MUDANÇAS CLIMÁTICAS COMO POSSÍVEL FATOR DE RISCO PARA O CANCRO DOS RAMOS DO CAFEEIRO NO ESPÍRITO SANTO

Gabriel de Azevedo Duarte, Otavio Brandão Oliosi, João Pedro Martins Marconsine, Micaela Bravim Barrozo, Yasmim Rodrigues de Melo, 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, 29500-000 – Alegre – ES, Brasil, gabriel4181043@gmail.com, oliosib07@gmail.com, marconsine2407@gmail.com, micaelabravim07@gmail.com, yasmimmelor@gmail.com, simonepaivabucker@gmail.com, willian.moraes@ufes.br.

Resumo

O cancro dos ramos do cafeeiro (CRC), causado por um conjunto de espécies de *Fusarium* (*F. solani*, *F. decemcellulare* e *F. lateritium*), é uma doença com relato recente que causa perdas relevantes de produção em café *conilon* no Espírito Santo. Embora as mudanças climáticas já estejam associadas ao aumento de diversas doenças fúngicas em plantas, não há estudos que relacionem diretamente esse fator ao CRC. Objetivou-se com este trabalho revisar a literatura científica sobre a influência das mudanças climáticas no gênero *Fusarium*, a fim de discutir, por analogia, as mudanças climáticas como possível fator de risco para o aumento do CRC no Espírito Santo. Foi realizada uma revisão narrativa da literatura em bases como Google Scholar, SciELO e Periódicos CAPES. Os resultados mostram que espécies de *Fusarium* respondem à temperatura, ao CO_2 e à disponibilidade hídrica, alterando sua distribuição geográfica, virulência e composição em campo. Conclui-se que as mudanças climáticas podem representar um possível fator de risco para o agravamento do CRC no Espírito Santo, permanecendo como hipótese a ser testada sua eventual expansão para outras regiões produtoras de café no Brasil.

Palavras-chave: *Fusarium* spp. Aquecimento global. Fitopatologia. Doença emergente.

Área do Conhecimento: Ciências Agrárias – Agronomia

Introdução

As mudanças climáticas globais representam uma ameaça crescente à sanidade vegetal, alterando a dinâmica de interação entre patógenos, hospedeiros e ambiente. Estima-se que aumentos de temperatura e alterações no regime de chuvas favoreçam a ocorrência de fungos, vírus e vetores fitopatogênicos, com projeções indicando que cerca de 46% das doenças agrícolas no Brasil devem se tornar mais severas até o ano de 2100, sendo os fungos os patógenos mais recorrentes, presentes em quase 80% dos casos avaliados (Ghini; Hamada, 2008).

A cafeicultura é uma das atividades agrícolas mais sensíveis a esse contexto. O Espírito Santo destaca-se como o maior produtor nacional de café *conilon* (*Coffea canephora*), cultura de grande relevância socioeconômica para o estado, respondendo por parcela expressiva do Produto Interno Bruto agrícola capixaba (CONAB, 2025). A relação entre variáveis climáticas e a ocorrência de doenças fúngicas do cafeeiro já é bem documentada na literatura, sobretudo para patógenos como *Hemileia vastatrix* (ferrugem) e *Cercospora coffeicola* (cercosporiose), cuja severidade está diretamente associada à temperatura e à umidade do ambiente de cultivo.

Nesse contexto, destaca-se o cancro dos ramos do cafeeiro (CRC), doença descrita recentemente por Belan et al. (2018), causada por um conjunto de espécies de *Fusarium*, entre elas *F. solani*, *F. decemcellulare* e *F. lateritium*, responsáveis por redução do vigor, murcha e amarelecimento das folhas, desfolha, escurecimento dos tecidos vasculares, seca e morte de ramos plagiotrópicos e ortotrópicos, culminando na morte das plantas (Belan et al., 2018, 2019); em variedades susceptíveis, observações de campo do grupo indicam que essa doença pode causar danos expressivos à produção.

Por se tratar de uma doença de descrição recente, ainda não há, em todo o Brasil, estudos que relacionem diretamente as mudanças climáticas ao seu aumento. Contudo, a literatura já demonstra que espécies do gênero *Fusarium* apresentam forte sensibilidade a variações de temperatura, CO_2 e disponibilidade hídrica, fatores que influenciam tanto a virulência do patógeno quanto a suscetibilidade do hospedeiro (Timmusk et al., 2020), padrão observado inclusive em outras doenças de cancro causadas por espécies do mesmo gênero, como o cancro-da-resina em pinheiros, causado por *Fusarium circinatum*, cuja gravidade está associada a temperaturas mais altas e maior umidade (Quesada et al., 2019).

Diante desse cenário, o presente trabalho tem como objetivo revisar a literatura científica disponível sobre a influência das mudanças climáticas na ocorrência de doenças fúngicas em plantas, com ênfase no gênero *Fusarium*, a fim de discutir, por meio de evidências indiretas e analogias com patossistemas correlatos, as mudanças climáticas como possível fator de risco associado ao aumento do cancro dos ramos do cafeeiro no Espírito Santo.

Metodologia

A pesquisa bibliográfica foi realizada nas bases Google Scholar, SciELO e Periódicos CAPES, além de publicações técnicas da Embrapa, utilizando termos em português e inglês relacionados ao cancro dos ramos, *Fusarium*, cafeeiro e mudanças climáticas. Foram priorizados artigos revisados por pares e materiais técnico-científicos de instituições reconhecidas, sem restrição temporal para estudos sobre a etiologia do CRC, devido à limitada literatura disponível. Na ausência de trabalhos que relacionassem diretamente as mudanças climáticas ao aumento da doença, a discussão foi fundamentada em estudos sobre a resposta de espécies de *Fusarium* às variações climáticas em outros patossistemas.

Resultados

A diversidade do gênero *Fusarium* é determinada principalmente por fatores climáticos, com influência superior à exercida pelo solo ou pela vegetação (Nikitin et al., 2023). Entre os principais componentes climáticos capazes de afetar o gênero estão a concentração atmosférica de CO_2, a temperatura e a disponibilidade hídrica, que podem alterar a sobrevivência do patógeno, sua virulência e sua interação com o hospedeiro. Essa resposta, entretanto, varia entre as espécies: *F. asiaticum* apresenta maior ocorrência em regiões com temperaturas superiores a 22 °C, enquanto *F. acuminatum* e *F. culmorum*, associados a climas temperados, apresentam limitações de desenvolvimento em temperaturas acima de 25 °C (Nikitin et al., 2023). A importância dessas respostas climáticas é especialmente relevante considerando que *Fusarium* está entre os dez gêneros de fungos fitopatogênicos mais importantes do mundo. Na giberela do trigo, causada por um complexo que pode envolver cerca de 20 espécies do gênero, os surtos mais severos estão associados a anos quentes e úmidos, podendo ocasionar perdas de até 75% (Timmusk et al., 2020).

Estudos de modelagem geográfica reforçam a influência do clima sobre a distribuição de espécies de *Fusarium*. A partir de aproximadamente 1.900 pontos de ocorrência de *F. oxysporum*, a temperatura média anual foi identificada como uma das variáveis mais determinantes para sua distribuição, com projeções indicando expansão de áreas climaticamente favoráveis até 2050 e 2070 (Alkhalifah et al., 2023). De forma semelhante, a modelagem de cinco espécies de *Fusarium* associadas ao trigo na Itália indicou alterações em sua distribuição geográfica sob cenários futuros de aquecimento, acompanhadas de aumento geral da incidência da doença (Infantino et al., 2023).

A concentração de CO_2 e a disponibilidade hídrica também influenciam espécies de *Fusarium*, especialmente quando associadas às alterações de temperatura. Sob condições combinadas de CO_2 elevado, aumento da temperatura e estresse hídrico, diferentes espécies apresentam respostas distintas; *F. verticillioides*, por exemplo, manteve crescimento e produção de toxinas mais estáveis do que outras espécies avaliadas (Medina et al., 2017). Além disso, a interação entre essas condições ambientais pode favorecer a produção de micotoxinas por espécies do gênero (Zingales et al., 2022).

Em condições de campo, as variações climáticas podem modificar não apenas a intensidade das doenças, mas também a composição das populações de *Fusarium*. Em cultivos de trigo na Itália, o clima regional apresentou associação mais expressiva com a quantidade de *Fusarium* presente nos grãos do que fatores como manejo do solo ou cultivar, sendo observada maior severidade em locais mais chuvosos e úmidos, com temperaturas mais baixas (Scala et al., 2016).

Experimentos simulando condições climáticas futuras em resíduos de trigo também demonstraram alterações na composição das comunidades fúngicas, incluindo o surgimento de espécies que não foram detectadas nas condições climáticas atuais (Wahdan et al., 2020).

Diante dessas evidências, as mudanças climáticas vêm sendo consideradas um componente relevante na epidemiologia e no manejo de doenças causadas por *Fusarium*. A compreensão da epidemiologia da murcha de Fusário sob cenários de mudança climática tem sido apontada como necessária para orientar o desenvolvimento de variedades resistentes (Lal et al., 2024). Em cultivos perenes, como o cafeeiro, alterações climáticas também podem reduzir áreas climaticamente adequadas à cultura e aumentar o estresse das plantas, condição potencialmente associada a maior suscetibilidade a infecções por *Fusarium* (Adhikari et al., 2020).

Discussão

Os resultados mostram que *Fusarium* é um gênero climaticamente sensível, com resposta documentada em várias escalas: ecológica, geográfica, fisiológica (in vitro) e de campo. Isso dá base para discutir o cancro dos ramos do cafeeiro (CRC), causado por um conjunto de espécies de *Fusarium* (*F. solani*, *F. decemcellulare* e *F. lateritium*), mesmo sem nenhum estudo direto relacionando clima ao aumento da doença.

O primeiro ponto é a sensibilidade térmica do gênero. Se espécies como *F. oxysporum* já mostram expansão de área projetada com o aquecimento (Alkhalifah et al., 2023), e espécies de *Fusarium* em trigo já mudam de distribuição sob cenários climáticos futuros (Infantino et al., 2023), é razoável supor que as espécies causadoras do CRC também respondam ao clima, ainda que de forma diferente entre si, já que, como mostrado por Nikitin et al. (2023), cada espécie de *Fusarium* tem seu próprio ótimo de temperatura.

O segundo ponto é o estresse do hospedeiro. Adhikari et al. (2020) discutem que a redução da área climaticamente apta ao café pode potencialmente estar associada a maior estresse da planta e suscetibilidade a *Fusarium*. Esse caminho não depende da resposta térmica direta do patógeno: mesmo que as espécies do CRC não respondam fortemente ao calor, cafeeiros mais estressados por condições climáticas ruins tendem a ficar mais vulneráveis a patógenos associados a ferimentos e estresse, que é justamente o caso do CRC.

Por fim, os dados sobre CO_2 e disponibilidade hídrica reforçam esse quadro. Medina et al. (2017) e Zingales et al. (2022) mostram que espécies de *Fusarium* respondem de forma distinta a condições climáticas combinadas, com algumas mantendo crescimento e produção de toxinas mais estáveis do que outras sob a mesma pressão climática. Isso indica que o gênero tem plasticidade suficiente para se adaptar a diferentes cenários climáticos, o que dá mais peso à hipótese de que as espécies causadoras do CRC também tenham essa capacidade de resposta, mesmo sem dados diretos sobre as três espécies envolvidas.

É importante deixar claro que essa é uma construção por analogia, não uma relação causal comprovada. Cada elo do raciocínio (do gênero para a espécie, da espécie para o complexo do CRC) soma incerteza. Ainda assim, a convergência de evidências (sensibilidade térmica do gênero, precedentes de mudança de distribuição em espécies próximas, aumento de suscetibilidade do hospedeiro sob estresse climático e plasticidade do gênero frente a fatores climáticos combinados) sustenta a hipótese de que as mudanças climáticas sejam um possível fator de risco para o aumento do CRC no Espírito Santo, e reforça a necessidade de estudos diretos sobre o tema.

Conclusão

A literatura confirma que o gênero *Fusarium* responde a fatores climáticos como temperatura, CO_2 e disponibilidade hídrica, alterando não só sua virulência, mas também sua área de distribuição, como mostram os estudos de modelagem geográfica revisados neste trabalho. Não existe, porém, nenhum estudo que relacione diretamente as mudanças climáticas ao cancro dos ramos do cafeeiro (CRC).

As evidências disponíveis sugerem que as mudanças climáticas podem favorecer o agravamento do CRC no Espírito Santo, considerando a resposta já observada de espécies de *Fusarium* às alterações climáticas. A possível expansão do CRC para outras regiões cafeeiras do Brasil permanece uma hipótese a ser testada, uma vez que não decorre diretamente das evidências aqui revisadas, referentes

a outras espécies de Fusarium. No entanto, essa relação ainda carece de comprovação direta para o CRC.

Referências

ADHIKARI, M. et al. A review of potential impacts of climate change on coffee cultivation and mycotoxigenic fungi. **Microorganisms**, v. 8, n. 10, p. 1625, 2020.

ALKHALIFAH, D. H. M. et al. Fungus under a changing climate: modeling the current and future global distribution of *Fusarium oxysporum* using Geographical Information System data. **Microorganisms**, v. 11, n. 2, p. 468, 2023.

BELAN, L. L. et al. Análise espaço-temporal da murcha de *Fusarium* em plantas de cafeeiro conilon clone CV-02 da variedade Vitória – INCAPER 8142. *In*: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 10., 2019, Vitória. **Anais [...]**. Vitória: Embrapa Café, 2019.

BELAN, L. L. et al. First report of *Fusarium* species associated with *Fusarium* wilt in *Coffea canephora* plants in Brazil. **Plant Disease**, v. 102, n. 9, p. 1859, 2018.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de café**. Brasília, DF, v. 12, n. 4, quarto levantamento, dez. 2025. Disponível em: https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-cafe. Acesso em: 7 jul. 2026.

GHINI, R.; HAMADA, E. (ed.). **Mudanças climáticas**: impactos sobre doenças de plantas no Brasil. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 331 p.

INFANTINO, A. et al. Effects of climate change on the distribution of *Fusarium* spp. in Italy. **Science of the Total Environment**, v. 882, art. 163640, 2023.

LAL, D. et al. *Fusarium* wilt pandemic: current understanding and molecular perspectives. **Functional & Integrative Genomics**, v. 24, art. 41, 2024.

MEDINA, A. et al. Climate change, food security and mycotoxins: do we know enough? **Fungal Biology Reviews**, v. 31, n. 3, p. 143–154, 2017.

NIKITIN, D. A. et al. Diversity, ecological characteristics and identification of some problematic phytopathogenic *Fusarium* in soil: a review. **Diversity**, v. 15, n. 1, p. 49, 2023.

QUESADA, T. et al. Response to temperature and virulence assessment of *Fusarium circinatum* isolates in the context of climate change. **Forests**, v. 10, n. 1, p. 40, 2019.

SCALA, V. et al. Climate, soil management, and cultivar affect *Fusarium* head blight incidence and deoxynivalenol accumulation in durum wheat of Southern Italy. **Frontiers in Microbiology**, v. 7, art. 1014, 2016.

TIMMUSK, S. et al. Fighting *Fusarium* pathogens in the era of climate change: a conceptual approach. **Pathogens**, v. 9, n. 6, p. 419, 2020.

WAHDAN, S. F. M. et al. Future climate significantly alters fungal plant pathogen dynamics during the early phase of wheat litter decomposition. **Microorganisms**, v. 8, n. 6, p. 908, 2020.

ZINGALES, V. et al. Climate change and effects on molds and mycotoxins. **Toxins**, v. 14, n. 7, p. 445, 2022.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Laboratório de Epidemiologia e Manejo de Doenças de Plantas Agrícolas e Florestais (LEMP) e ao Núcleo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Manejo Fitossanitário de Pragas e Doenças (NUDEMAFI), da Universidade Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre, pela infraestrutura para realização deste estudo, e à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.