COFFEA CANEPHORA EM ALTITUDES DE TRANSIÇÃO: O QUE REVELA A BIBLIOMETRIA

Isabela Bolari Ramos[1], Leonardo Demier Cardoso[2], João Felipe de Brites Senra[3], Marcia Flores da Silva Ferreira[1]

[1]Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) - Alto Universitário, s/n°, Guararema, 29500-000, Alegre-ES, Brasil, isabelabolari@outlook.com, marcia.ferreira@ufes.br
[2]Instituto Federal do Espírito Santo, Rua Augusto Costa de Oliveira, 660, Centro – 29285-000 – Piúma-ES, Brasil, leonardo.demier@ifes.edu.br.
[3]Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER/CPDI Sul) - Rodovia João Domingo Zago, Km 2,5, Pacotuba, 29323-000, Cachoeiro de Itapemirim-ES, Brasil, joao.senra@incaper.es.gov.br

Resumo
As mudanças climáticas podem alterar a aptidão das áreas produtoras de *Coffea canephora*. Este estudo realizou uma análise bibliométrica sobre *C. canephora*, altitude, condições ambientais e mudanças climáticas, com base em publicações indexadas na Scopus e Web of Science entre 2010 e 2025. Após a triagem, 86 documentos foram analisados no R, com o pacote bibliometrix. Os resultados indicaram crescimento da produção científica, porém a altitude apresentou baixa centralidade no corpus analisado. Além disso, poucos estudos abordaram cultivos acima de 500 m, especialmente na faixa de transição entre 500 e 700 m. Conclui-se que há lacuna de estudos integrados nessa faixa altitudinal, sobretudo para subsidiar o melhoramento genético e a adaptação da cafeicultura às mudanças climáticas.

Palavras-chave: Café conilon. Mudanças climáticas. Bibliometria. Melhoramento genético.

Área do Conhecimento: Ciências Agrárias – Agronomia.

Introdução

As mudanças climáticas representam uma das maiores ameaças à cafeicultura global. O café é cultivado em mais de 70 países e representa o meio de subsistência de milhões de agricultores, a maioria pequenos produtores de países em desenvolvimento (Kath *et al.*, 2022; Bunn *et al.*, 2015). A seca e as altas temperaturas são consideradas os principais estresses abióticos que afeta a produção de café na maioria dos países. Em regiões marginais sem irrigação, as quedas de produtividade podem chegar a 80% em anos muito secos (DaMatta *et al.*, 2018).

A espécie *Coffea canephora* Pierre ex Froehner, mais conhecida como Conilon ou Robusta, possui diversas características importantes, entre elas a tolerância a altas temperaturas e a adaptação a baixas altitudes (Ferrão *et al.*, 2024). No entanto, um estudo de Magrach e Ghazoul (2015) sugere que muitas das áreas atualmente cultivadas com essa espécie se tornarão menos adequadas ao cultivo devido aos impactos das mudanças climáticas. Segundo os autores, a espécie pode perder 55% das áreas atualmente adequadas, principalmente na África Ocidental e no sudeste do Brasil. Esse cenário é muito alarmante, pois o estado do Espírito Santo, localizado no sudeste brasileiro, é o maior produtor de *C. canephora* do país, sendo responsável por 70% da produção nacional e mais de 40% da produção mundial (Adunola *et al.*, 2024).

Diante da vulnerabilidade da cafeicultura capixaba às mudanças climáticas, torna-se necessário ampliar as pesquisas sobre o desempenho de *C. canephora* em ambientes diferentes daqueles tradicionalmente explorados pela cultura. Nesse contexto, regiões acima de 500 m de altitude, antes consideradas marginais para o cultivo de conilon, têm sido avaliadas como alternativas viáveis, especialmente onde a espécie pode complementar ou substituir o cultivo de *Coffea arabica* diante das limitações climáticas impostas a essa espécie (Jordaim *et al.*, 2025). No entanto, os estudos e programas de melhoramento ainda se concentram em baixas altitudes, deixando pouco explorada a faixa de transição entre 500 e 700 m, relevante para a seleção de genótipos adaptados e para estratégias de adaptação climática.

Assim, esta revisão sistemática tem como objetivo realizar uma análise bibliométrica da produção científica sobre *C. canephora*, mudanças climáticas e altitude, a fim de identificar lacunas de conhecimento e evidenciar a escassez de pesquisas voltadas à faixa de altitude de transição, subsidiando futuros programas de melhoramento genético e estratégias de adaptação da cafeicultura.

Metodologia

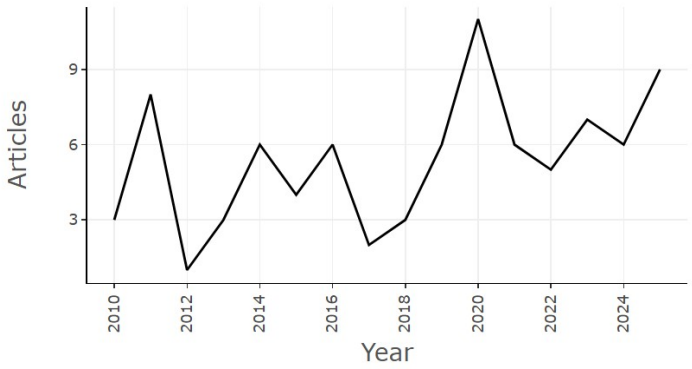
A coleta de daos foi realizada em abril de 2026, nas bases Scopus (Elsevier) e Web of Science (Clarivate Analytics). A estratégia de busca foi construída com operadores booleanos e aplicada nos campos título, resumo e palavras-chave, utilizando a seguinte combinação de descritores: ("*Coffea canephora*" OR "conilon" OR "robusta" OR "café conilon") AND ("climate change" OR "global warming" OR "altitude" OR "elevation" OR "temperature" OR "water stress") AND ("Espírito Santo" OR "Brazil" OR "Southeast Brazil").

Foram incluídos no estudo artigos originais de periódicos, artigos de revisão e capítulos de livro, publicados no período de 2010 a 2025, nos idiomas inglês, português e espanhol, restritos a trabalhos de acesso aberto (*open access*). Os documentos foram exportados para o software R (versão 4.0.5) e gerenciados com o pacote bibliometrix (Aria; Cuccurullo, 2017). Após a importação dos registros das duas bases, procedeu-se à remoção automática de duplicatas. Em seguida, os registros remanescentes foram avaliados por meio da leitura dos títulos e resumos, considerando sua aderência ao escopo da pesquisa. Foram mantidos os documentos que abordavam *Coffea canephora* em associação com mudanças climáticas, altitude, elevação, temperatura, estresse hídrico ou condições ambientais relacionadas ao cultivo no Brasil, com ênfase no Espírito Santo. Foram excluídos os trabalhos que não apresentavam relação direta com a espécie estudada, com o contexto ambiental investigado ou com os objetivos da análise.

Resultados

A busca inicial resultou na identificação de 128 documentos. Após a remoção de duplicatas e a aplicação dos critérios de inclusão, 86 estudos foram selecionados para análise. A produção científica anual demonstrou crescimento no período de 2010 a 2025, com o número de publicações variando entre três e onze artigos por ano e o pico de onze artigos registrado em 2020 (Figura 1).

Figura 1 - Produção científica anual sobre *Coffea canephora*, mudanças climáticas, altitude e condições ambientais no período de 2010 a 2025.



Fonte: Bibliometrix (Aria; Cuccurullo, 2017)

A distribuição das publicações entre os dez periódicos e as dez afiliações institucionais mais produtivas é apresentada na Tabela 1. Observa-se concentração da produção em revistas especializadas em cafeicultura e ciências agrárias, com destaque para a Coffee Science, responsável por onze artigos. Os demais periódicos do ranking apresentaram três publicações ou menos. No âmbito institucional, a Universidade Federal do Espírito Santo concentrou o maior número de artigos, com doze publicações, seguida pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, com quatro artigos. Também

se destacaram instituições capixabas, como o Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) e o Instituto Federal do Espírito Santo (IFES).

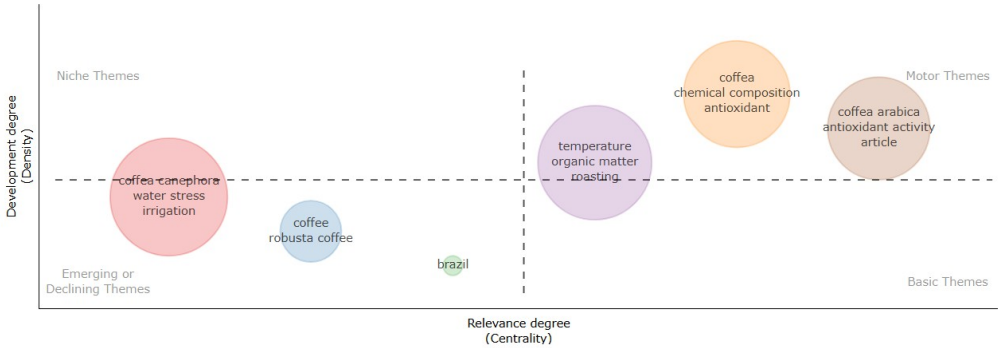
Tabela 1 - Estudos científicos sobre *Coffea canephora* cultivado em altitudes superiores a 500 m identificados na análise bibliométrica.

Periódico	**N. de artigos**	**Afiliação institucional**	**N. de artigos**
Coffee Science	11	Universidade Federal do Espírito Santo	12
Agronomy	3	Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia	4
Ciência Rural	3	Incaper	3
Revista Ciência Agronômica	3	Instituto Federal do Espírito Santo	3
Scientific Reports	3	Universidade Federal do Espírito Santo/UFES	3
Semina: Ciências Agrárias	3	Centro de Ciências Agrárias	2
Agroforestry Systems	2	Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo	2
Australian Journal of Crop Science	2	Centro de Pesquisa Agroflorestal de Rondônia	2
Genetics and Molecular Research	2	Centro Universitário Norte do Espírito Santo	2
Irriga	2	Universidade Federal de Lavras	2

*As afiliações foram mantidas conforme extraídas das bases de dados, podendo haver variações de nomenclatura institucional para uma mesma instituição. Fonte: Bibliometrix (Aria; Cuccurullo, 2017)

O mapa temático (Figura 2) revelou que os temas da área são "*coffee canephora* water stress irrigation" e "*coffee arabica* antioxidant activity". Por outro lado, temas como "temperature organic matter roasting" aparecem como temas de nicho, com menor densidade e centralidade. O termo "altitude" não figurou como tema central no período analisado.

Figura 2 - Mapa temático da produção científica recuperada nas bases Scopus e Web of Science.



Fonte: Bibliometrix (Aria; Cuccurullo, 2017)

A análise manual dos títulos e resumos dos 86 estudos revelou que apenas seis trabalhos mencionam explicitamente o cultivo de *C. canephora* em altitudes iguais ou superiores a 500 m (Tabela 2). Desses, quatro foram realizados no Espírito Santo, sendo um deles abrangendo múltiplas localidades capixabas, um no Rio de Janeiro, e um no Distrito Federal.

Tabela 2 - Estudos que mencionam o cultivo de *Coffea canephora* em altitudes iguais ou superiores a 500 m.

Referência	Altitude (m)	Local	Foco principal
Barbosa et al., 2014	725	Rio de Janeiro - RJ	Estabilidade produtiva
Silva et al., 2025	1.050	Distrito Federal - DF	Parâmetros genéticos sob irrigação
Senra et al., 2023	700	Espírito Santo - ES	Crescimento inicial
Pereira et al., 2021	600	Espírito Santo - ES	Microbiota e fermentação
Pinheiro et al., 2019	720	Espírito Santo - ES	Composição química e sensorial
Filete et al., 2022	514-866	Espírito Santo - ES	Terroir e fermentação induzida

Fonte: elaborado pelos autores.

Discussão

Os resultados mostram que, entre 2010 e 2025, aumentou o número de estudos sobre *C. canephora* relacionados às mudanças climáticas, às condições ambientais e à altitude. No entanto, esse avanço ainda não resultou em um conjunto consistente de pesquisas voltadas especificamente à faixa de transição altitudinal de 500 a 700 m no estado. Esse cenário merece atenção, uma vez que projeções climáticas indicam redução expressiva da aptidão de áreas tradicionalmente cultivadas com café, especialmente em regiões mais quentes e de menor altitude, reforçando a necessidade de estratégias de adaptação produtiva e genética para a cultura (Bunn *et al.*, 2015).

A concentração das publicações em periódicos especializados, bem como a recorrência de autores e instituições capixabas entre os mais produtivos, demonstra que existe uma base científica regional importante sobre *C. canephora*. Entretanto, o mapa temático indicou que os principais eixos de investigação se organizam em torno de temas como estresse hídrico, irrigação, composição química e qualidade do café, enquanto “altitude” não se destacou como tema central no corpus analisado. Em análises bibliométricas, os mapas temáticos são construídos a partir da estrutura de coocorrência de palavras-chave, e a posição dos temas reflete seu grau de desenvolvimento interno e sua relevância na organização do campo científico (Aria; Cuccurullo, 2017; Cobo *et al.*, 2011). Assim, a ausência de “altitude” entre os núcleos temáticos mais expressivos sugere que esse assunto ainda não ocupa papel estruturante na produção científica recuperada.

Essa baixa centralidade contrasta com a crescente relevância agronômica das altitudes intermediárias para a cafeicultura capixaba. A plasticidade fenotípica e a ampla variabilidade genética de *C. canephora* indicam potencial para a identificação de genótipos adaptados a ambientes alternativos e condições edafoclimáticas distintas daquelas tradicionalmente associadas ao cultivo da espécie (Ferrão *et al.*, 2024). Nesse contexto, estudos voltados a ambientes de maior altitude tornam-se estratégicos para compreender a resposta dos genótipos e subsidiar programas de melhoramento direcionados à adaptação climática.

A análise manual dos trabalhos incluídos mostrou que os estudos em altitudes iguais ou superiores a 500 m ainda são poucos e apresentam enfoques fragmentados. Barbosa *et al.* (2014), por exemplo, avaliaram adaptabilidade e estabilidade produtiva de variedades de conilon a 725 m no Rio de Janeiro, identificando diferenças genotípicas relevantes para regiões de altitude elevada. Senra *et al.* (2023) investigaram o desempenho inicial e a diversidade genética de genótipos cultivados em altitudes contrastantes de 140 e 700 m, evidenciando a influência do ambiente sobre características morfofisiológicas. Esses estudos demonstram a importância da altitude como fator de diferenciação agronômica, mas não abrangem, simultaneamente, produtividade, qualidade da bebida e parâmetros genéticos aplicados à seleção em ambientes de transição.

Outros trabalhos concentram-se na qualidade físico-química, sensorial ou fermentativa do café cultivado em maiores altitudes. Pinheiro *et al.* (2019) avaliaram 21 genótipos de *C. canephora* cultivados a 720 m no Espírito Santo e demonstraram a existência de variação físico-química e sensorial entre os materiais. Pereira *et al.* (2021) verificaram que a altitude e a face de exposição do terreno influenciam a composição química dos frutos e as características sensoriais da bebida. De forma complementar,

Filete *et al.* (2022) analisaram cafés de diferentes municípios capixabas, em altitudes entre 376 e 866 m, destacando a interação entre ambiente, fermentação e qualidade sensorial. Embora relevantes, esses estudos se concentram predominantemente no conceito de qualidade e terroir, sem integrar de maneira direta os componentes agronômicos, genéticos e moleculares necessários à seleção de materiais adaptados.

Dessa forma, os achados desta análise indicam que a faixa de 500 a 700 m representa uma frente de pesquisa ainda insuficientemente explorada no contexto de *C. canephora*. Mais do que uma limitação quantitativa no número de publicações, observa-se uma lacuna de integração temática: os estudos disponíveis tendem a abordar separadamente desempenho agronômico, qualidade sensorial, fermentação, estabilidade ou diversidade genética. Assim, futuras pesquisas devem priorizar abordagens integradas em altitudes de transição, capazes de gerar evidências mais consistentes para a seleção de genótipos e para o planejamento da cafeicultura capixaba em cenários de mudanças climáticas.

Conclusão

A análise bibliométrica indicou crescimento das pesquisas sobre *Coffea canephora* associadas às condições ambientais e às mudanças climáticas entre 2010 e 2025. Contudo, a altitude apresentou baixa centralidade no corpus analisado, e os estudos em áreas acima de 500 m ainda são escassos e fragmentados. A principal lacuna identificada refere-se à ausência de abordagens integradas para a faixa de transição entre 500 e 700 m no Espírito Santo. Assim, futuras pesquisas devem articular desempenho agronômico, qualidade da bebida, composição química e parâmetros genéticos, subsidiando a seleção de genótipos adaptados às mudanças climáticas.

Referências

ADUNOLA, P. et al. A comparison of genomic and phenomic selection methods for yield prediction in *Coffea canephora*. **The Plant Phenome Journal**, v. 7, e20109, 2024. DOI\; https://doi.org/10.1002/ppj2.20109. Disponível em: https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ppj2.20109. Acesso em: 08 abr. 2026.

ARIA, M.; CUCCURULLO, C. Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of Informetrics**, v. 11, n. 4, p. 959-975, 2017. DOI: https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751157717300500. Acesso em: 08 abr. 2026.

BARBOSA, D. H. G. S. et al. Adaptability and stability of conilon coffee in areas of high altitude. **Genetic Molecular Research**, v. 13, n. 3, p. 7879-7888, 2014. DOI: https://doi.org/10.4238/2014.september.26.26. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25299102/. Acesso em: 08 abr. 2026.

BUNN, C. et al. A bitter cup: climate change profile of global production of Arabica and Robusta coffee. **Climatic Change**, v. 129, p. 89-101, 2015. DOI: https://doi.org/10.1007/s10584-014-1306-x. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-014-1306-x. Acesso em: 8 abr. 2026.

COBO, M. J. et al. Science Mapping Software Tools: Review, analysis, and cooperative study among tools. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 62, n. 7, p. 1382-1402, 2011. DOI: https://doi.org/10.1002/asi.21525. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/asi.21525. Acesso em: 08 abr. 2026.

DaMATTA, F. M. et al. Physiological and agronomic performance of the coffee crop in the context of climate change and global warming: a review. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 66, n. 21, p. 5264-5274, 2018. DOI: https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b04537. Disponível em: https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jafc.7b04537. Acesso em: 08 abr. 2026.

FERRÃO, M. A. G. et al. Robust and smart: Inference on phenotypic plasticity of *Coffea canephora* reveals adaptation to alternative environments. **Crop Science**, v. 64, p. 2709-2724, 2024. DOI: https://doi.org/10.1002/csc2.21298. Disponível em: https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/csc2.21298. Acesso em: 08 abr. 2026.

FILETE, C. A. et al. The NewStandpoints for the Terroir of *Coffea canephora* from Southwestern Brazil: Edaphic and Sensorial Perspective. **Agronomy**, v. 12, n. 8, 2022. DOI: https://doi.org/10.3390/agronomy12081931. Disponível em: https://www.mdpi.com/2073-4395/12/8/1931. Acesso em: 08 abr. 2026.

JORDAIM, R. B. et al. Genotypic performance of *Coffea canephora* at transitional altitudes for climate-resilient coffee cultivation. **Horticulturae**, v. 11, n. 6, 595, 2025. DOI: https://doi.org/10.3390/horticulturae11060595. Disponível em: https://www.mdpi.com/2311-7524/11/6/595. Acesso em: 08 abr. 2026.

KATH, J. et al. Vapour pressure deficit determines critical thresholds for global coffee production under climate change. **Nature Food**, v. 3, p. 871-880, 2022. DOI: https://doi.org/10.1038/s43016-022-00614-8. Disponível em: https://www.nature.com/articles/s43016-022-00614-8. Acesso em: 8 abr. 2026.

MAGRACH, A.; GHAZOUL, J. Climate and pest-driven geographic shifts in global coffee production: Implications for forest cover, biodiversity and carbon storage. **PLoS ONE**, v. 10, n. 7, p. 1-15, 2015. DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0133071. Disponível em: https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0133071. Acesso em: 08 abr. 2026.

PEREIRA, P. V. et al. Microbial diversity and chemical characteristics of *Coffea canephora* grown in different environments and processed by dry method. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 37, n. 51, 2021. DOI: https://doi.org/10.1007/s11274-021-03017-2. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s11274-021-03017-2. Acesso em: 08 abr. 2026.

PINHEIRO, C. A. et al. Physico-chemical properties and sensory profile of *Coffea canephora* genotypes in high-altitudes. **Australian Journal of Crop Science**, v. 13, n. 12, p. 2046-2052, 2019. DOI: https://doi.org/10.21475/ajcs.19.13.12.p2060. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/338345687_Physico-chemical_properties_and_sensory_profile_of_Coffea_canephora_genotypes_in_high-altitudes. Acesso em: 08 abr. 2026.

SENRA, J. F. B. et al. Initial performance and genetic diversity of coffee trees cultivated under contrasting altitude conditions. **Scientia Agricola**, v. 80, e20220163, 2023. DOI: http://doi.org/10.1590/1678-992X-2022-0163. Disponível em: https://www.scielo.br/j/sa/a/qRYZn5nfBTy6GqKngXDzLgx/?lang=en. Acesso em: 08 abr. 2026.

SILVA, T.P.D. et al. Analysis of Agronomic and Genetic Components of Conilon Clones in an Irrigated Production System in the Central Cerrado. **Agronomy**, v. 15, n. 11, 2025. https://doi.org/10.3390/agronomy15112491. Disponível em: https://www.mdpi.com/2073-4395/15/11/2491. Acesso em: 08 abr. 2026.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, do edital FAPES/SEAG - Inovagro nº 03/2024, e do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento - UFES/Campus Alegre.