

IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA OCORRÊNCIA E SEVERIDADE DAS DOENÇAS DO CAFEEIRO NO ESPÍRITO SANTO

Isaías Flório Ramos Júnior, Igor Tatagiba Quarto, Lucas Jordão Santana Tigre, Felipe Pereira Aguiar Cunha de Almeida, Vanessa Sessa Dian, Simone de Paiva Caetano Bucker Moraes, Willian Bucker Moraes.

Universidade Federal do Espírito Santo/Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Alto Universitário, s/n, Guararema, 295000-000 – Alegre – ES, Brasil, isaiasflorioramosjr@gmail.com, igortatagiba@gmail.com, lucasjst01@gmail.com, fpalmeida1103@gmail.com, vanessasessa2@gmail.com, simonepaivabucker@gmail.com, willian.moraes@ufes.br

Resumo

As mudanças climáticas representam um desafio crescente para a cafeicultura, intensificando a ocorrência e a severidade de doenças e gerando perdas econômicas significativas. O manejo integrado surge como uma abordagem estratégica para mitigar esses impactos, considerando a interação entre patógeno, hospedeiro e as novas condições ambientais de temperatura e umidade que alteram a epidemiologia de doenças como a ferrugem e a cercosporiose. Diante disso, objetivou-se com esta revisão de literatura reunir e avaliar as diferentes alternativas de controle para as principais doenças do cafeeiro no contexto climático atual. O foco está na otimização das estratégias, analisando a eficácia dos métodos de controle disponíveis, desde práticas culturais e biológicas até sistemas de alerta, para identificar as abordagens com a melhor relação custo-benefício e viabilidade para os diferentes perfis de produtores.

Palavras-chave: Epidemiologia. Ferrugem. Mancha de Phoma. Aquecimento Global. Sistema de Previsão e Alerta.

Área do Conhecimento: Engenharia Agrônoma (Agronomia)

Introdução

O Brasil mantém-se como o maior produtor mundial de café (*Coffea sp.*), registrando em 2025 um crescimento de 2,7% na produção em relação ao ano anterior, cujo valor estimado foi de cerca de 95 bilhões de reais. No Espírito Santo, a cafeicultura representa um dos principais pilares econômicos, com receita superior a 28 bilhões de reais em 2025, correspondendo a aproximadamente 30% da produção nacional, de acordo com a CONAB (2025). O cultivo, base da renda de muitos produtores locais, concentra-se em duas variedades: o arábica (*Coffea arabica*) e o conilon (*Coffea canephora*). Nesse período, foram colhidas cerca de 4 milhões de sacas de arábica e 14 milhões de conilon, como também informa a CONAB (2025).

Tradicionalmente predominante no Espírito Santo, o cultivo de *C. arabica* vem cedendo espaço ao *C. canephora*, que é mais tolerante a temperaturas elevadas (Ferrão *et al.*, 2017). O IPCC (2022) aponta que há mais de 50% de probabilidade de a temperatura média global aumentar em 1,5 °C nas próximas décadas, cenário que, aliado às variações climáticas, favorece a ocorrência e a intensificação de doenças fitopatológicas, com impactos significativos na produção agrícola (Bettiol *et al.*, 2017).

Entre as doenças de maior incidência no cafeeiro, destacam-se a ferrugem (*Hemileia vastatrix*), mancha-de-phoma (*Phoma spp.*), mancha-aureolada (*Pseudomonas syringae* pv. *garcae*), cercosporiose (*Cercospora coffeicola*) e fusariose (*Fusarium spp.*), todas capazes de provocar danos expressivos (Carvalho, 2012). De acordo, com Avelino *et al.* (2006) o aumento da temperatura também pode afetar regiões de maior altitude, aumentando a umidade e favorecendo doenças como ferrugem, cercosporiose e mancha-de-phoma.

O impacto das mudanças climáticas sobre a cafeicultura já é evidente em diferentes regiões produtoras. Na América Central, a epidemia de ferrugem entre 2012 e 2013 afetou mais da metade das lavouras, resultando na perda de aproximadamente 260 mil empregos e prejuízos de quase 500 milhões de dólares (International Coffee Organization, 2013). No Vietnã, episódios de geadas em 2014–

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

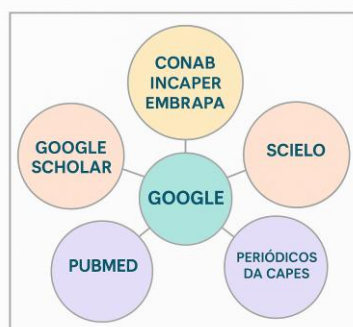
2015 comprometeram mais de 700 hectares em Lam Dong, afetando cerca de mil famílias, enquanto, entre 2018 e 2022, secas severas e o avanço de pragas e doenças reduziram a produtividade em até 40%, ameaçando a posição do país como segundo maior produtor mundial (Khoa, 2024).

No Espírito Santo, as perdas na cafeicultura podem atingir até 50% na ausência de medidas de controle fitossanitário (Ventura *et al.*, 2007). A disseminação de patógenos ocorre por diferentes vias, como vento, água, solo e restos culturais, comprometendo produtividade, qualidade e elevando custos de produção, como também cita Ventura *et al.* (2007). Nesse contexto, estratégias como o uso de cultivares resistentes, manejo integrado de pragas, boas práticas agrícolas e sistemas de previsão e alerta são indispensáveis para reduzir os impactos (Pozza *et al.*, 2021). Portanto, compreender os efeitos das mudanças climáticas sobre a ocorrência e severidade das doenças demanda a análise de variáveis ambientais favoráveis aos patógenos, bem como de seus ciclos de vida e mecanismos de infecção é necessário. Logo, este estudo objetivou reunir e analisar dados sobre o manejo das doenças do cafeeiro diante das mudanças climáticas, com foco no Brasil e no Espírito Santo.

Metodologia

Para a elaboração deste trabalho, foram reunidas informações bibliográficas relacionadas a estudos epidemiológicos das principais doenças do cafeeiro e sua relação com as mudanças climáticas recentes. As fontes consultadas incluíram sites estatísticos, livros, teses, dissertações e artigos científicos disponíveis em plataformas como Scielo, CONAB, Incaper, Google Scholar, Periódicos da CAPES, PUBMED e EMBRAPA. A Figura 1 apresenta o esquema metodológico adotado para a seleção e organização dessas referências, com buscas realizadas por meio do Google, que possibilitaram o acesso a bases de dados científicas, portais institucionais e bibliotecas digitais.

Figura 1 - Esquema de pesquisa utilizado para confecção da revisão bibliográfica



Fonte: Autoria Própria.

Entre 2007 e 2024, observou-se um aumento significativo nas pesquisas sobre os efeitos das mudanças climáticas nas doenças do cafeeiro, com intensificação a partir de 2015-2017. No período de 2021 a 2025, os estudos se concentraram principalmente em ferrugem, mancha-de-phoma e cercosporiose, diretamente influenciadas por variações de temperatura e umidade, evidenciando a preocupação crescente com a sustentabilidade da cafeicultura frente aos desafios climáticos globais.

Resultados

Este trabalho, baseado em revisão bibliográfica, utilizou métricas específicas para avaliar estratégias de controle de doenças no cafeeiro, incluindo variedades resistentes, manejo integrado de pragas, boas práticas agrícolas, controle químico, controle biológico e sistemas de previsão e alerta. A análise dessas métricas permitiu identificar o método mais eficiente frente à crescente infestação por fitopatógenos em cenários de mudanças climáticas, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Estratégias, práticas e desafios no controle das doenças do cafeeiro diante das mudanças climáticas.

Estratégia	Prática	Dificuldade
------------	---------	-------------

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

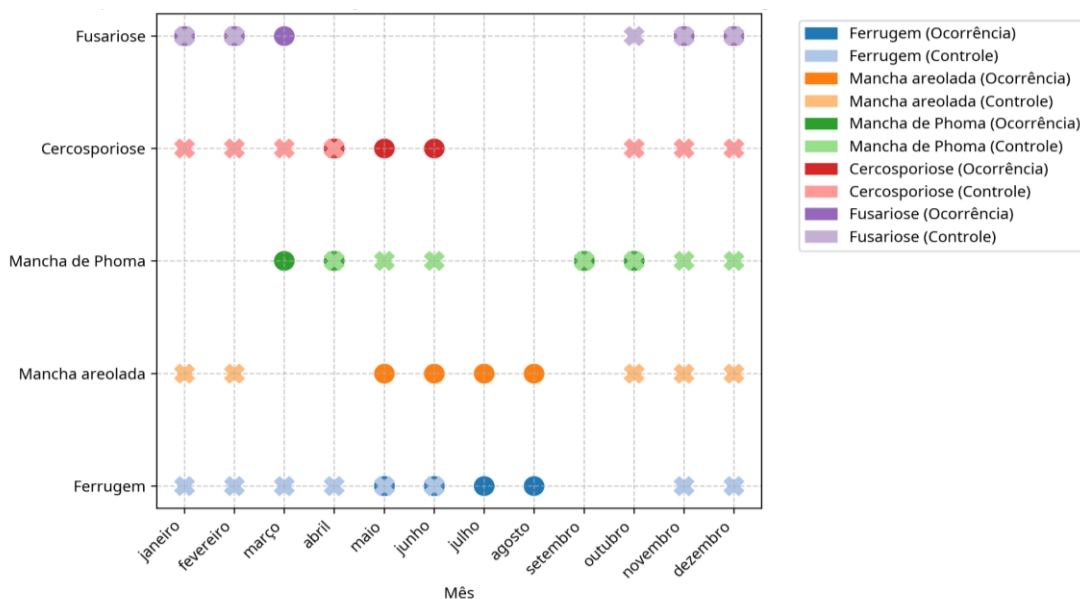
Boas práticas agrícolas	As práticas de manejo incluem podas e desbrotas no momento adequado, capina regular, remoção de restos culturais, adubação equilibrada conforme análise de solo e espaçamento adequado para favorecer aeração e reduzir a umidade nas folhas.	O manejo exige mão de obra qualificada, altos custos de manutenção e monitoramento frequente para prevenir o retorno de condições favoráveis ao patógeno.
Manejo integrado de pragas	Redução de insetos vetores e pragas secundárias que facilitam a entrada de patógenos, por meio de armadilhas, controle biológico, manejo de sombra e cobertura do solo.	Controle pode ser difícil em áreas extensas; risco de resistência de pragas; dependência de integração com outros métodos; necessidade de monitoramento constante
Controle Químico	Aplicação preventiva ou curativa de fungicidas registrados (à base de cobre ou sistêmicos), seguindo recomendações técnicas e períodos adequados.	Alto custo; risco de desenvolvimento de resistência no patógeno; impactos ambientais; restrições legais; necessidade de equipamentos adequados e EPI.
Controle Biológico	Uso de fungos antagonistas como <i>Trichoderma</i> spp., <i>Bacillus subtilis</i> e <i>Lecanicillium lecanii</i> para inibir o desenvolvimento dos patógenos	A eficácia depende do clima e do manejo, a disponibilidade comercial pode ser limitada e o uso requer aplicação correta em condições ambientais adequadas.
Controle Genético	Utilização de cultivares resistentes, como Catuai SH3, Arara e Iapar 59 (arábica), além de Apoatã, A1 e Vitória (conilon), adaptadas à região e tolerantes à ferrugem e outras doenças.	Desenvolvimento e adoção de novas variedades é lento; resistência pode ser quebrada por novas raças do patógeno; pode haver diferenças na qualidade da bebida.
Sistema de Previsão e Alerta	Utilização de modelos climáticos e epidemiológicos para prever surtos com base em temperatura, umidade relativa e molhamento foliar, reduzindo a quantidade de defensivos aplicados	Necessidade de estações meteorológicas e softwares específicos; demanda capacitação técnica para interpretar dados; investimento inicial em tecnologia.

Fonte: Pinto *et al.* (2021); Santos *et al.* (2016).

Os sistemas de previsão e alerta no cafeeiro têm como objetivo reduzir o número de pulverizações, contribuindo para um manejo mais eficiente e sustentável (Pozza *et al.*, 2021). O uso excessivo de defensivos, sobretudo sem a devida proteção com EPI, representa sérios riscos à saúde dos trabalhadores. Apesar disso, muitos produtores ainda adotam o calendário fixo de aplicações, prática que, diante das mudanças climáticas, pode favorecer a resistência dos patógenos (Pozza *et al.*, 2021). A Figura 2 ilustra a comparação entre a ocorrência real das principais doenças e as aplicações realizadas segundo o calendário fixo.

Figura 2 - Comparação da época de ocorrência das doenças no cafeeiro e a época de aplicação seguindo o calendário fixo.

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO



Fonte: Adaptado Pozza *et al.* (2021); Carvalho *et al.* (2012); INMET, (2025).

A Figura 2 mostra a relação entre a ocorrência de doenças no cafeeiro e o cronograma de aplicação de defensivos, destacando a influência de fatores climáticos: temperatura, umidade e pluviosidade, no desenvolvimento dos patógenos e na suscetibilidade da cultura. Os dados meteorológicos utilizados, referentes ao Espírito Santo, foram obtidos no BDMEP do INMET (2025).

Discussão

Uma parte da pesquisa abordou boas práticas agrícolas no controle de patógenos do cafeeiro, como adubação correta, poda, desbrota, desrama, capina, remoção de restos doentes e eliminação de plantas infectadas. Plantas bem nutridas apresentam maior resistência a fungos (Miranda, 2013), e propriedades que adotaram essas práticas tiveram redução de cerca de 16% nas perdas de produtividade por doenças (Reis, 2011).

O manejo integrado de pragas está diretamente associado às boas práticas agrícolas, já que o ataque de insetos provoca ferimentos que facilitam a entrada de fungos, bactérias e vírus. Além disso, algumas espécies atuam como vetores, transmitindo patógenos durante a alimentação, como a cigarrinha *Oncometopia facialis*, responsável pela disseminação da CVC — Clorose Variegada dos Citros (Souza *et al.*, 2019). O ataque desses insetos também reduz as defesas naturais da planta, tornando-a mais suscetível a infecções. Assim, práticas como rotação de culturas, monitoramento constante, uso de armadilhas e eliminação de restos vegetais representam alternativas eficazes para reduzir a pressão de pragas e, conseqüentemente, a incidência de doenças.

Entre as formas de controle avaliadas, o método químico destacou-se pela elevada eficiência, reduzindo em mais de 60% a ocorrência de Cercosporiose e Mancha-de-Phoma (Santos *et al.*, 2016). No entanto, o uso contínuo pode favorecer a resistência dos patógenos e comprometer o equilíbrio do sistema produtivo, já que defensivos de amplo espectro reduzem a diversidade de organismos benéficos e facilitam a disseminação de doenças (Koller, 1999).

No manejo biológico, fungos do gênero *Trichoderma* têm se destacado por controlar fitopatógenos por meio da competição, produção de compostos antimicrobianos e micoparasitismo, degradando a parede celular de fungos causadores de doenças (Lobo Junior *et al.*, 2019). Estudos indicam que espécies como *Calonectria hemileiae* são altamente eficazes no controle da ferrugem do cafeeiro, inibindo a germinação dos urediniosporos e reduzindo em mais de 90% a severidade da doença, com resultados semelhantes aos fungicidas químicos e sem afetar a fotossíntese. Já bactérias do gênero *Bacillus*, especialmente *B. subtilis*, fortalecem a resistência sistêmica das plantas ao ativar mecanismos naturais de defesa (Cacefo *et al.*, 2016; Salcedo-Sarmiento *et al.*, 2021).

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

O uso de cultivares resistentes é uma estratégia sustentável e econômica, reduzindo defensivos, aumentando a rentabilidade e gerando benefícios sociais. No cafeeiro, cultura perene, a escolha adequada da época de plantio e o uso de mudas de qualidade são essenciais para minimizar perdas por patógenos como *Fusarium sp.* (Wassie, 2019; Petek et al., 2006).

Os sistemas de previsão e alerta são ferramentas relevantes no manejo da ferrugem-do-cafeeiro. Antes baseados apenas em variáveis como temperatura e disponibilidade hídrica (Pinto et al., 2002), esses modelos evoluíram com o uso de técnicas modernas, como redes neurais, séries temporais, lógica fuzzy e árvores de decisão, ampliando a compreensão da doença e favorecendo um controle mais eficiente, como também diz Pinto et al. (2002).

Essa abordagem é relevante por considerar os três elementos do triângulo da doença (patógeno, ambiente e hospedeiro) e por atender a demandas econômicas, ambientais e sociais, especialmente diante das mudanças climáticas e da pressão por produtividade (Meira et al., 2008). Apesar de já existirem modelos propostos (Pinto et al., 2002), sua validação e aplicação em diferentes regiões cafeeiras do Brasil ainda apresentam desafios, reforçando a importância de pesquisas contínuas para consolidar seu uso no manejo integrado.

Conclusão

Diante das mudanças climáticas, que intensificam a severidade e a ocorrência das doenças do cafeeiro, torna-se indispensável a adoção de estratégias integradas de manejo. Entre elas, os sistemas de previsão e alerta se apresentam como a alternativa mais promissora, pois permite maior precisão no controle e uso racional de insumos, reduzindo custos e impactos ambientais. No entanto, sua implementação exige investimento financeiro e capacitação técnica.

Para os cafeicultores com recursos mais restritos, a combinação entre o uso de clones resistentes e a aplicação de boas práticas agrícolas, continua sendo a solução mais eficiente e viável para o controle das principais doenças no cafeeiro. Dessa forma, a sustentabilidade da cafeicultura capixaba depende da adaptação das estratégias de manejo à realidade de cada produtor, fortalecendo então, a capacidade de adaptação de cada lavoura diante das mudanças climáticas e garantindo, mesmo assim, uma viabilidade econômica para produção futura.

Referências

AVELINO, J. et al. The intensity of a coffee rust epidemic depends on production situations. *Ecological Modelling*, v. 197, n. 3-4, p. 431-447, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2006.03.013>.

BETTIOL, W. et al. (ed.). *Aquecimento global e problemas fitossanitários*. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 488 p. il. color.

CACEFO, V.; ARAÚJO, F. F. de; PACHECO, A. C. Biological control of *Hemileia vastatrix* Berk. & Broome with *Bacillus subtilis* Cohn and biochemical changes in the coffee. 2016.

CARVALHO, V. L.; CUNHA, R. L.; SILVA, N. R. N. Alternativas de controle de doenças do cafeeiro. *Coffee Science*, Lavras, v. 7, n. 1, p. 42-49, 2012.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Boletim da safra de café: segundo levantamento, junho 2025 – safra 2024/2025. Brasília, DF: Companhia Nacional de Abastecimento, 2025. Disponível em: <https://l1nk.dev/safracafe>. Acesso em: 29 jul. 2025.

FERRÃO, R. G. et al. (Ed.). *Café Conilon*. 2. ed. atual. e ampl. 2. reimpr. Vitória: Incaper, 2017. 784 p.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia (2025). “BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos Para Ensino e Pesquisa - Série Histórica - Dados Anuais - Umidade, Temperatura Máxima, Temperatura Mínima, Pluviosidade”.ES. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br>. Acesso em: 10/08/2025.

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION. Report on the outbreak of coffee leaf rust in Central America and action plan to combat the pest. London: International Coffee Organization, 2013.

A Ciência do **NANO** e seu impacto transformador no **MACRO**

IPCC. Climate change 2022: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781009325844.Front>.

KHOA, V. L. T. In response to the global coffee crisis in Lam Dong Province, Vietnam. JATI – Journal of Southeast Asian Studies, v. 29, n. 1, p. 46-67, 2024. DOI: <https://doi.org/10.22452/jati.vol29no1.3>

KOLLER, W. Chemical approaches to managing plant pathogens. In: RUBERSON, J. R. (Ed.). Handbook of integrated pest management. New York: M. Dekker, 1999. p. 337-376.

LOBO JUNIOR, M.; MACHADO-ROSA, T. A.; GERALDINE, A. M. Uso de Trichoderma na cultura do feijão-comum. In: MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. da (Org.). Trichoderma: uso na agricultura. Brasília, DF: Embrapa, 2019. v. 1, p. 393-406.

MEIRA, C.A.A.; RODRIGUES, L.H.A.; MORAES, S.A. Análise da epidemia da ferrugem do cafeeiro com árvore de decisão. Trop. Plant Pathol. 2008, 33, 114–124.

PETEK, Marcos Rafael et al. Seleção de progênies de Coffea arabica com resistência simultânea à mancha aureolada e à ferrugem alaranjada. Bragantia, v. 65, p. 65-73, 2006.

PINTO, A.C.S.; POZZA, E.A.; SOUZA, P.E.; POZZA, A.A.A.; TALAMINI, V.; BOLDINI, J.M.; SANTOS, F.S. Description of epidemics of coffee rust with neural networks. Fitopatol. Bras. 2002, 27, 517–524

PINTO, A. F. et al. Coffee rust forecast systems: development of a warning platform for coffee rust incidence. Agronomy, v. 11, n. 11, p. 2284, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11112284>.

POZZA, E. A. et al. Sistemas de previsão de ferrugem do café: desenvolvimento de uma plataforma de alerta em um estado de Minas Gerais, Brasil. Agronomia, v. 11, p. 2284, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomia11112284>.

REIS, E. M.; CASA, R. T.; BIANCHIN, V. Controle de doenças de plantas pela rotação de culturas. Summa Phytopathol., v. 37, n. 3, p. 85–91, jul. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-54052011000300001>

SALCEDO-SARMIENTO, S. et al. Elucidating the interactions between the rust Hemileia vastatrix and a Calonectria mycoparasite and the coffee plant. Iscience, v. 24, n. 4, 2021.

SANTOS, R. et al. Trichoderma spp. and Bacillus subtilis for control of Dactylonectria macrodidyma in grapevine. Phytopathologia Mediterranea, v. 55, n. 2, p. 293-300, 2016.

SOUZA, L. M.; MINUZZI, V.; ENGEL, E.; SOUZA, F. P.; MURARO, R. S.; PASINI, M. P. B. Sobrevivência de percevejos em plantas hospedeiras durante entressafra – ano VI. Revista Interdisciplinar de Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 7, 2019.

VENTURA, J. A.; COSTA, H.; SANTANA, E. N.; MARTINS, M. V. V. Diagnóstico e manejo das doenças do cafeeiro conilon. In: FERRÃO, R. G. et al. (Eds.). Café Conilon. Vitória, ES: Incaper, 2007. Cap. 17, p. 451-497.

WASSIE, A. K. Manejo Integrado de Doenças na Murcha do Café Causada por Fusarium Xylarioides e sua Revisão de Opções de Manejo. Agri Res& Tech: Open Access J. 2019.