

CAPÍTULO 8

Vantagens da sustentabilidade na produção de café conilon: perspectivas ambientais e de mercado

Paloma Imaculada de Oliveira Besteti, Cristiano de Oliveira, Regiane Carla Bolzan Carvalho, José Elias Alves Adão, Mayra da Silva Polastreli Lima, Palloma Pamela Moura Azevedo, Maurício Novaes Souza

<https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-35-0.c8>

Resumo

O café conilon (*Coffea canephora*) destaca-se como cultura estratégica na agricultura brasileira, especialmente no Espírito Santo, por sua adaptabilidade, rusticidade e elevado potencial produtivo. Nos últimos anos, a crescente valorização de sistemas agrícolas sustentáveis tem impulsionado a adoção de práticas agroecológicas, como o uso de adubação verde, fertilizantes orgânicos, manejo do mato e consórcios com leguminosas. Essas práticas contribuem para a melhoria da fertilidade do solo, o controle biológico de plantas invasoras e a resiliência agroecológica dos sistemas de produção. Além de favorecerem o equilíbrio ambiental, tais estratégias reduzem a dependência de insumos externos e ampliam as possibilidades de certificação e inserção em nichos de mercado voltados ao consumo responsável, como o café orgânico e o certificado pelo comércio justo. Assim, a produção sustentável de café conilon consolida-se como alternativa viável tanto sob a perspectiva econômica quanto socioambiental, integrando produtividade, conservação dos recursos naturais e valorização social.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Práticas conservacionistas. Sistemas agroecológicos. Fertilizantes orgânicos. Certificações socioambientais. Agricultura familiar. Consorciamento de culturas.

1. Introdução

A adoção de práticas sustentáveis, como o uso de adubos orgânicos, a adubação verde e o consorciamento com leguminosas, tem demonstrado efeitos positivos na saúde do solo e na conservação da biodiversidade. Essas estratégias favorecem a ciclagem de nutrientes, a retenção de umidade e a melhoria da estrutura física do solo, ao mesmo tempo em que reduzem a dependência de fertilizantes sintéticos e promovem uma produção agrícola mais limpa (Cunha; Augustin, 2014; Schneider; Cassol, 2020).

No Brasil, a cafeicultura é uma das atividades agropecuárias mais relevantes, com o país ocupando a posição de maior produtor e exportador mundial da bebida. Entre as variedades cultivadas, o café conilon (*Coffea canephora*) tem se destacado, sobretudo no estado do Espírito Santo, responsável por cerca de 70% da produção nacional dessa espécie (CONAB, 2024). Sua rusticidade, resistência a pragas e doenças, e adaptação a diferentes condições edafoclimáticas tornam o conilon uma alternativa produtiva especialmente atrativa para pequenos e médios produtores (Sgarbi, 2008; Ferrão *et al.*, 2019).

Entretanto, a intensificação agrícola, frequentemente associada ao uso excessivo de insumos químicos, tem provocado impactos ambientais negativos, como compactação e degradação do solo, contaminação dos recursos hídricos e perda da biodiversidade (Primavesi, 2002; Ambrosano *et al.*, 2009). Frente a esse cenário, estudos indicam que práticas agroecológicas, como a adubação verde e o cultivo consorciado, são alternativas eficazes para mitigar esses efeitos, promovendo sistemas agrícolas mais resilientes e gerando benefícios ambientais e econômicos (Muñoz, 1997; Almeida *et al.*, 2022).

A adubação verde, por exemplo, baseia-se no cultivo de espécies vegetais com elevado potencial de produção de biomassa e fixação biológica de nitrogênio, como crotalárias (*Crotalaria juncea*) e mucunas (*Mucuna pruriens*). Essas espécies melhoram a fertilidade e a estrutura do solo, auxiliam no controle de plantas daninhas e na redução da erosão (Altieri; Nicholls; Vazquez, 2007; Souza; Dan; Araújo, 2016). Além disso, são capazes de mobilizar nutrientes em camadas mais profundas, tornando-os acessíveis a culturas de interesse econômico, como o café.

Outro componente relevante da sustentabilidade é o consorciamento de culturas, que permite o cultivo simultâneo de diferentes espécies vegetais na mesma área. Essa prática favorece sinergias ecológicas, como o controle biológico de pragas e doenças, o aumento da cobertura do solo e o incremento da diversidade biológica edáfica (Mota *et al.*, 2014; Pereira *et al.*, 2021). No caso do café conilon, o consórcio com leguminosas tem mostrado eficiência na redução do uso de adubos nitrogenados e na promoção da conservação ambiental.

Além das práticas produtivas, destaca-se a importância da capacitação dos produtores, por meio de programas de extensão rural, cursos técnicos e parcerias com instituições de ensino e pesquisa. A formação técnica e a educação ambiental dos agricultores são fatores essenciais para a adoção bem-sucedida de práticas sustentáveis e para a disseminação de tecnologias adaptadas às condições locais (Silva *et al.*, 2015; Costa *et al.*, 2021).

Paralelamente, cresce a demanda por cafés produzidos com responsabilidade socioambiental, impulsionada por consumidores mais conscientes e exigentes. Nesse contexto, certificações como Fair Trade, Orgânico, UTZ Certified e Rainforest Alliance agregam valor ao produto e facilitam o acesso a mercados diferenciados, especialmente no comércio internacional (Koch, 2019; Imaflora, 2023). Esses selos atestam padrões mínimos de sustentabilidade, rastreabilidade, respeito aos direitos trabalhistas e boas práticas agrícolas.

Diante desse panorama, o objetivo deste capítulo é demonstrar que a adoção de práticas agrícolas sustentáveis é fundamental para assegurar a viabilidade econômica e ambiental da produção de café no Brasil, com ênfase no cultivo do café conilon. A incorporação de tais práticas oferece vantagens competitivas, atende às exigências de mercados em expansão e contribui para a valorização do café brasileiro, consolidando um modelo de referência em sustentabilidade para o setor cafeeiro.

2. A importância do café conilon na agricultura brasileira

O café conilon (*Coffea canephora*) ocupa posição de destaque na agricultura brasileira, sendo uma das principais culturas permanentes do país em termos de área cultivada, volume de produção e relevância socioeconômica. O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café, e o conilon representa aproximadamente 30% da produção nacional total, com ênfase no estado do Espírito Santo, responsável por cerca de 70% da produção brasileira dessa variedade (CONAB, 2024).

A cafeicultura do conilon exerce papel estratégico na geração de emprego e renda, especialmente entre pequenos e médios produtores rurais, contribuindo para a dinamização das economias locais e para a permanência das famílias no meio rural. Segundo Ferrão *et al.* (2019), a produção de conilon no Espírito Santo envolve mais de 78 mil propriedades, majoritariamente de base familiar, evidenciando sua relevância para a agricultura de base sustentável e para o desenvolvimento regional.

As características agronômicas do conilon, como sua rusticidade, robustez e resistência a pragas e doenças, favorecem sua adaptação a diferentes condições edafoclimáticas, permitindo o cultivo em amplas regiões do território nacional, inclusive em áreas com solos menos férteis e climas mais quentes (Sgarbi, 2008; Ferrão *et al.*, 2019). Essas características reduzem a dependência de defensivos químicos e de sistemas de irrigação intensivos, favorecendo o uso de práticas de manejo mais sustentáveis, com menor custo operacional e impacto ambiental reduzido (Almeida *et al.*, 2022).

Além do seu papel na segurança econômica e social de milhares de famílias, o café conilon tem ganhado crescente relevância nos mercados interno e externo, sendo componente essencial na formulação de *blends* para cafés solúveis e expressos, aos quais confere características como maior corpo, intensidade e teor de cafeína. Com os avanços em melhoramento genético e na adoção de práticas produtivas mais sustentáveis, observa-se também o aumento do interesse por cafés conilon especiais, o que amplia seu potencial comercial e estimula a implementação de tecnologias de produção mais limpas e eficientes (Barbosa *et al.*, 2020).

Dessa forma, a importância do café conilon transcende a dimensão estritamente produtiva, abrangendo aspectos econômicos, sociais e ambientais. Sua valorização crescente no mercado, aliada à expansão das práticas sustentáveis, reforça sua posição estratégica na agricultura brasileira e contribui para a consolidação de um modelo produtivo mais resiliente, inclusivo e ambientalmente responsável (Figura 1).



Figura 1. Colheita de café conilon. Fonte: Huber, 2020.

Além de seu impacto econômico, a produção de café conilon (*Coffea canephora*) exerce um papel relevante na preservação ambiental, especialmente quando associada a práticas de manejo sustentável e à manutenção de áreas de vegetação nativa. Em muitas propriedades rurais brasileiras — particularmente no Espírito Santo — parcela significativa das terras é destinada à conservação e à recuperação de ecossistemas locais, contribuindo para a manutenção da biodiversidade, a proteção de nascentes e a conectividade ecológica entre fragmentos florestais (Sgarbi, 2008; Ferrão *et al.*, 2019).

Essa integração entre produção agrícola e conservação ambiental reflete uma tendência crescente na agropecuária brasileira, que busca conciliar produtividade e sustentabilidade, sobretudo em regiões de elevada importância ecológica, como a Mata Atlântica. O cultivo sustentável do café conilon contribui para a resiliência dos sistemas agroecológicos, promovendo a conservação do solo, a recarga dos aquíferos e o controle biológico de pragas (Altieri, 2012; Schneider; Cassol, 2020).

O Espírito Santo se destaca como o principal estado produtor de café conilon no Brasil, sendo responsável por aproximadamente 70% da produção nacional, o que equivale a até 20% da produção mundial de café robusta. Em regiões de clima quente do estado, o conilon representa a principal fonte de renda para cerca de 80% das propriedades rurais, sendo cultivado em aproximadamente 283 mil hectares, distribuídos por 63 municípios. A atividade envolve mais de 40 mil propriedades, sustentando diretamente cerca de 78 mil famílias agricultoras e gerando aproximadamente 250 mil empregos diretos e indiretos. Representando 37% do Produto Interno Bruto (PIB) agrícola capixaba, o café conilon configura-se como uma atividade estratégica tanto para o desenvolvimento socioeconômico quanto para a sustentabilidade ambiental do estado (Incapar, 2024).

Dessa forma, a cafeicultura conilon deve ser compreendida não apenas como uma atividade de base econômica sólida, mas também como uma aliada estratégica da conservação ambiental, especialmente quando orientada por princípios agroecológicos e apoiada por políticas públicas voltadas à promoção de sistemas agrícolas de baixo impacto ambiental (Figura 2).



Figura 2. Produtor de Café Conilon em Rive, Alegre, ES, Ronaldo (à esquerda) recebendo visita técnica. Fonte: Acervo Paloma Imaculada de Oliveira Besteti, 2022.

O consumo global de café solúvel tem apresentado crescimento contínuo, impulsionado por mudanças nos hábitos dos consumidores, pela busca por conveniência e pela expansão dos mercados emergentes. Nesse contexto, o café conilon (*Coffea canephora*) desempenha um papel central, sendo amplamente utilizado na formulação de *blends* voltados à produção de café solúvel, nos quais tradicionalmente representa cerca de 40% da mistura — proporção que pode variar conforme a produção anual e os critérios de qualidade adotados pelas indústrias (ABICS, 2019; ABIC, 2019).

Esse cenário reforça a importância estratégica do conilon para a agricultura brasileira, especialmente considerando que o Brasil é o maior produtor mundial dessa variedade, com destaque para o estado do Espírito Santo. O crescimento da demanda internacional por café solúvel representa uma oportunidade direta para os produtores brasileiros, particularmente os capixabas, cujas lavouras abastecem tanto o mercado interno quanto a indústria exportadora (Figura 3).



Figura 3. Café conilon em terreiro suspenso: preocupação com a qualidade da bebida, Ifes campus de Alegre. Fonte: Mayra da S. Polastrelli, 2025.

A relevância econômica do café conilon é particularmente expressiva nas regiões produtoras, onde a cultura não apenas assegura a renda de milhares de famílias agricultoras, mas também dinamiza cadeias produtivas, gera empregos

e contribui de forma significativa para o Produto Interno Bruto (PIB) agrícola regional.

Assim, além de seu papel social e ambiental, o café conilon consolida-se como um componente estratégico na competitividade internacional do Brasil no setor cafeeiro, evidenciando a necessidade de investimentos contínuos em pesquisa, manejo sustentável e agregação de valor aos produtos derivados.

3. Desafios da agricultura convencional

A agricultura convencional, caracterizada pelo uso intensivo de fertilizantes sintéticos, defensivos químicos e maquinário pesado, tem gerado preocupações crescentes quanto à sua sustentabilidade ambiental, econômica e social. Embora esse modelo tenha desempenhado papel importante no aumento da produtividade agrícola ao longo do século XX, seus efeitos colaterais sobre os recursos naturais e os sistemas agroecológicos tornaram-se cada vez mais evidentes e alarmantes (Primavesi, 2002; Altieri, 2012).

A aplicação excessiva de fertilizantes nitrogenados e fosfatados, somada ao uso contínuo de agrotóxicos, tem contribuído significativamente para a degradação do solo, a contaminação de corpos d'água e a redução da biodiversidade funcional. Em regiões tropicais, onde a alta pluviosidade favorece a lixiviação, os nutrientes e resíduos químicos são facilmente transportados para os sistemas hídricos, provocando a eutrofização de rios e lagos, o comprometimento da qualidade da água e o desequilíbrio dos ecossistemas aquáticos (Ambrosano *et al.*, 2009).

Além disso, o uso intensivo de insumos compromete a microbiota do solo, reduz sua fertilidade biológica, acelera a compactação e a perda de matéria orgânica — componentes essenciais à resiliência e à sustentabilidade dos sistemas agrícolas (Primavesi, 2002).

Do ponto de vista econômico, a dependência de insumos externos constitui um dos principais entraves da agricultura convencional. As oscilações nos preços internacionais de fertilizantes e defensivos tornam os sistemas produtivos vulneráveis, principalmente no caso dos pequenos agricultores, que frequentemente enfrentam dificuldades de acesso ao crédito rural e não dispõem

de capacidade de negociação frente às grandes indústrias do setor (Ambrosano *et al.*, 2009; Cunha; Augustin, 2014). Esse contexto acentua as desigualdades no meio rural e dificulta a adoção de tecnologias mais acessíveis e ambientalmente responsáveis.

Como resposta a esse modelo esgotado, tem se intensificado o interesse por práticas agrícolas sustentáveis, que visam restaurar a saúde do solo e a integridade dos ecossistemas, ao mesmo tempo em que reduzem a dependência de insumos químicos e fortalecem a resiliência agroecológica. Destacam-se entre essas práticas a agricultura orgânica, a agricultura de conservação, a agroecologia e a agricultura regenerativa — todas fundamentadas em princípios ecológicos, sociais e culturais (Caporal; Costabeber, 2006; Altieri; Nicholls; Vazquez, 2007).

A agroecologia, em especial, tem se consolidado como uma alternativa técnica, econômica e política viável para superar os limites do modelo convencional. Por meio da diversificação de cultivos, do consórcio com leguminosas, da adubação verde e do controle biológico de pragas, os sistemas agroecológicos buscam imitar os processos naturais, proporcionando benefícios como o aumento da biodiversidade funcional, a melhoria da estrutura física do solo e a maior capacidade de adaptação às mudanças climáticas (Souza; Dan; Araújo, 2016) (Figura 4).



Figura 4. Cafeicultura agroecológica em Feliz Lembrança, Alegre, ES. Fonte: Mayra da S. Polastrelli, 2025.

Dessa forma, a transição para modelos agrícolas sustentáveis representa uma resposta estratégica e urgente aos desafios impostos pela agricultura convencional. Ao promover sistemas produtivos mais equilibrados, resilientes e menos dependentes de insumos externos, essa transição favorece não apenas a produtividade de longo prazo, mas também a conservação ambiental, a segurança alimentar e a justiça social no campo.

4. Práticas sustentáveis aplicadas à cafeicultura conilon

A sustentabilidade na cafeicultura conilon tem se consolidado como estratégia essencial para garantir a viabilidade econômica, social e ambiental da atividade. Diversas práticas têm sido adotadas por produtores, com destaque para o uso racional de recursos naturais, a diversificação produtiva e a redução do uso de insumos químicos. Entre as principais ações sustentáveis, destacam-se (Cunha; Augustin, 2014; Mota *et al.*, 2014; Silva *et al.*, 2015; Souza; Dan; Araújo, 2016; Ferrão *et al.*, 2019; Schneider; Cassol, 2020; Pereira *et al.*, 2021; Almeida *et al.*, 2022):

- ✓ **Adubação verde** com leguminosas, que promove a ciclagem de nutrientes, melhora a estrutura do solo e contribui para o controle de plantas espontâneas;

- ✓ **Poda programada**, que permite o manejo eficiente da lavoura, favorecendo a renovação dos ramos produtivos e o equilíbrio fisiológico das plantas;

- ✓ **Sombreamento moderado**, realizado com espécies arbóreas nativas ou frutíferas, contribuindo para a conservação da biodiversidade e o conforto térmico das plantas;

- ✓ **Uso de bioinsumos e fertilizantes orgânicos**, que reduz a dependência de produtos químicos sintéticos e favorece a saúde do solo e das plantas;

- ✓ **Cobertura do solo** com palhada e restos culturais, que reduz a erosão, conserva a umidade e estimula a atividade biológica;

- ✓ **Captação e uso eficiente da água**, com técnicas como irrigação localizada e manejo adequado da irrigação, especialmente importante em regiões de escassez hídrica.

Essas práticas, quando integradas, promovem sistemas produtivos mais resilientes, alinhados aos princípios da agroecologia e da agricultura regenerativa, contribuindo não apenas para a qualidade do produto final, mas também para a valorização social e ambiental da cafeicultura capixaba.

5. Adubação verde como alternativa sustentável

A adubação verde é uma prática agrícola fundamental para a promoção da sustentabilidade e a conservação do solo, consistindo no cultivo de espécies vegetais destinadas à incorporação ao solo, com o objetivo de enriquecer a matéria orgânica e os nutrientes essenciais. Essa técnica se revela especialmente eficaz na recuperação da fertilidade, na melhoria da estrutura física do solo, no controle da erosão e na redução da dependência de fertilizantes químicos (Muñoz, 1997; Primavesi, 2002).

As espécies utilizadas como adubos verdes — predominantemente leguminosas, como crotalária, mucuna, feijão-de-porco e guandu — possuem a capacidade de fixar nitrogênio atmosférico por meio da simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*, tornando esse nutriente disponível para as culturas subsequentes. Além disso, ao serem incorporadas ao solo ou mantidas como cobertura, essas plantas liberam nutrientes de forma gradual, melhorando a capacidade de retenção hídrica, promovendo maior aeração e estimulando a atividade biológica do solo (Altieri; Nicholls; Vazquez, 2007).

A adubação verde também desempenha papel importante na ciclagem de nutrientes, no controle de plantas espontâneas (ervas daninhas) e na redução da compactação do solo, contribuindo para ambientes agrícolas mais equilibrados e resilientes. Conforme Khatounian (2002), essa prática representa uma estratégia ecológica para a gestão da fertilidade do solo, capaz de restaurar áreas degradadas e potencializar a produtividade agrícola em médio e longo prazo, sobretudo em sistemas agroecológicos.

No cultivo do café conilon, a adubação verde tem se mostrado uma alternativa viável, tanto técnica quanto economicamente, pois permite reduzir o uso de insumos externos e melhorar a qualidade biológica e química dos solos em cafezais localizados em áreas de relevo acidentado e solos frágeis —

condições típicas das regiões produtoras do Espírito Santo. Ademais, ao favorecer a biodiversidade do agroecossistema, essa técnica contribui para aumentar a resiliência das lavouras frente às variações climáticas e à incidência de pragas e doenças (Souza; Dan; Araújo, 2016).

Portanto, a adubação verde deve ser compreendida não apenas como uma técnica complementar, mas como um componente estratégico dos sistemas agrícolas sustentáveis, com elevado potencial para ampla adoção em regiões cafeeiras que buscam conciliar produção e conservação ambiental (Figura 5).



Figura 5. Roçada da braquiária (*Brachiaria ruzizensis*) nas entrelinhas de plantio de Conilon. Fonte: Incaper, 2019.

Entre as espécies mais valorizadas para a adubação verde, destacam-se as leguminosas, especialmente as crotalárias (*Crotalaria* spp.), que possuem elevada capacidade de fixação biológica do nitrogênio atmosférico por meio da simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*. Essa característica é fundamental para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, pois reduz a dependência de fertilizantes nitrogenados sintéticos, diminui os custos de produção e contribui para a autossuficiência nutricional do solo (Altieri; Nicholls; Vazquez, 2007) (Figura 6).



Figura 6. Café consorciado com crotalária. Fonte: <https://www.agcroppers.com/sementes/ag-mix/ag-mix-cafe/4>.

Além de promover a fertilidade do solo, as crotalárias auxiliam no controle de plantas espontâneas (invasoras), graças à sua capacidade de cobertura do solo e à liberação de substâncias alelopáticas, o que reduz a necessidade do uso de herbicidas. A biomassa gerada, quando incorporada ao solo, melhora sua estrutura física, aumenta a capacidade de retenção hídrica e favorece a infiltração de água, criando condições mais adequadas para o desenvolvimento de culturas comerciais, como o café (Muñoz, 1997; Primavesi, 2002).

Outro benefício importante da adubação verde é a promoção da biodiversidade do solo. A introdução de diferentes espécies vegetais nos agroecossistemas amplia a diversidade de micro-habitats, favorecendo uma comunidade mais rica de microrganismos benéficos, como fungos micorrízicos e bactérias promotoras do crescimento vegetal. Essa diversidade funcional aumenta a resiliência ecológica, previne a incidência de pragas e doenças e estimula os processos naturais de ciclagem de nutrientes, fortalecendo a sustentabilidade produtiva das lavouras (Altieri, 2012; Khatounian, 2002) (Figura 7).



Figura 7. Consórcio de café conilon orgânico com espécies arbóreas e frutíferas.
Fonte: Girelli, 2017.

Dessa forma, a adubação verde, especialmente por meio do uso de leguminosas como as crotalárias, configura-se como uma estratégia agroecológica eficaz para a construção de sistemas agrícolas mais resilientes, autossuficientes e ambientalmente equilibrados. A adoção dessa prática é essencial para a transição para modelos produtivos menos dependentes de insumos externos e mais integrados aos processos naturais.

6. Consorciamento de culturas: benefícios e desafios

O consorciamento de culturas consiste na prática de cultivar simultaneamente duas ou mais espécies vegetais em um mesmo espaço e período, com o objetivo de promover interações benéficas entre as plantas, otimizar o uso dos recursos naturais e aumentar a eficiência produtiva dos agroecossistemas. Essa estratégia, amplamente utilizada em sistemas agroecológicos, apresenta-se como alternativa viável e sustentável à agricultura convencional, especialmente em contextos de pequena escala, como na produção de café conilon (*Coffea canephora*) (Sgarbi, 2008; Altieri, 2012).

Na cafeicultura, o consórcio do conilon com leguminosas — como crotalária e feijão-de-porco — tem demonstrado efeitos positivos sobre as propriedades do solo, incluindo a fixação biológica de N, o aumento da matéria orgânica, a melhoria da estrutura física e da capacidade de retenção de água. Além disso, essa associação reduz a ocorrência de plantas daninhas, minimiza a incidência de pragas e doenças e contribui para o aumento da biodiversidade funcional, promovendo maior equilíbrio ecológico no sistema produtivo (Fundação Cargill, 1984; Altieri; Nicholls; Vazquez, 2007).



Figura 8. Mix de leguminosas nas ruas do cafezal. Fonte: <https://hubdocafe.cooxupe.com.br/voce-sabe-o-que-e-o-mix-de-plantas-de-cobertura/>

O consórcio do café com espécies alimentares ou frutíferas — como banana, cacau, mandioca ou leguminosas arbóreas — também apresenta vantagens econômicas, ao permitir a diversificação das fontes de renda, melhorar a resiliência financeira das propriedades e viabilizar uma produção mais contínua e estável ao longo do ano. Essa diversificação contribui para a segurança alimentar e reduz a dependência exclusiva da atividade cafeeira, especialmente diante das oscilações do mercado internacional (Cunha; Augustin, 2014).

No entanto, apesar dos diversos benefícios, o consorciamento de culturas impõe desafios agrônômicos e de manejo. A convivência entre espécies exige planejamento técnico criterioso para evitar competição por luz, água e nutrientes, bem como possíveis interferências negativas no desenvolvimento das culturas

principais. Para isso, é necessário considerar fatores como o espaçamento adequado, a sincronização dos ciclos fenológicos e a escolha de espécies compatíveis, de modo a potencializar os efeitos sinérgicos do consórcio (Khatounian, 2002).



Figura 9. Cafezal consorciado com banana. Fonte: Ferreira *et al.*, 2021. In: <https://meridapublishers.com/l7topicos/capitulo3.html>.

Ademais, a adoção dessa prática requer capacitação técnica dos agricultores, além do suporte de instituições de pesquisa e de extensão rural, que possam desenvolver e difundir modelos adaptados às condições locais. Apesar dos desafios iniciais, estudos demonstram que, em longo prazo, o consorciamento pode resultar em maior produtividade global por área e em redução de custos com insumos, consolidando-se como uma alternativa agroecológica promissora para o fortalecimento da cafeicultura sustentável (Souza; Dan; Araújo, 2016).

7. Sustentabilidade na produção de café

A busca por sistemas agrícolas mais sustentáveis constitui uma das principais diretrizes da agricultura contemporânea, em resposta aos desafios ambientais, sociais e econômicos do século XXI. Nesse cenário, a cafeicultura (*Coffea spp.*), uma das mais relevantes *commodities* do agronegócio brasileiro, vem incorporando progressivamente práticas agroecológicas, com o intuito de

promover o equilíbrio ecológico, mitigar impactos ambientais e assegurar a viabilidade econômica e social da atividade no longo prazo (Khatounian, 2002; Altieri, 2012).

A adoção de estratégias como adubação verde, consorciação de culturas, uso de biofertilizantes, manejo integrado de pragas e doenças, e implantação de sistemas agroflorestais (SAFs) tem se mostrado eficaz na redução da dependência de insumos externos, na recuperação da fertilidade do solo, no aumento da biodiversidade funcional e na elevação da resiliência dos agroecossistemas frente às mudanças climáticas e às instabilidades do mercado (Altieri; Nicholls; Vazquez, 2007; Souza; Dan; Araújo, 2016).

A sustentabilidade na cafeicultura está intrinsecamente relacionada à conservação dos recursos naturais, como o solo e a água, bem como à manutenção da qualidade ambiental das paisagens produtivas. Técnicas como o adensamento planejado, a manutenção de cobertura vegetal permanente e o uso de sombreamento natural com espécies nativas contribuem para a regulação do microclima, a redução da evapotranspiração e a conservação da umidade do solo, fatores que influenciam positivamente a produtividade e a qualidade dos grãos (Cunha; Augustin, 2014; Sgarbi, 2008).

A transição agroecológica na cafeicultura também contempla dimensões socioeconômicas, com destaque para os sistemas de base familiar. A redução de custos com insumos, a diversificação das fontes de renda e o acesso a nichos de mercado — como os de cafés especiais, orgânicos e certificados — fortalecem a autonomia dos agricultores, promovem a segurança alimentar e contribuem para a valorização do trabalho no campo (Koch, 2019).

Para a consolidação da sustentabilidade na produção cafeeira, são essenciais investimentos em pesquisa aplicada, assistência técnica continuada e fortalecimento de redes de intercâmbio de saberes entre agricultores, técnicos e instituições. A articulação entre o conhecimento científico e os saberes tradicionais representa um caminho promissor para o desenvolvimento de sistemas produtivos mais resilientes, inclusivos e ambientalmente equilibrados (Silva *et al.*, 2015; Altieri, 2012) (Figura 10).



Figura 10. Pesquisa com clones de café no Ifes campus de Alegre: parceria com produtor rural. Fonte: Mayra da S. Polastrelli, 2025.

8. Efeitos alelopáticos das crotalárias

As crotalárias (gênero *Crotalaria*), leguminosas da família Fabaceae, são amplamente empregadas em sistemas agroecológicos e de manejo sustentável em razão de suas múltiplas funcionalidades. Além de promoverem a fixação biológica de N, contribuirão para a cobertura do solo e apresentarem elevada produção de biomassa, destacam-se pelos efeitos alelopáticos — a capacidade de interferir no crescimento, desenvolvimento ou germinação de outras espécies vegetais por meio da liberação de compostos químicos no ambiente (Chou, 2006; Pereira Filho *et al.*, 2015).

Esses compostos, denominados aleloquímicos, são liberados principalmente pelas raízes, exsudatos e pela decomposição da parte aérea das plantas, afetando diretamente o banco de sementes do solo e o estabelecimento de plantas concorrentes, especialmente as invasoras. Essa característica torna as crotalárias uma alternativa estratégica no manejo agroecológico de culturas comerciais, como o café conilon (*Coffea canephora*), ao contribuir para a supressão natural de plantas daninhas e a redução da necessidade de herbicidas, favorecendo sistemas produtivos mais equilibrados e menos dependentes de insumos químicos (Altieri; Nicholls; Vazquez, 2007).

8.1. Controle de plantas invasoras

O efeito alelopático das crotalárias manifesta-se, sobretudo, na inibição da germinação e do desenvolvimento inicial de plantas invasoras, que competem com as culturas de interesse por luz, água, nutrientes e espaço. Essa ação inibitória natural contribui para a redução da presença de espécies daninhas e, conseqüentemente, da dependência do uso de herbicidas sintéticos, favorecendo estratégias de manejo mais sustentáveis (Pereira Filho *et al.*, 2015).

Em sistemas consorciados com o café conilon, a utilização de crotalárias tem se mostrado eficiente não apenas na supressão de plantas invasoras, mas também na melhoria das condições edáficas e na criação de ambientes mais propícios ao desenvolvimento radicular do cafeeiro. Estudos de campo indicam que o uso rotativo ou simultâneo dessas leguminosas em linhas ou entrelinhas do cafeeiro contribui para a redução de infestações por gramíneas e outras espécies competidoras, inclusive em áreas com alto grau de degradação (Souza; Dan; Araújo, 2016).

Além do controle direto de plantas invasoras, o uso de crotalárias em sistemas agroecológicos ou agroflorestais reduz a pressão seletiva sobre os herbicidas, retardando o surgimento de espécies resistentes. Essa prática constitui uma abordagem integrada ao manejo agrícola, promovendo sistemas de cultivo mais equilibrados, resilientes e com menor impacto ambiental e toxicológico (Altieri, 2012) (Figura 11).



Figura 11. Crotalária intercalada ao cafeeiro. Fonte: Alves, 2015.

8.2. Benefícios edáficos e controle biológico

Além de seus efeitos alelopáticos sobre plantas invasoras, as crotalárias exercem papel estratégico na melhoria da qualidade e estrutura do solo, configurando-se como aliadas essenciais em sistemas sustentáveis de produção, especialmente na cafeicultura. Como leguminosas, essas espécies estabelecem associações simbióticas com bactérias fixadoras de nitrogênio do gênero *Rhizobium*, promovendo a fixação biológica do nitrogênio atmosférico (N₂) e enriquecendo o solo com esse nutriente essencial ao desenvolvimento vegetal (Muñoz, 1997; Pereira Filho *et al.*, 2015).

A incorporação da biomassa das crotalárias ao solo, após seu manejo, contribui significativamente para o aumento do teor de matéria orgânica, melhora a capacidade de retenção de água, estimula a atividade biológica edáfica e favorece a agregação estrutural dos solos. Esses efeitos são particularmente relevantes em áreas cultivadas com café conilon (*Coffea canephora*), uma vez que solos mais férteis e bem estruturados favorecem o crescimento radicular, otimizam a absorção de nutrientes e, conseqüentemente, promovem elevação nos índices de produtividade e qualidade dos grãos (Souza; Dan; Araújo, 2016).

Outro benefício expressivo refere-se ao controle biológico de fitonematóides, organismos microscópicos que parasitam raízes e comprometem a produção agrícola. Espécies como *Crotalaria juncea*, *C. spectabilis* e *C. ochroleuca* produzem compostos secundários — como a monocrotalina — com propriedades tóxicas para nematoides fitopatogênicos, a exemplo de *Meloidogyne incognita* e *Pratylenchus spp.* (Wang *et al.*, 2002). A utilização dessas crotalárias em rotação ou consorciação com o cafeeiro representa uma estratégia eficiente de controle biológico, reduzindo a necessidade de aplicação de nematicidas químicos e promovendo maior equilíbrio ecológico nos agroecossistemas (Figura 12).



Figura 12. Cafezal consorciado com crotalária. Fonte: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/628847/1/doc208.pdf>.

Desse modo, a integração das crotalárias aos sistemas de cultivo do café conilon potencializa os benefícios agrônômicos e ambientais, fortalecendo a sustentabilidade da produção e oferecendo alternativas viáveis para agricultores comprometidos com a conservação dos recursos naturais e o aumento da produtividade.

9. Contribuições socioambientais do café conilon

O cultivo do café conilon (*Coffea canephora*) no Brasil, especialmente na região Sudeste e em parte do Norte do Espírito Santo, tem gerado impactos positivos não apenas do ponto de vista econômico, mas também sob os aspectos sociais e ambientais. Ao ser cultivado predominantemente por pequenos e médios produtores, o conilon impulsiona a agricultura familiar, gera empregos diretos e indiretos no campo e fortalece a economia de diversos municípios. Além disso, a cadeia produtiva do conilon promove a inclusão de comunidades rurais no mercado, contribuindo para a fixação do homem no campo e para a redução das desigualdades regionais (CONAB, 2023; EMBRAPA, 2019).

Do ponto de vista ambiental, o sistema de cultivo do conilon tem evoluído consideravelmente com a adoção de práticas mais sustentáveis, como o uso de sistemas agroflorestais, a conservação dos recursos hídricos, o manejo integrado de pragas, a adubação verde e a recuperação de áreas degradadas. Essas iniciativas contribuem para a melhoria da qualidade do solo, da biodiversidade local e para a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, ao favorecer a fixação de carbono e reduzir o uso de insumos sintéticos (Ferrão *et al.*, 2017; Pereira *et al.*, 2021).

Programas de certificação e rastreabilidade, assim como incentivos a boas práticas agrícolas, têm valorizado o café conilon no mercado nacional e internacional, reforçando seu papel como produto estratégico para o desenvolvimento sustentável. A valorização de variedades mais resistentes e produtivas, desenvolvidas por instituições como a Incaper e a Embrapa, também favorece a resiliência dos sistemas produtivos frente a eventos climáticos extremos, ao mesmo tempo em que promovem maior eficiência no uso da água e dos nutrientes (Verdin Filho *et al.*, 2020; Souza *et al.*, 2022).

10. O café conilon e o mercado global de café solúvel

O café conilon (*Coffea canephora*) tem se destacado como matéria-prima essencial na produção de café solúvel, especialmente devido ao seu teor mais elevado de cafeína, maior resistência a pragas e maior produtividade em comparação ao café arábica (*Coffea arabica*) (Brito *et al.*, 2018). Essas características tornam o conilon economicamente mais atrativo para a indústria de café instantâneo, que busca eficiência produtiva, sabor marcante e custos mais baixos.

O Brasil, como maior produtor mundial de conilon, tem ampliado sua participação no mercado de café solúvel. Em 2023, cerca de 80% do conilon produzido no país foi destinado à indústria de café solúvel ou para composições em *blends* com arábica, reforçando sua relevância no comércio internacional (ABIC, 2023; CONAB, 2023).

O mercado global de café solúvel continua em expansão, impulsionado por mudanças nos hábitos de consumo, conveniência, urbanização e crescimento

da demanda em países emergentes. Países como Rússia, Estados Unidos, Japão, Filipinas e México figuram entre os principais consumidores de café solúvel brasileiro (MAPA, 2022). Essa tendência tem estimulado investimentos em tecnologias de extração, liofilização e *spray drying*¹, além de fomentar práticas mais sustentáveis na cadeia produtiva (ICO, 2022).

A cadeia produtiva do conilon também tem buscado adequações ambientais e sociais, com destaque para certificações sustentáveis, valorização da cafeicultura familiar e programas de rastreabilidade. Nesse contexto, o conilon não apenas representa uma alternativa estratégica para o mercado de café solúvel, como também uma oportunidade de fortalecimento econômico para regiões produtoras do Espírito Santo, Rondônia e Bahia (SEBRAE, 2021).

11. Considerações

A produção de café conilon no Brasil, especialmente no estado do Espírito Santo, configura-se como uma atividade agrícola de grande importância econômica, social e cultural, sustentando milhares de famílias e contribuindo significativamente para o desenvolvimento regional. No entanto, diante dos crescentes impactos e externalidades ambientais negativos provocados pelos modelos convencionais de produção, torna-se urgente repensar as práticas adotadas no campo, buscando alternativas que promovam a sustentabilidade de forma integrada — ambiental, econômica e socialmente.

Nesse contexto, a cafeicultura agroecológica e regenerativa surge como uma abordagem estratégica e necessária. Diferente do modelo convencional, essas práticas compreendem o sistema produtivo como parte de um ecossistema mais amplo, valorizando a diversidade biológica, os saberes tradicionais e a autonomia dos agricultores. A adoção de técnicas como a adubação verde, o consorciamento de culturas, o manejo ecológico de pragas, a compostagem, o cultivo sombreado e a recuperação de áreas degradadas por

¹ Também conhecido como secagem por aspersão ou atomização, é um método de secagem que transforma líquidos em pós secos, utilizando a dispersão do líquido em pequenas gotículas e a evaporação rápida do solvente com ar quente.

meio de sistemas agroflorestais são exemplos de ações regenerativas que restauram os ciclos naturais e fortalecem a resiliência dos agroecossistemas.

Além de favorecerem a fertilidade do solo, a biodiversidade funcional e o equilíbrio ecológico, essas práticas reduzem a dependência de insumos externos e aumentam a capacidade das lavouras de enfrentar adversidades climáticas, como secas ou eventos extremos. A perspectiva regenerativa não se limita à manutenção dos recursos naturais, mas atua ativamente na sua recuperação, contribuindo para a resiliência hídrica, a captura de carbono e a melhoria da qualidade de vida no campo.

Por outro lado, a crescente conscientização dos consumidores e o aumento da demanda por produtos éticos e sustentáveis vêm transformando o mercado global. Produtos certificados e com menor impacto ambiental têm conquistado espaços estratégicos e valorização comercial. Assim, a sustentabilidade deixa de ser apenas uma exigência ética ou ambiental e se afirma como uma oportunidade econômica real, permitindo aos produtores diferenciarem seus produtos e agregarem valor por meio de certificações socioambientais e selos de comércio justo ou orgânico.

Para viabilizar essa transição, é indispensável a articulação entre produtores, movimentos sociais, centros de pesquisa, universidades, instituições de extensão rural, órgãos governamentais e o setor privado. O investimento em formação técnica continuada, pesquisa participativa, políticas públicas de incentivo e acesso a mercados diferenciados devem ser priorizados, especialmente para agricultores familiares e comunidades tradicionais, que muitas vezes já desenvolvem práticas agroecológicas mesmo sem o devido reconhecimento institucional.

A sustentabilidade na cafeicultura, especialmente no caso do conilon, exige mais do que a adoção de técnicas isoladas — requer uma mudança de paradigma que valorize a vida, o território e a cultura do campo. Somente com um compromisso coletivo e intersetorial será possível garantir que a produção de café continue sendo fonte de renda, dignidade e bem-estar, sem comprometer os recursos naturais e o futuro das próximas gerações. Desse modo, o futuro da cafeicultura conilon no Brasil poderá ser verdadeiramente promissor, conciliando produtividade, justiça social e integridade ecológica.

12. Referências

- ABIC. Associação Brasileira da Indústria de Café. **Indicadores da indústria de café no Brasil**. São Paulo: ABIC, 2019. Disponível em: <https://www.abic.com.br>. Acesso em: 29 jun. 2025.
- ABIC. Associação Brasileira da Indústria de Café. **Indicadores da Indústria de Café Solúvel Brasileira – 2023**. São Paulo: ABIC, 2023. Disponível em: <https://www.abic.com.br>. Acesso em: 30 jul. 2025.
- ABICS. Associação Brasileira da Indústria de Café Solúvel. **Relatório Anual 2019**. São Paulo: ABICS, 2019. Disponível em: <https://www.abics.com.br>. Acesso em: 29 jun. 2025.
- ABICS. Associação Brasileira da Indústria de Café Solúvel. **Uso de conilon nos blends da indústria**. Disponível em: <https://abics.com.br>. Acesso em: 09 jan. 2019.
- ALMEIDA, A. A. F. *et al.* Manejo sustentável na cafeicultura: práticas e benefícios para a qualidade do solo e produtividade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 46, 2022.
- ALTIERI, M. A. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. 5. ed. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2012.
- ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I.; VAZQUEZ, L. **Agroecologia e o desenho de agroecossistemas resilientes ao clima**. Série Agroecologia, v. 7, p. 1-35, 2007.
- ALVES, J. G. C. **Crotalaria Juncea em cultivo intercalar ao cafeeiro**. 2015. Disponível em: <https://www.cafepoint.com.br/colunas/espaco-aberto/crotalaria-junceae-em-cultivo-intercalar-ao-cafeeiro-96196n.aspx>. Acesso em: 17 out. 2024.
- AMBROSANO, E. J. Biofertilizantes e microbiologia do solo: contribuições para a cafeicultura sustentável. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 2, p. 567-579, 2009.
- BARBOSA, J. N. *et al.* Café conilon: desafios e oportunidades na produção de cafés de qualidade. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 10, n. 1, p. 28-39, 2020.
- BRITO, S. M. *et al.* Café Conilon: importância econômica e qualidade. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 39, n. 1, p. 92-99, 2018.
- BRUSSARD, L.; DE RUITER, P. C.; BROWN, G. G. Soil biodiversity for agricultural sustainability. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 257, p. 115-116, 2018.
- CALEGARI, A. Práticas de manejo sustentável na agricultura. **Revista Brasileira de Agroecologia**. 1995.
- CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. **Agroecologia: enfoques científicos e políticos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006.

CARPENTER, S. R. *et al.* Eutrophication of aquatic ecosystems: Bistability and soil phosphorus. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 113, n. 51, p. 14518-14519, 2016. DOI: 10.1073/pnas.1612103113.

CHOU, C. H. Role of allelopathy in plant biodiversity and sustainable agriculture. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 25, n. 1, p. 1-11, 2006. DOI: 10.1080/07352680600563807.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: café – Safra 2023, quarto levantamento**. Brasília: Conab, jan. 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br>.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Café – Maio 2024**. Brasília: CONAB, 2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br>. Acesso em: 29 jun. 2025.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Café – 1º levantamento, janeiro/2023**. Brasília: CONAB, 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br>. Acesso em: 30 jul. 2025.

COSTA, E. M. *et al.* Extensão rural e práticas agroecológicas no Espírito Santo. **Cadernos de Extensão Rural**, v. 14, n. 1, p. 89-102, 2021.

CRUZ, L. M. *et al.* Manejo integrado e produtividade do café: uma revisão. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 51, e71546, 2021.

CUNHA, T. J. F.; AUGUSTIN, R. B. Adubação verde: alternativa para sustentabilidade agrícola. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 9, n. 2, p. 28-35, 2014.

EMBRAPA. **Café conilon: uma alternativa rentável e sustentável**. Brasília: Embrapa Café, 2019.

FERRÃO, M. A. *et al.* **Perfil socioeconômico da cafeicultura conilon no Espírito Santo**. Boletim do Incaper, 2019.

FERRÃO, R. G. *et al.* **Avanços na cafeicultura do Espírito Santo: variedades clonais de café conilon**. Vitória: Incaper, 2017. 220 p.

FERREIRA, A. S. *et al.* Influência dos métodos de processamento na qualidade do café. **Coffee Science**, v. 14, n. 2, p. 234-245, 2019.

FERREIRA, R. A. *et al.* Aplicações da biotecnologia na agricultura moderna: avanços e perspectivas. **Biotecnologia & Ciência**, v. 9, n. 1, p. 45-60, 2021.

FOWLER, D. *et al.* The global nitrogen cycle in the twenty-first century. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 368, n. 1621, 2013. DOI: 10.1098/rstb.2013.0164.

FUNDAÇÃO CARGILL. **Manual do produtor rural: cafeicultura**. São Paulo: Fundação Cargill, 1984.

GIRELLI, L. S. **Consórcio de café conilon orgânico com espécies arbóreas e frutíferas é tema de artigo científico**. 2017. Disponível em: <https://bibliotecaruitendinha.incaper.es.gov.br/Not%C3%ADcia/consorcio-de-cafe-conilon-organico-com-especies-arboreas-e-frutiferas-e-tema-de-artigo-cientifico>. Acesso em: 18 out. 2024.

GOMIERO, T.; PAOLETTI, M. G.; PIMENTEL, D. Is there a need for a more sustainable agriculture? **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 30, n. 1-2, p. 6–23, 2011.

GONÇALVES, L. C. et al. Agricultura de precisão e sustentabilidade: tecnologias para o futuro. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 43, n. 2, p. 301-315, 2023.

HUBER, J. Café conilon atinge recorde de preço dos últimos 32 meses. **Revista Negócio Rural**. 2020. Disponível em: <https://www.revistanegociorural.com.br/noticias/cafe-conilon-atinge-recorde-de-preco-dos-ultimos-32-meses/>. Acesso em: 18 out. 2024.

ICO. International Coffee Organization. **The Global Outlook for Coffee 2022**. Londres: ICO, 2022. Disponível em: <https://www.ico.org>. Acesso em: 30 jul. 2025.

IMAFLORA. **Certificações socioambientais no setor cafeeiro**. Instituto de Manejo e Certificação Florestal e Agrícola, 2023. Disponível em: <https://www.imaflora.org>. Acesso em: 28 jun. 2025.

INCAPER. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. **Painel do Café Conilon no Espírito Santo**. Vitória: Incaper, 2024. Disponível em: <https://incaper.es.gov.br>. Acesso em: 29 jun. 2025.

JONES, A. Soil compaction and its impact on agriculture. **Soil Use and Management**, v. 35, n. 2, p. 114–121, 2019.

KHATOUNIAN, M. Sustentabilidade na agricultura: desafios e oportunidades. **Revista Brasileira de Agroecologia**. 2002.

KOCH, C. Cafés certificados e consumo responsável: **oportunidades e desafios**. **Revista Agroecologia Hoje**, v. 11, p. 34-42, 2019.

KUMAR, P.; SHARMA, R. Integrated pest management: principles and practice. **Journal of Plant Protection Research**, v. 60, n. 3, p. 301-317, 2020. DOI: 10.24425/jppr.2020.134528.

LAL, R. Enhancing ecosystem services with no-till. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 35, n. 2, p. 148-157, 2020. DOI: 10.1017/S174217052000016X.

MAKHDOOM, M. *et al.* Cover crops and their potential role in sustainable agriculture: a review. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, p. 45156-45175, 2021.

MALHI, Y. *et al.* Agroforestry systems for climate change mitigation and adaptation: an overview. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 319, 2021. DOI: 10.1016/j.agee.2021.107564.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Panorama do mercado de café solúvel**. Brasília: MAPA, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura>. Acesso em: 30 jul. 2025.

MENDES, F. R. *et al.* Avaliação morfoagronômica e produtiva do café conilon em sistemas consorciados. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 18, n. 3, 2023.

MORAES, A. S. *et al.* Extensão rural e inovação social: desafios e oportunidades na agricultura familiar. **Revista de Desenvolvimento Rural Sustentável**, v. 15, n. 3, p. 210-225, 2022.

MOTA, J. C.; LIMA, A. C.; REIS, J. F. **Consortiamento de culturas: benefícios e técnicas**. Brasília: Editora Embrapa, 2014.

MUÑOZ, M. A. Adubação verde: uma alternativa agroecológica para o manejo da fertilidade do solo. **Revista Agroecologia Hoje**, n. 1, p. 23-27, 1997.

OLIVEIRA, F. P. *et al.* Microbiologia do solo e biofertilizantes: potencialidades na produção de café. **Ciência Agrônômica**, v. 53, e2021625, 2022.

PEREIRA FILHO, M. G.; CANELLAS, L. P.; SOARES, I. F.; PEREIRA, L. G.; BORGES, G. P.; PEREIRA, C. A. S. Efeito alelopático de crotalárias no controle de plantas invasoras e na produtividade do café conilon. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 4, p. 1005-1015, 2015.

PEREIRA, L. L. *et al.* Contribuições dos sistemas agroflorestais à sustentabilidade na cafeicultura. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 16, n. 2, p. 191-204, 2021.

PHILIPPOT, L. *et al.* Going back to the roots: the microbial ecology of the rhizosphere. **Nature Reviews Microbiology**, v. 11, n. 11, p. 789-799, 2013. DOI: 10.1038/nrmicro3109.

PIMENTEL, D. *et al.* Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. **Science of The Total Environment**, v. 726, 2020.

POWELL, J. R. *et al.* The role of biodiversity in the sustainability of agricultural systems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 292, 2020. DOI: 10.1016/j.agee.2019.106785.

PRIMAVESI, A. M. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. 5. ed. São Paulo: Nobel, 2002.

SANTOS, D. L. *et al.* Influência das condições climáticas na produtividade do café conilon. **Journal of Agricultural Science**, v. 14, n. 4, p. 65–72, 2022.

SCHNEIDER, S.; CASSOL, A. Sistemas sustentáveis de produção agrícola no Brasil: desafios e perspectivas. **Estudos Sociedade e Agricultura**, v. 28, n. 2, p. 284-308, 2020.

SEBRAE. **Oportunidades para o café conilon no mercado internacional**. Vitória: SEBRAE-ES, 2021. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br>. Acesso em: 30 jul. 2025.

SGARBI, A. G. D. **Manual de cultivo do café conilon**. Vitória: Incaper, 2008.

SILVA, A. J. *et al.* Sistemas agroflorestais como estratégia para a agricultura sustentável. **Revista de Agricultura Familiar e Sustentabilidade**, v. 2, n. 1, p. 22-35, 2015.

SILVA, F. F. *et al.* Adubação verde e sua contribuição para a agricultura sustentável. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 1, 2019. DOI: 10.5039/agraria.v14i1a6325.

SILVA, J. A. A importância da matéria orgânica na produção de café. **Revista Brasileira de Café**. 1955.

SILVA, M. C. *et al.* Consorciação de café conilon com crotalária: impacto na produtividade e sustentabilidade. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 16, n. 2, p. 112-123, 2021.

SILVA, M. C. *et al.* Extensão rural e capacitação técnica na difusão de práticas sustentáveis. **Revista Brasileira de Extensão Rural**, v. 23, n. 2, p. 85-97, 2009.

SILVA, R. B.; CARVALHO, D. M.; TEIXEIRA, R. S. **Capacitação e treinamento na agricultura sustentável**. Fortaleza: Editora UFC, 2015.

SILVA, T. F. *et al.* Manejo sustentável do solo e conservação ambiental na cafeicultura. **Revista Agroecologia**, v. 17, n. 1, p. 45-60, 2022.

SINGH, B. K. *et al.* Microbial biodiversity and agroecosystem resilience: a review. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 151, 2021. DOI: 10.1016/j.soilbio.2020.108028.

SMITH, P. *et al.* Impacts of long-term fertilizer use on soil properties and crop yields. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 111, n. 1, p. 1-15, 2018.

SOUZA, D. M. G.; DAN, L. F.; ARAÚJO, R. S. Adubação verde e manejo do solo na produção de café. **Cadernos de Agroecologia**, 2016.

SOUZA, D. P. *et al.* Sustentabilidade na produção de café conilon: práticas conservacionistas e eficiência produtiva. **Agroecossistemas**, v. 14, n. 1, p. 22-34, 2022.

SOUZA, D.; DAN, A.; ARAÚJO, J. Efeitos do consorciamento de café com espécies arbóreas sobre as características do solo. **Revista Brasileira de Agroecologia**. 2016.

SOUZA, H. N.; DAN, L. G. M.; ARAÚJO, E. S. Adubação verde no cultivo do café: efeitos sobre o solo e a planta. **Informativo Agropecuário**, v. 37, n. 295, p. 18-27, 2016.

TENDÊNCIAS para a sustentabilidade da cafeicultura de conilon. Vitória, ES: **Incaper em Revista**, v. 10, 2019.

TILMAN, D. *et al.* Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 118, n. 15, e2020452118, 2020. DOI: 10.1073/pnas.2020452118.

TSCHARNTKE, T. *et al.* Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management. **Ecology Letters**, v. 15, n. 8, p. 913–924, 2012. DOI: 10.1111/j.1461-0248.2012.01749.x.

VERDIN FILHO, A. C. *et al.* Clima e cafeicultura: desafios e estratégias para a produção sustentável. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 26, p. 234-248, 2020.

WANG, J. *et al.* Edição genética e biotecnologia na agricultura: perspectivas futuras. **Journal of Agricultural Biotechnology**, v. 12, n. 4, p. 315-329, 2023.

WANG, K. H. *et al.* Crotalaria as a cover crop for nematode management: a review. **Nematropica**, v. 32, n. 1, p. 35-57, 2002.

WANG, K. H.; SIQUEIRA, C. H.; SORLEY, R. M. C.; GALLAHER, R. N. Efeitos alelopáticos de crotalárias sobre fitonematoides. **Journal of Nematology**. 2002.

ZHANG, X. *et al.* Aplicações de tecnologias digitais na agricultura: uma revisão sistemática. **Precision Agriculture**, v. 22, p. 1243-1264, 2021.