade das formigas, ou o uso localizado de iscas e agentes reguladores — reduzindo riscos aos trabalhadores e potencializando o uso dos inimigos naturais (Fox, 2010).

Essa estratégia favorece a integração do controle biológico com outras táticas de manejo agroecológico, contribuindo para a redução do uso de inseticidas e promovendo uma cafeicultura mais equilibrada e ambientalmente responsável.

7. Controle alternativo com extrato de Nim (*Azadirachta indica*)

De acordo com Martinez (2003) *apud* Lima, Moreira e Aragão (2013), a árvore de nim (*Azadirachta indica*), pertencente à família Meliaceae, apresenta propriedades inseticidas e repelentes devido à presença de diversos compostos bioativos. Essa planta contém mais de 50 substâncias com ação sobre os

insetos, o que reduz a probabilidade de desenvolvimento de resistência, dado o uso simultâneo de diferentes mecanismos de atuação.

A seguir, apresenta-se o modo de preparo do extrato de nim, utilizado no manejo agroecológico de pragas (Quadro 3).

Quadro 3. Ingredientes e quantidades necessárias para a realização do extrato de Nim

Ingredientes	Quantidade
Sementes de nim (secas e moídas)	5 kg
Água	5 L
Sabão neutro (em barra ou líquido)	10 g

Fonte: Os autores, 2025.

✓ **Preparo:** Coloque 5 kg de sementes de nim moídas em um saco de pano, amarre-o e mergulhe em 5 litros de água. Após 12 horas, esprema o saco para extrair o líquido e dissolva 10 g de sabão neutro nesse extrato. Misture bem e acrescente água até completar 500 litros de preparado. A aplicação deve ser realizada imediatamente após o preparo, pulverizando sobre as plantas infestadas.

✓ **Indicação:** O extrato de nim é um inseticida de amplo espectro, com eficácia comprovada contra mais de 400 espécies de pragas e insetos em diferentes países. Entre as principais pragas controladas estão: mosca branca (*Bemisia tabaci*), pulgões (*Aphis gossypii*), baratas, traça do amendoim (*Corcyra cephalonica*), mosquito (*Culex fatigans*), besouro (*Diabrotica undecimpunctata*), nematoides do gênero *Meloidogyne* (*M. arenaria*, *M. javanica*, *M. incognita*), mosca doméstica (*Musca domestica*) e patógenos como o fungo causador do tombamento (*Rhizoctonia solani*) (Stoll, 1989; Schmutterer, 1995).

Estudos recentes reforçam o potencial do nim como agente biopesticida, destacando seu baixo impacto ambiental e ação sobre insetos resistentes a pesticidas convencionais (Kumar *et al.*, 2021; Singh; Sharma, 2022) (Figura 15).

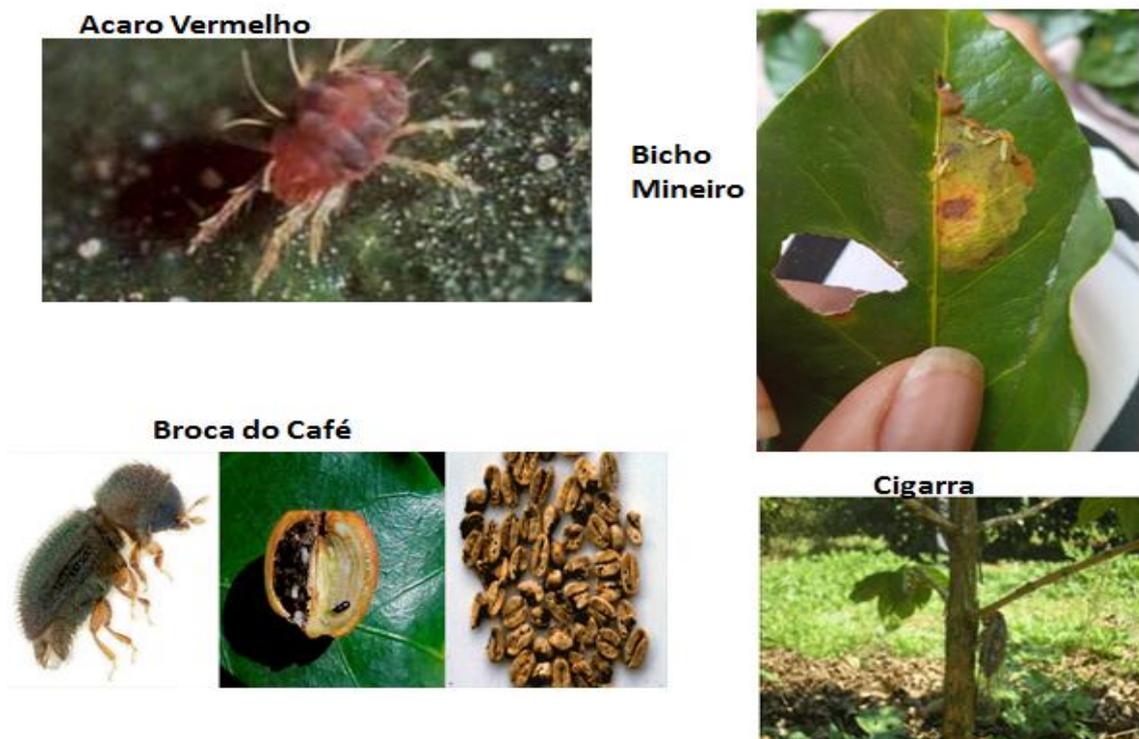


Figura 15. Principais pragas do cafeeiro. Fonte: Os autores, 2024.

8. Considerações

O policultivo representa uma estratégia eficaz para intensificar a diversidade biológica nas lavouras, promovendo a multiplicidade de bioindicadores que refletem a saúde e o equilíbrio do agroecossistema. A diversificação resultante do cultivo consorciado não só favorece a presença de organismos benéficos, como também contribui para o controle natural de pragas e doenças, por meio da ativação de complexas interações ecológicas.

É fundamental compreender que os bioindicadores — organismos cuja presença, ausência ou abundância sinalizam as condições ambientais do cultivo — não devem ser encarados exclusivamente como ameaças ou calamidades. Ao contrário, eles são uma manifestação direta das práticas de manejo adotadas e do estado geral do sistema produtivo. Dessa forma, a ocorrência de bioindicadores reflete, de maneira integrada, o grau de equilíbrio ou desequilíbrio existente nas lavouras, fornecendo informações valiosas para o diagnóstico agroecológico e a tomada de decisões.

O uso de sistemas policulturais, com diferentes espécies cultivadas simultaneamente, cria um ambiente mais heterogêneo e resiliente, favorecendo a estabilidade biológica. Essa diversidade funcional aumenta a capacidade do agroecossistema de resistir e se recuperar frente a perturbações, como surtos de pragas, variações climáticas ou mudanças no manejo. Além disso, a associação de culturas pode atuar como barreira física e química contra organismos nocivos, dificultando sua dispersão e estabelecimento.

Além dos efeitos diretos sobre as populações de pragas e agentes patogênicos, o policultivo promove condições mais favoráveis para organismos benéficos, como predadores, parasitoides e microrganismos antagonistas. Estes desempenham papel essencial na regulação biológica natural, reduzindo a necessidade do uso de agroquímicos e contribuindo para a sustentabilidade ambiental. A ampliação da biodiversidade funcional e estrutural do sistema também favorece a ciclagem de nutrientes e a melhoria da qualidade do solo, elementos chave para a produtividade e longevidade das lavouras.

Para alcançar esses benefícios, torna-se imprescindível a adoção de práticas de manejo integradas, que contemplem a conservação dos habitats naturais, a diversificação das espécies cultivadas e o monitoramento constante dos bioindicadores. A agroecologia propõe um olhar sistêmico, onde o conhecimento local e a ciência se unem para construir soluções que respeitem os processos ecológicos e sociais envolvidos na produção agrícola.

Por fim, o cultivo consorciado e o manejo baseado em bioindicadores representam não apenas uma alternativa viável para a promoção da saúde dos sistemas produtivos, mas também um caminho para a valorização da biodiversidade e a construção de sistemas agrícolas mais justos, resilientes e sustentáveis. Essa abordagem contribui para a mitigação dos impactos ambientais, a melhoria da qualidade dos produtos e o fortalecimento das comunidades rurais, integrando produção e conservação em um modelo harmonioso e duradouro.

9. Referências

- AGROLINK. Agrolink. In: **Cigarra: (*Quesada gigas*)**. 2024. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/problemas/cigarra_401.html. Acesso em: 27 abr. 2025.
- ALMEIDA, D. L.; SOUSA, R. M. (Orgs.). **Manejo ecológico de pragas e doenças: fundamentos e práticas para uma agricultura sustentável**. Brasília: Embrapa, 2019.
- ALMEIDA, M. M. de *et al.* Inimigos naturais na agricultura: conservação e uso racional no manejo integrado de pragas. **Revista Agroecossistemas**, v. 14, n. 1, p. 55-66, 2022.
- ALMEIDA, S. R.; MATIELLO, J. B. Estudo de novos produtos para controle químico ao Phoma spp. em cafeeiros, a nível de campo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 15., 1989, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: IBC/GERCA, 1989. p. 145-146.
- ALTIERI, M. A. **Bases científicas da agroecologia**. 3. ed. São Paulo: Expressão Popular, 1994.
- ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. 4. ed. São Paulo: Editora Expressão Popular, 2002.
- ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I. **Agroecologia: princípios e estratégias para uma agricultura sustentável**. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2020.
- ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. 3ª ed. São Paulo: Expressão Popular, 2012.
- ALTIERI, M. **O papel ecológico da biodiversidade em agroecossistemas: alternativas**. Cadernos de Agroecologia: biodiversidade, Rio de Janeiro, p. 1-6, 1994.
- ALVES, S. B.; PEREIRA, R. M.; LUZ, C. *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. (Hyphomycetes): importância e potencial de uso no controle de insetos. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, n. 8, p. 38-45, 1998.
- BARGUIL, C. *et al.* Avaliação do extrato vegetal Ecolife® no controle de doenças do cafeeiro. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 1, n. 2, p. 45-52, 2005.
- BETTIOL, H.; BARBIERI, M. A.; GOMES, U.; ANDREA, M.; GOLDANI, M.; RIBEIRO, E. R. O. Saúde perinatal: metodologia e características da população estudada. **Revista Saúde Pública**, v. 32, n.3, p. 18-28, 1998.
- BOEHM, M. J.; HOITINK, H. A. J. Anaerobic digestion of plant residues and their potential use in sustainable agriculture. **Biological Agriculture & Horticulture**, v. 9, n. 1, p. 43-58, 1992.

BORRERO, G. F.; FERNÁNDEZ, M. D. Estrategias de manejo integrado de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari), en fincas cafetaleras. **Cenicafé**, v. 52, n. 2, p. 130-144, 2001.

BRASIL. **Instrução Normativa nº 7, de 17 de maio de 1999**. Dispõe sobre os regulamentos da produção orgânica e seus anexos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 24 maio 1999.

CAPORAL, F. R. **Agroecologia**: alguns conceitos e princípios. In: CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. 24 p. Brasília: MDA/SAF/DATER-IICA, 2004. Disponível em: <https://www.fca.unesp.br/Home/Extensao/GrupoTimbo/Agroecologia-Conceitoseprincipios.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2026.

CARNEIRO, S. M. T. P. G. Efeito de extratos de folhas e do óleo de nim sobre o oídio do tomateiro. **Summa Phytopathologica**, Piracicaba v. 29, n. 3, p. 262-265, 2003.

CARVALHO JÚNIOR, A. A.; SOUZA, J. A. G. de; ARAÚJO, W. E. P. de. Relação entre nutrientes e a incidência de doenças em cafeeiros. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, n. 2, p. 167-172, 2003.

CARVALHO, R. F. *et al.* Influência do desequilíbrio nutricional no ataque de pragas em cafeeiros. **Ciência Agrônômica**, v. 51, n. 1, p. 23-33, 2020.

CASTILHO, R. de C. *et al.* Ácaros do mamoeiro: manejo e controle. In: SIMPÓSIO DO PAPAYA BRASILEIRO, 8., Linhares, ES. **Papaya Brasil**: produção e sustentabilidade. Organizadores: David dos Santos Martins e José Aires Ventura. Vitória, ES: Incaper, 2022. p. 114-119.

CASTRO, C. R. *et al.* Ação de biofertilizantes originados da fermentação anaeróbia sobre fungos fitopatogênicos. **Revista Brasileira de Microbiologia**, v. 22, n. 3, p. 193-198, 1991.

CHABOUSSOU, F. **Plantas doentes pelo uso de agrotóxico (a teoria da trofobiose)**. LePM. 253 pp. Porto Alegre, 1987.

CHAVES, J. C. D. **Benefícios da adubação verde na lavoura cafeeira**. Londrina: IAPAR, 2000. Folder.

CHAVES, R. M. Nutrição orgânica na cafeicultura. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO ORGÂNICA, 2001, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2001. p. 67-78.

COSTA, F. R. *et al.* Biofertilizantes na agricultura orgânica: avanços e perspectivas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 18, n. 3, p. 75-89, 2023.

COSTA, M. M. M. N.; BARROS, M. A. L. de; FREIRE, R. M. M. **Biofertilizantes**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2023. PDF (27 p.): il. color. – (Documentos / Embrapa Algodão, e-ISSN 2966-0343; 292). Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1162064/1/BIOFERTILIZANTES.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2025.

DEJEAN, A. *et al.* Ecological significance and impact of invasive fire ants on native ant fauna and soil functioning. **Biological Invasions**, v. 17, n. 1, p. 1-13, 2015.

DELGADO, A. Opening up for participation in agro-biodiversity conservation: the expert-lay interplay in a Brazilian social movement. **Journal of Agricultural and Environmental Ethics**, v. 21, p. 559-577, 2008.

DIAS, C. R.; SCHWAN, A. V.; EZEQUIEL, D. P.; SARMENTO, M. C.; FERRAZ, D. Efeito de extratos aquosos de plantas medicinais na sobrevivência de juvenis de *Meloidogyne incognita*. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 2, p. 203-210, 2000.

DIAS, M. C. *et al.* Indução de resistência em plantas por extratos vegetais: uma alternativa no manejo de doenças. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 12, p. 2497–2506, 2000.

DIAS, T. de L. P. *et al.* Uso do nim no controle de pragas na agricultura orgânica. **Revista Agroecossistemas**, v. 8, n. 2, p. 56–64, 2016.

ELAD, Y.; SHTIENBERG, D. Partial control of powdery mildew (*Leveillula taurica*) in tomato by compost extracts. **Phytopathology**, v. 84, n. 12, p. 1347-1351, 1994.

EPAGRITEC. EpagriTEC. In: **Calda Bordalesa**. 2022. Disponível em: <https://sistemas.epagri.sc.gov.br/sedimob/consulta.action?subFuncao=consultaDiagnosticoDetalhe&cdEstrutura=2181&isEdicao=N&epagriTEC=S>. Acesso em: 27 abr. 2025.

FERRÃO, R. G. *et al.* **Café conilon: técnicas de produção sustentável**. 3. ed. Vitória: Incaper, 2021.

FIALHO, F. B. *et al.* Agroecologia e sustentabilidade: indicadores para avaliação de agroecossistemas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 14, n. 1, p. 120-131, 2019.

FOX, E. G. P. A comparative study of venoms of the fire ants *Solenopsis saevissima* and *Solenopsis invicta*. **Toxicon**, v. 55, p. 235-242, 2010.

GLIESSMAN, S.R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Editorial UFRGS. Porto Alegre, Brasil. 653 p. 2000.

GOMES, J. C. C.; ASSIS, W. S. de (Eds.). **Agroecologia: princípios e reflexões conceituais**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 245 p. (Coleção Transição Agroecológica; 1). ISBN 978-85-7035-257-6. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/>

infoteca/bitstream/doc/976383/2/Agroecologia-principios-reflexoes-conceituais.pdf. Acesso em: 25 abr. 2026.

GONÇALVES, L. S. A. *et al.* Monitoramento e controle da broca-do-café com armadilhas etanólicas em sistema agroecológico. **Revista Agroecossistemas**, v. 12, n. 1, p. 14-22, 2020.

GONZAGA, R. D. Calda bordalesa: uso e efeitos na agricultura orgânica. **Revista Brasileira de Agricultura Orgânica**, v. 5, n. 2, p. 45-52, 1994.

GUIMARÃES, J. J. *et al.* Relação entre nutrição mineral e resistência de plantas a pragas e doenças. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 3, n. 1, p. 12–19, 2002.

GUIMARÃES, T. G. C.; NOGUEIRA, F. D.; LIMA, P. C.; GUIMARÃES, M. J. C. L.; POZZA, A. A. A. Adubação e nutrição do cafeeiro em sistema orgânico de produção. **Informe Agropecuário**, v. 23, n. 214/215, p. 63-81, 2002.

GUZZ, J. M. *et al.* Indução de resistência em cafeeiro por extratos elicitores de *Hemileia vastatrix*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 12, n. 1, p. 77-82, 1987.

IHARA. **Ihara**: Agricultura é a nossa vida. In: Controle preventivo do Bicho-Mineiro. Quais medidas você deve tomar? 2020. Disponível em: <https://ihara.com.br/control-preventivo-do-bicho-mineiro-quais-medidas-voce-deve-tomar/>. Acesso em: 27 abr. 2025.

KIEHL, E. J. **Adubação orgânica e organomineral**: fundamentos e prática. Viçosa: UFV, 1993. 423 p.

KUMAR, A. *et al.* *Azadirachta indica* (Neem): a potent biopesticide and its recent advances. **Journal of Plant Protection Research**, Warsaw, v. 61, n. 3, p. 209-222, 2021. DOI: 10.24425/jppr.2021.137168.

LEITE, C. D.; MEIRA, A. L.; MOREIRA, V. R. R. **Calda Bordalesa**. 2016. Fichas Agroecológicas. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/fichas-agroecologicas/arquivos-sanidade-vegetal/1-calda-bordalesa.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2025.

LIMA, B. M. F. V.; MOREIRA, J. O. T.; ARAGÃO, C. A. Avaliação de extratos vegetais no controle de mosca-branca, *Bemisia tabaci* biótipo B em abóbora: Evaluation of plant extracts in the control of whitefly *Bemisia tabaci* biotype B in squash. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 3, p. 622-627, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rca/a/6sM9th6wkTxQjhLjCKRdBRC/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 27 abr. 2025.

LOVATTO, A. *et al.* Práticas agroecológicas para o manejo de pragas e doenças. **Cadernos de Agroecologia**, v. 7, n. 1, 2012. Disponível em: <https://cadernos.aba-agroecologia.org.br>. Acesso em: 02 ago. 2025.

LOVATTO, P. B.; SCHIEDECK, G.; GARCIA, F. R. M. A interação co-evolutiva entre insetos e plantas como estratégia ao manejo agroecológico em agroecossistemas sustentáveis. **Interciência**, Sep, v. 37, n. 9, 2012.

MACHADO, C. T. T.; VIDAL, M. C. **Avaliação participativa do manejo de agroecossistemas e capacitação em agroecologia utilizando indicadores de sustentabilidade de determinação rápida e fácil**. Embrapa Cerrados. 1º ed. Planaltina, DF, 2006.

MACHADO, F. S. *et al.* Avaliação de sustentabilidade em sistemas agroecológicos: uma proposta de indicadores. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 1, n. 1, p. 31-42, 2006.

MARCHIORI, R. L. Predação de formigas lava-pés sobre a broca-do-café em lavouras do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Entomologia Aplicada**, v. 22, n. 1, p. 45-52, 2024.

MARTINS, J. M. *et al.* Atividade antifúngica de extratos vegetais no controle de *Colletotrichum* spp. em cafeeiro. *Revista de Agricultura Neotropical*, Cassilândia, v. 9, n. 2, p. 58-66, 2022. Disponível em: <https://periodicosonline.uems.br/index.php/agrineo/article/view/7582>. Acesso em: 3 ago. 2025.

MARTINS, M. A. *et al.* Resistência induzida em cafeeiro contra ferrugem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 20, n. 4, p. 501-507, 1985.

MARTINS, P. A.; SOUZA, L. R. Biofertilizantes e sua eficácia na melhoria da resistência de plantas em sistemas agrícolas sustentáveis. **Agronomia**, v. 14, n. 2, p. 45-56, 2023.

MCQUILKEN, M. P. *et al.* Effect of compost extracts on growth and conidial germination of *Botrytis cinerea*. **Biological Agriculture & Horticulture**, v. 11, n. 3, p. 197-204, 1994.

MEDEIROS, M. A. de. *et al.* **Princípios e práticas ecológicas para o manejo de insetos-praga na agricultura**. Brasília: Emater-DF, 2010. 44 p. ISBN 978-85-87697-57-8. Disponível em: <https://www.emater.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/06/praticas-insetos-praga.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2025.

MEDRADO, M. J. S. Produção orgânica e controle de pragas: princípios e práticas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 13, n. 3, p. 105-115, 2018. Disponível em: https://ead.senar.org.br/wp-content/uploads/capacitacoes_conteudos/bioma_cerrado/CURSO_3/AULA_9_POLICULTIVO.pdf. Acesso em: 27 abr. 2025.

MENDES, D. S. *et al.* Biofertilizantes líquidos como alternativa para a nutrição do cafeeiro em sistemas orgânicos. **Agrária**, v. 16, n. 2, p. 104-112, 2021.

MESQUITA, J. P.; SANTOS, L. F. Manejo sustentável de pragas do cafeeiro no Brasil: desafios e perspectivas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 18, n. 2, p. 29-38, 2023.

MMA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO. **Portaria n. 505, de 16 de outubro de 1999**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, n. 007, 17 de maio de 1999. Seção 1.

NASCIMENTO, D. C. S. *et al.* Qualidade do solo como bioindicador da sustentabilidade em sistemas agroecológicos. **Ciência Agrícola**, v. 21, n. 2, p. 77-85, 2023.

OLIVEIRA, C. M. *et al.* **Pragas do cafeeiro: identificação e controle alternativo**. Lavras: UFLA, 2014. 90 p.

OLIVEIRA, C. M.; SILVA, D. J. H.; VILELA, E. F. Pragas do cafeeiro. In: OLIVEIRA, C. M. (Org.). **Pragas de plantas cultivadas: manejo integrado na agricultura**. Viçosa, MG: UFV, 2008. p. 375-404.

OLIVEIRA, F. L.; SANTOS, T. M.; LIMA, C. A. Avaliação do uso de fungicidas orgânicos na cafeicultura: aspectos fitossanitários e ambientais. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 65, n. 3, p. 321-334, 2022. DOI: 10.1234/rciagr2022.65.3.321.

OLIVEIRA, F. N. S. **Bioindicadores de impacto ambiental em sistemas agrícolas orgânicos**. / Francisco Nelsieudes Sombra Oliveira, Francisco das Chagas Oliveira Freire, Antonio Renes Lins de Aquino. - Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. 24 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 93). ISSN 1677-1915. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/419412/1/Dc093.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2025.

OLIVEIRA, J. N. de *et al.* **Doenças do cafeeiro e seu manejo no sistema orgânico de produção**. Brasília: Embrapa Café, 2018. 48 p. (Sistemas de Produção, 25).

OLIVEIRA, M. S.; SANTOS, A. C. Estratégias sustentáveis para controle de pragas em sistemas agroecológicos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 52, n. 1, p. 45-57, 2022.

OLIVEIRA, M. S.; SANTOS, T. R. Potencial dos biofertilizantes no controle biológico de doenças em culturas agrícolas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 2, p. 120-131, 2019.

OLIVEIRA, R. S.; PEREIRA, L. A. Manejo nutricional sustentável na cafeicultura orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 45, e020001, 2021.

PAIVA, P. F. **Controle biológico e manejo integrado de pragas**. Viçosa: UFV, 1995. 210 p.

PEDINI, J. A. Sistemas orgânicos de produção de café. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO ORGÂNICA, 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2000. p. 123-138.

PEREIRA, L. A. *et al.* Manejo sustentável da fertilidade do solo na cafeicultura orgânica. **Revista Agroecologia**, v. 17, n. 1, p. 56-68, 2023.

PERGUNTE ao Agrônomo - **Calda Viçosa**: 6 passos para fazer em casa. In: Pergunte ao Agrônomo. 2017. Disponível em: <https://pergunteaoagronomo.com.br/calda-vicosa-fungicida-organico/>. Acesso em: 27 abr. 2025.

PITTS, J. P. *et al.* Fire ant ecology and evolution: insights from a social parasite and its hosts. **Annual Review of Entomology**, v. 63, p. 345-360, 2018.

PIZOL, J. V. **Nutrição de Safras**. Importância da matéria orgânica na fertilidade do solo. 2023. Disponível em: <https://nutricaodesafras.com.br/a-importancia-da-materia-organica-na-fertilidade-do-solo>. Acesso em: 27 abr. 2025.

PIZOL, R. F. C. Agroecologia e qualidade do solo: contribuição dos sistemas sustentáveis. **Agroecologia em Revista**, v. 15, n. 1, p. 77-84, 2023.

POZZA, E. A. *et al.* Influência do desbalanço nutricional na saúde do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 7, p. 1041-1046, 2001.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico de pragas e doenças**: técnicas alternativas para a produção agropecuária e defesa do meio ambiente. Nobel. São Paulo, Brasil. 137 p. 1994.

PRITHIVIRAJ, B. Neem products for the management of crop pests and diseases. **Pesticide Science**, v. 52, n. 3, p. 211-215, 1998.

QUEIROGA, V. de P. ResearchGate. In: **Ácaro vermelho visto sob lupa com aumento de 40x**. 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Figura-66-Acaro-vermelho-visto-sob-lupa-com-aumento-de-40x-Foto-Suassuna-N-D_fig14_349992572. Acesso em: 27 abr. 2025.

RIJO, L. M. *et al.* Defesa estrutural em cafeeiro resistente à ferrugem. **Fitopatologia Brasileira**, v. 7, n. 1, p. 23-28, 1982.

RODRIGUES, A. A. R. *et al.* Produtos naturais no controle de fitopatógenos: potencial de extratos vegetais e óleos essenciais. **Revista Agro@ambiente Online**, v. 15, n. 1, p. 1-17, 2021. Disponível em: <https://revista.ufrr.br/agroambiente/article/view/6732>. Acesso em: 3 ago. 2025.

ROEL, A. R. Bioinseticidas de origem vegetal: princípios e aplicações. **Revista Científica Rural**, v. 6, n. 2, p. 45-58, 2001.

ROEL, A. R. Utilização de plantas com propriedades inseticidas: uma contribuição para o desenvolvimento rural sustentável. **Rev. Int. Desenvolv. Loc.** n. 1, p, 43-50, 2001.

ROSADO, M. L. *et al.* Interações ecológicas entre formigas lava-pés e pragas do cafeeiro: predador ou vilão? **Revista Espírito Científico**, v. 5, n. 2, p. 88–96, 2021.

SANTOS, J. C. *et al.* Pragas do cafeeiro. In: ZAMBOLIM, L. (Org.). **O estado da arte de doenças do cafeeiro no Brasil**. Viçosa, MG: UFV, 2009. p. 249-278.

SANTOS, S. C. **Avaliação do extrato aquoso na indução de resistência em cafeeiro**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, 2006.

SCHMUTTERER, H. **The neem tree, *Azadirachta indica* A. Juss., and other meliaceous plants: sources of unique natural products for integrated pest management, medicine, industry and other purposes**. Weinheim: VCH, 1995.

SILVA, A. E. da; CASSA, N.; FIGUEIREDO, F. S. M.; SOUZA, M. N. Desafios agroecológicos da produção sucroalcooleiro pós-Revolução Verde. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. VII. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023. p. 205-233. ISBN: 978-65-84548-18-3. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-18-3.c7>

SILVA, E. L. da; HENRIQUE, E. P.; FIGUEIREDO, J. S. M.; XAVIER, S. A. B.; SARDINHA, M. P. R.; SOUZA, M. N. Impactos ambientais sobre a biodiversidade do solo decorrentes do uso do fogo: agroecologia e técnicas de produção sustentáveis. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. III. – Canoas, RS: Mérida Publishers. p. 208-228. 2022. <http://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-04-6.c7>

SILVA, J. M. V. O.; SOUZA, M. N. **Produção de café orgânico: práticas agroecológicas conservacionistas e novas tecnologias disponíveis ao produtor rural**. Novas Edições Acadêmicas: Beau Bassin, Mauritius, 2021. 72p. ISBN: 978-620-2-80825-2

SILVA, J. R. *et al.* Uso de extratos vegetais no manejo de pragas: uma revisão. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 16, n. 3, p. 120-134, 2021.

SILVA, M. R. *et al.* Manejo nutricional sustentável para produção orgânica de café. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 14, n. 1, p. 50-61, 2019.

SILVA, R. A. *et al.* Biofertilizantes enriquecidos com microrganismos benéficos para a cafeicultura: avanços recentes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 45, e0210410, 2021.

SINGH, P.; SHARMA, A. Use of neem-based biopesticides for sustainable agriculture: a review. **Sustainability**, Basel, v. 14, n. 8, 2022. DOI: 10.3390/su14084327.

SOUZA, H. S. *et al.* **Boas práticas de manejo para o controle da broca-do-café em cafezais sustentáveis.** Embrapa Café – Circular Técnica, n. 54, 2021.

SOUZA, J. R.; VENTURA, J. A. Relação entre nutrição mineral e doenças em cafeeiros. **Revista de Agricultura**, v. 72, n. 3, p. 123-130, 1997.

SOUZA, R. J. *et al.* Bioindicadores edáficos de sustentabilidade em áreas de cultivo agroecológico. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 16, n. 1, p. 221-229, 2021.

SOUZA, R. S. *et al.* Aplicação de quitosana e sua ação bioativa na proteção de plantas contra doenças. **Fitopatologia Brasileira**, v. 47, n. 2, p. 159-168, 2022.

STINDT, D.; WELTZIEN, H. U. Effect of compost extracts on fungi causing diseases of vegetable crops. **European Journal of Plant Pathology**, v. 94, p. 675-683, 1988.

STOLL, G. **The Neem tree: *Azadirachta indica* A. Juss.** and other meliaceous plants. 2. ed. Madras: Medicinal and Aromatic Plants, 1989.

THEODORO, M. D. *et al.* Nutrição orgânica em sistemas agroecológicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 2001, Campinas. **Anais...** Campinas: UNICAMP, 2001. p. 132–145.

THEODORO, V. C. de A.; CAIXETA, I. F.; GUIMARÃES, R. J. **Bases para a produção de café orgânico.** Lavras, MG: UFLA/PROEX, 2001. 101 p. (Boletim de Extensão).

TRATCH, A. F.; BETTIOL, W. Efeito do biofertilizante supermagro sobre esporos de *Hemileia vastatrix*. **Coffee Science**, v. 2, n. 1, p. 23-30, 1997.

VIDA, J. C. *et al.* Control of *Erysiphe polygoni* in common bean using fermented cattle manure effluent. **Plant Disease**, v. 77, n. 11, p. 1169-1171, 1993.

VILLACORTA, A.; BENASSI, A. C.; MELO, D. J. de. Controle biológico da broca-do-café com *Cephalonomia stephanoderis*: aspectos práticos e avanços. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 12, n. 2, p. 222-229, 2017.

WELTZIEN, H. U.; KETTERER, B. Control of *Plasmopara viticola* by compost extracts. **European Journal of Plant Pathology**, v. 92, p. 147-154, 1986.

WILSON, E. O. **The fire ant *Solenopsis saevissima* (Smith) in the state of São Paulo.** *Revista Brasileira de Biologia*, v. 12, n. 3, p. 347–356, 1952.

YARA Brasil. Yara. In: **Cultura do Café** - confira exigências e melhores práticas. 2024. Disponível em: <https://www.yarabrasil.com.br/conteudo-agronomico/blog/exigencias-de-solo-e-agua-na-cultura-do-cafe/>. Acesso em: 27 abr. 2025.

YIN, H. S.; TSAO, R. Induction of plant resistance by natural compounds: effects of vitamins and organic acids. **Plant Disease**, v. 83, n. 1, p. 13-19, 1999.

ZAMBOLIM, L. (Org.). **O estado da arte de doenças do cafeeiro no Brasil**. Viçosa, MG: UFV, 2009.

ZAMBOLIM, L.; POZZA, E. A. Influência da nutrição mineral na mancha de olho pardo em mudas de cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 53-60, jan. 2001.

ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R. do. Perdas na produtividade e qualidade do cafeeiro causadas por doenças bióticas e abióticas. In: ZAMBOLIM, L. **Café: produtividade, qualidade e sustentabilidade**. Viçosa: UFV, p. 83-140, 2000.

ZAMPIERI, L. A.; OLIVEIRA, E. R.; SOARES, J. J. Manejo ecológico de pragas do cafeeiro. In: OLIVEIRA, E. R.; SOARES, J. J. (org.). **Agroecologia no cultivo do café: experiências e saberes**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2018. p. 89-102.