



Universidade Estadual de Goiás

Campus Anápolis de Ciências Exatas e Tecnológicas – Henrique Santillo

Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Naturais do Cerrado

RODRIGO FERNANDES DE SOUZA

**HISTÓRIA, CIÊNCIA E TECNOLOGIA: ESTUDOS AGRONÔMICOS E
AMBIENTAIS DA CAFEICULTURA NO CERRADO GOIANO**

Anápolis

2024

RODRIGO FERNANDES DE SOUZA

**HISTÓRIA, CIÊNCIA E TECNOLOGIA: ESTUDOS AGRONÔMICOS E
AMBIENTAIS DA CAFEICULTURA NO CERRADO GOIANO**

Tese apresentada ao programa de pós-graduação
em Recursos Naturais do Cerrado da Universidade
Estadual de Goiás para obtenção do título de
doutor em Recursos Naturais do Cerrado.

Orientador: Prof. Dr. Sandro Dutra e Silva.

Coorientador: Prof. Dr. Jadson Belem de Moura

Anápolis

2024

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UEG
com os dados fornecidos pelo autor.

SSO72	<p>Souza, Rodrigo Fernandes de HISTÓRIA, CIÊNCIA E TECNOLOGIA: ESTUDOS AGRONÔMICOS E AMBIENTAIS DA CAFEICULTURA NO CERRADO GOIANO / Rodrigo Fernandes de Souza; orientador Sandro Dutra e Silva; co-orientador Jadson Belém de Moura. -- Anápolis, 2024. 62 p.</p> <p>Tese (Doutorado – Programa de Pós Graduação Doutorado em Recursos Naturais do Cerrado (RENAC)) – Câmpus Central – Sede: Anápolis – CET, , Universidade Estadual de Goiás, 2024.</p> <p>1. História Ambiental. 2. Cafeicultura. 3. Cerrados Goianos. I. Dutra e Silva, Sandro, orient. II. Moura, Jadson Belém de, co-orient. III. Título.</p>
-------	---



Universidade
Estadual de Goiás



ESTADO DE GOIÁS
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS - UEG
COORDENAÇÃO STRICTO SENSU - RECURSOS NATURAIS DO CERRADO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM RECURSOS NATURAIS DO CERRADO

ATA DE DEFESA PÚBLICA DE MESTRADO Nº 15/2024

ATA DE DEFESA DE DOUTORADO

Aos 04 dias do mês de junho do ano de dois mil e vinte e quatro, a partir das 10hs por meio de videoconferência entre os componentes da banca, foi realizada a sessão de Banca de Defesa de Doutorado do discente RODRIGO FERNANDES DE SOUZA, que apresentou o trabalho intitulado "HISTÓRIA, CIÊNCIA E TECNOLOGIA: ESTUDOS AGRONÔMICOS E AMBIENTAIS DA CAFEICULTURA NO CERRADO GOIANO". A Banca Examinadora foi composta pelos seguintes Professores: Dr. Sandro Dutra e Silva (orientador), Dr. Jadson Belém de Moura (Coorientador PPGSTMA/UniEVANGELICA), Carlos de Melo e Silva Neto (avaliador interno RENAC/UEG), Dra. Joana D'arc Bardella Castro (avaliador interno/UEG), Dra. Aline Camyia (Avaliador externo-PPGSTMA/Universidade Evangélica de Goiás), Dra. Maisa França Teixeira (Avaliadora Externa - FACEG)

Os examinadores arguíram na ordem citada, tendo o candidato respondido **SATISFATORIAMENTE**. Às 12hs horas a Banca Examinadora passou a julgamento, em sessão secreta, tendo sido o candidato:

() aprovado (X) aprovado com sugestões de alterações () reprovado.

Observações: As considerações pontuais dos avaliadores foram encaminhadas para a finalização do trabalho de tese.

Reaberta a sessão, o Orientador proclamou o resultado e encerrou a sessão, da qual foi lavrada a presente ata que vai ser assinada por mim orientador e membros da banca examinadora. *Assinatura eletrônica

*Orientador: Dr. Sandro Dutra e Silva

Documento assinado digitalmente
gov.br RODRIGO FERNANDES DE SOUZA
Data: 13/06/2024 15:19:20-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Documento assinado digitalmente
gov.br CARLOS DE MELO E SILVA NETO
Data: 17/06/2024 14:03:40-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

*Examinador Interno: Dr. Carlos de Melo e Silva Neto

*Examinador Interno: Dra. Joana D'arc Bardella Castro

Documento assinado digitalmente
gov.br ALINE CRISTIANE KAMIYA
Data: 17/06/2024 14:13:52-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Documento assinado digitalmente
gov.br MAISA FRANCA TEIXEIRA
Data: 17/06/2024 14:45:21-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

*Examinador Externo: Dra. Aline Kamyia

*Examinador Externo: Dra. Maisa França Teixeira

*Discente: Rodrigo Fernandes de Souza



Documento assinado eletronicamente por **SANDRO DUTRA E SILVA, Professor (a)**, em 05/06/2024, às 10:52, conforme art. 2º, § 2º, III, "b", da Lei 17.039/2010 e art. 3ºB, I, do Decreto nº 8.808/2016.



Documento assinado eletronicamente por **JOANA D ARC BARDELLA CASTRO, Docente de Ensino Superior**, em 05/06/2024, às 15:54, conforme art. 2º, § 2º, III, "b", da Lei 17.039/2010 e art. 3ºB, I, do Decreto nº 8.808/2016.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site http://sei.go.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=1 informando o código verificador **60877999** e o código CRC **079BF72F**.

COORDENAÇÃO STRICTO SENSU - RECURSOS NATURAIS DO CERRADO
RODOVIA BR 153 S/N Qd.ÁREA Lt., KM 99 - Bairro ZONA RURAL - ANAPOLIS - GO - CEP 75132-903 - (62)3328-1151.



Referência: Processo nº 202400020001158



SEI 60877999

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DE TESES E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL (BDTD/UEG)

Na qualidade de titular dos direitos de autor / autora, autorizo a Universidade Estadual de Goiás a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UEG), regulamentada pela Resolução, **CsA n.1087/2019** sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

Estando ciente que o conteúdo disponibilizado é de inteira responsabilidade do autor / autora.

Dados do autor (a)

Nome Completo: Rodrigo Fernandes de Souza

E-mail: rodrigofunb@gmail.com

Dados do trabalho

Título: “História, ciência e tecnologia: estudos agronômicos e ambientais da cafeicultura no Cerrado goiano”

”

Tipo

(X) Tese () Dissertação

Curso/Programa: RENAC - RECURSOS NATURAIS DO CERRADO

Concorda com a liberação documento

[X] SIM


[] NÃO


Assinalar justificativa para o caso de impedimento e não liberação do documento:

- [] Solicitação de registro de patente;
- [] Submissão de artigo em revista científica;
- [] Publicação como capítulo de livro;
- [] Publicação da dissertação/tese em livro.

- ❖ Período de embargo é de **um ano** a partir da data de defesa, prorrogável por mais um ano.
- ❖ Em caso de não autorização, o período de embargo será de **até um ano** a partir da data de defesa, caso haja necessidade de exceder o prazo, deverá ser apresentado formulário de solicitação para extensão de prazo para publicação devidamente justificado, junto à coordenação do curso.

Anápolis, 04/06/2024.

Documento assinado digitalmente
 **RODRIGO FERNANDES DE SOUZA**
Data: 08/08/2024 21:15:18-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Documento assinado digitalmente
 **SANDRO DUTRA E SILVA**
Data: 08/08/2024 22:37:34-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura autor (a)

Assinatura do orientador (a)

Aos meus pais, à minha irmã, à minha
esposa e aos meus amados filhos Bento e
Théo, dedico.

AGRADECIMENTOS

Mais uma vez tenho a oportunidade de agradecer a todos aqueles que contribuíram de forma direta e indireta na conclusão de uma parte da minha vida acadêmica.

Primeiramente, gostaria de expressar minha profunda gratidão à minha esposa, Aryana, e aos meus filhos, Bento e Théo pelo tempo que precisei, de alguma forma, estar distante para a conclusão deste sonho.

Agradeço aos meus pais e irmã pelo apoio sempre demonstrado em atos e palavras que fizeram que eu pudesse manter-me firme no propósito.

À minha amada avó, Felina Oliveira, mulher de luta que, sem saber ler ou escrever, me inspira a cada dia. Seu neto é Doutor, vó!

Ao meu orientador, professor Dr. Sandro Dutra, cuja orientação, apoio e companheirismo foram inestimáveis ao longo deste processo. Sua dedicação e orientação foram fundamentais para moldar esta tese.

Agradeço ao amigo e coorientador, Dr. Jadson Moura, que ao longo de quase 13 anos de amizade tem me ensinado muito.

À minha orientada de Iniciação Científica Maria Eduarda, que se debruçou sobre os dados da História do café em Goiás e contribuiu significativamente com a construção deste trabalho.

Aos membros do Grupo de Pesquisa Solos, Ecologia e Dinâmica da Matéria Orgânica – SEDMO – que são verdadeiros tesouros na pesquisa científica do interior do país.

Ao Laboratório de História Ambiental dos Cerrados – LAHAC/UniEvangélica – pelas importantes contribuições no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* em Recursos Naturais do Cerrado da Universidade Estadual de Goiás pela oportunidade em cursar o nível de Doutorado nesta honrada Instituição de Ensino.

Aos amigos da Faculdade Evangélica de Goianésia, Maisa Teixeira, Ayure Gomes, Gustavo Brito, Érica Munique e Juliana Esmeralda pelo apoio incondicional durante esta jornada.

Ao professor Dr. José Mateus dos Santos, Diretor da Faculdade Evangélica de Goianésia pelo apoio dispensado para realização desta tese, principalmente com dados,

contatos e informações para o Capítulo I.

Agradeço também aos membros da minha banca examinadora por dedicarem seu tempo e conhecimento para avaliar este trabalho e oferecer sugestões valiosas para o seu aprimoramento.

Por fim, gostaria de expressar minha gratidão a todos os que, de uma forma ou de outra, contribuíram para este trabalho, mesmo que não mencionados aqui. Cada interação, conselho e encorajamento foram apreciados e contribuíram para o sucesso deste trabalho.

Meu muito obrigado!

“Se o café fosse um personagem literário, seria o protagonista de todas as histórias.”

Rubem Fonseca.

Nesta tese, ele é!

SUMÁRIO

RESUMO	10
ABSTRACT	11
INTRODUÇÃO GERAL	12
CAPÍTULO I.....	14
Introdução	15
Material e Métodos	17
Resultados e Discussão	19
Considerações finais	30
Notas	30
Referências.....	31
ARTIGO I.....	33
ARTIGO II	45

RESUMO

A cafeicultura emerge como um fenômeno central na dinâmica socioeconômica de Goiás a partir da década de 1920, influenciando não apenas a ocupação territorial, mas também as políticas públicas e o desenvolvimento de infraestrutura regional. O objetivo primário deste trabalho foi avaliar, a partir dos pressupostos teóricos a história ambiental do café no estado de Goiás, para se entender o desenvolvimento da região. No primeiro capítulo avaliou-se as publicações a partir da segunda década do século passado de jornais, revistas e demais fontes de divulgação de informação. Observou-se a importância das matas de Goiás, especialmente as regiões conhecidas como Matas de São Patrício e a região de Goianésia, na expansão da cafeicultura. Essas áreas, inicialmente consideradas impróprias para a agricultura pelas oligarquias locais, foram alvo de políticas de ocupação e colonização, impulsionadas pela disponibilidade de terras devolutas e pelo potencial agrícola do solo "ubérrimo". O declínio da cafeicultura na região a partir da década de 1960 evidencia a fragilidade desse modelo agrícola, que estava sujeito a flutuações de mercado e a fatores ambientais. No segundo capítulo realizamos uma análise cienciométrica que destacou os principais temas pesquisados relacionados a produção de café nos Cerrados. A análise dos trabalhos publicados identificou que a ênfase das pesquisas está nas práticas agrícolas, controle de pragas e doenças, melhorias na qualidade do fruto, bem como trabalhos relacionados aos microrganismos de solo, o que despertou o interesse em realizar o terceiro capítulo. Neste capítulo avaliamos a relação entre Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA) e as raízes de plantas de 35 genótipos de café. Observou-se que, de maneira geral, as variedades avaliadas demonstram a presença de diversos gêneros de FMA. A densidade de esporos de fungos no solo e a taxa de colonização nas raízes do cafeeiro são importantes pois são refletidas as interações entre as plantas e os microrganismos do solo, que são essenciais para a saúde e o desenvolvimento das plantas. A densidade de esporos de fungos micorrízicos no solo é um indicador da atividade e presença desses organismos no ambiente. Um aumento na densidade de esporos pode indicar um ambiente favorável para o desenvolvimento destes fungos, que geralmente está associado a condições saudáveis de solo e planta.

Palavras-chave: Cafeicultura, Cerrados, História Ambiental.

ABSTRACT

Coffee growing emerged as a central phenomenon in the socioeconomic dynamics of Goiás from the 1920s onwards, influencing not only territorial occupation, but also public policies and the development of regional infrastructure. The primary objective of this work was to evaluate, based on theoretical assumptions, the environmental history of coffee in the state of Goiás, to understand the development of the region. In the first chapter, publications from the second decade of the last century of newspapers, magazines and other sources of information dissemination were evaluated. The importance of the forests of Goiás, especially the regions known as Matas de São Patrício and the region of Goianésia, in the expansion of coffee farming was observed. These areas, initially considered unsuitable for agriculture by the local oligarchies, were the target of occupation and colonization policies, driven by the availability of vacant land and the agricultural potential of the "ultimate" soil. The decline of coffee growing in the region from the 1960s onwards highlights the fragility of this agricultural model, which was subject to market fluctuations and environmental factors. In the second chapter we carried out a scientometric analysis that highlighted the main themes researched related to coffee production in the Brazilian savannah. The analysis of published works identified that the emphasis of research is on agricultural practices, pest and disease control, improvements in fruit quality, as well as work related to soil microorganisms, which sparked interest in carrying out the third chapter. In this chapter we evaluate the relationship between Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) and the roots of plants of 35 coffee genotypes. It was observed that, in general, the varieties evaluated demonstrate the presence of different genera of AMF. The density of fungal spores in the soil and the rate of colonization in coffee tree roots are important as they reflect the interactions between plants and soil microorganisms, which are essential for plant health and development. The density of mycorrhizal fungi spores in the soil is an indicator of the activity and presence of these organisms in the environment. An increase in spore density may indicate a favorable environment for the development of these fungi, which is generally associated with healthy soil and plant conditions.

Key words: Coffee growing, Brazilian savannah, Environmental History

INTRODUÇÃO GERAL

O cultivo do café no Brasil data do ano de 1727 e apresenta uma rápida disseminação com destaque para as regiões do sul do Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais que estão, até hoje, entre as principais áreas produtoras do país. A criação de um mercado global de café nos séculos XIX e XX trouxe transformações significativas nos ecossistemas, incluindo a circulação de pessoas, plantas, ideias, técnicas e agentes patogênicos relacionados ao cultivo do café.

A cafeicultura no Cerrado Goiano é um ponto de convergência fascinante entre história, ciência e tecnologia, onde as raízes do passado se entrelaçam com os avanços do presente. Nesta região, a história da cafeicultura remonta aos tempos coloniais, quando as primeiras sementes de café foram plantadas nas terras do cerrado. Desde então, esse cultivo se tornou não apenas um pilar econômico, mas também um componente essencial da identidade e do desenvolvimento socioeconômico local.

A expansão da fronteira agrícola pela cultura do café no Brasil, especialmente no Cerrado, esteve ligada à busca por áreas de florestas tropicais com um modelo de expansão baseado no corte e queima das matas. Ao longo das décadas do século XX, a cafeicultura no Cerrado Goiano testemunhou uma evolução notável, impulsionada por avanços significativos na ciência e tecnologia agrícolas. A aplicação de métodos científicos e o desenvolvimento de tecnologias inovadoras transformaram para além da eficiência e produtividade dos cultivos, como também a própria paisagem agrícola da região.

Nesse contexto, uma análise cienciométrica desempenha um papel crucial, fornecendo informações valiosas sobre as práticas agronômicas mais eficazes e a seleção de variedades de café adaptadas ao clima e solo locais visto que, a produção de café no Cerrado enfrenta desafios, como a acidez natural do solo, variabilidade climática e preocupações ambientais relacionadas à gestão dos recursos naturais. A análise cienciométrica pode guiar estratégias baseadas em evidências sólidas, visando maximizar a produtividade, minimizar os impactos ambientais, além de fornecer rumos para que novos trabalhos científicos possam ser pensados para melhoria na produção de café na região do Cerrado.

Um tema que vem sendo pesquisado é a forma como microrganismos edáficos podem contribuir para a melhoria da produção e produtividade das culturas. Reconhecer

a importância dos ecossistemas microbianos, como os fungos micorrízicos, no desenvolvimento das plantas de café é essencial. Esses organismos estabelecem uma simbiose com as raízes das plantas, contribuindo para a absorção de água e nutrientes pelas plantas, especialmente fósforo, em troca de carboidratos produzidos pela fotossíntese e aumentando a resistência a estresses ambientais, destacando a importância da promoção da saúde do solo e da biodiversidade microbiana para a sustentabilidade.

Diante do exposto, o objetivo principal desta tese foi avaliar a história ambiental do café no Cerrado goiano, para se compreender a forma de ocupação do solo, o desenvolvimento agrícola da região bem como, os impactos desta cultura com o olhar da História Ambiental. Como consequência, surge o segundo objetivo que foi entender, através de uma análise cienciométrica, os rumos que a pesquisa científica tem tomado em relação a cultura do café no Cerrado. O terceiro objetivo está intimamente ligado com os resultados obtidos no Capítulo II, onde enfatiza-se a necessidade de compreensão das relações entre organismos do solo e raízes das plantas de café.

CAPÍTULO I

O Café na Economia Brasileira: a expansão do cultivo no interior do Brasil Central

Resumo: Este capítulo aborda a expansão da cultura cafeeira em Goiás a partir da década de 1920. A produção desta espécie cresceu nas regiões florestadas do sul de Goiás, especialmente em solos férteis como a terra roxa. Periódicos como "A Informação Goyana" promoveram o potencial agrícola de Goiás, destacando a fertilidade do solo e a prosperidade da produção de café. A expansão da malha ferroviária no estado facilitou o escoamento da produção e atraiu novos colonos. Durante a década de 1920, Goiás destacou-se nacionalmente na produção de café, com relatos de autossuficiência em relação a outros estados produtores como São Paulo. O artigo também aborda a continuidade e expansão da cafeicultura até a década de 1950, destacando a política da Marcha para Oeste e a colonização das matas de São Patrício, que favoreceram o desenvolvimento agrário e a ocupação das terras férteis do estado.

Palavras-chave: História Ambiental, Cafeicultura, Cerrados.

Abstract: This chapter addresses the expansion of coffee cultivation in Goiás starting in the 1920s. The production of this crop grew in the forested regions of southern Goiás, especially in fertile soils such as terra roxa. Periodicals like "A Informação Goyana" promoted the agricultural potential of Goiás, highlighting the soil's fertility and the prosperity brought by coffee production. The expansion of the railway network in the state facilitated the transportation of the produce and attracted new settlers. During the 1920s, Goiás stood out nationally in coffee production, with reports of self-sufficiency compared to other producing states like São Paulo. The article also discusses the continuity and expansion of coffee cultivation until the 1950s, highlighting the March to the West policy and the colonization of the São Patrício forests, which favored agricultural development and the occupation of the state's fertile lands.

Keywords: Environmental History, Coffe farming, Brazilian Savannah.

Introdução

De acordo com Ormond et al, (1999) o café foi introduzido no Brasil em 1727 por Francisco Mello Palheta trazido de sua visita à Guiana Francesa. O cultivo foi um sucesso e disseminou rapidamente pelo país. Até 1860, o sul do Rio de Janeiro manteve a hegemonia da economia cafeeira, seguido de São Paulo e Minas Gerais. Para Stuart McCook, durante os séculos XIX e XX, a criação de um mercado global de café, transformou ecossistemas, especialmente com a circulação de pessoas (plantadores de café, agrônomos, trabalhadores), de plantas (novas variedades e espécies de café em circulação), novas ideias e técnicas (monoculturas, sombreamento, insumos químicos) e de agentes patogênicos (doenças e pragas).

No Brasil, o cultivo do café arábica se desenvolveu nas regiões onde não ocorre deficiência hídrica nos períodos críticos da cultura. Porém, com a expansão da agricultura em áreas de solos de Cerrado, associadas à irrigação, este cultivo tem se estendido para outras áreas, tais como o Triângulo Mineiro, Oeste da Bahia, Goiás e outras regiões que apresentam condições similares (Santinato et al. 2008).

A Figura 1 mostra que a expansão geográfica do café em todo o mundo está confinada aos climas tropicais. Atualmente Brasil e Vietnã respondem por mais metade da produção global. A Figura 1 também mostra as principais áreas produtoras de café no mundo: além do Brasil e Vietnã, Colômbia, Etiópia e América Central.

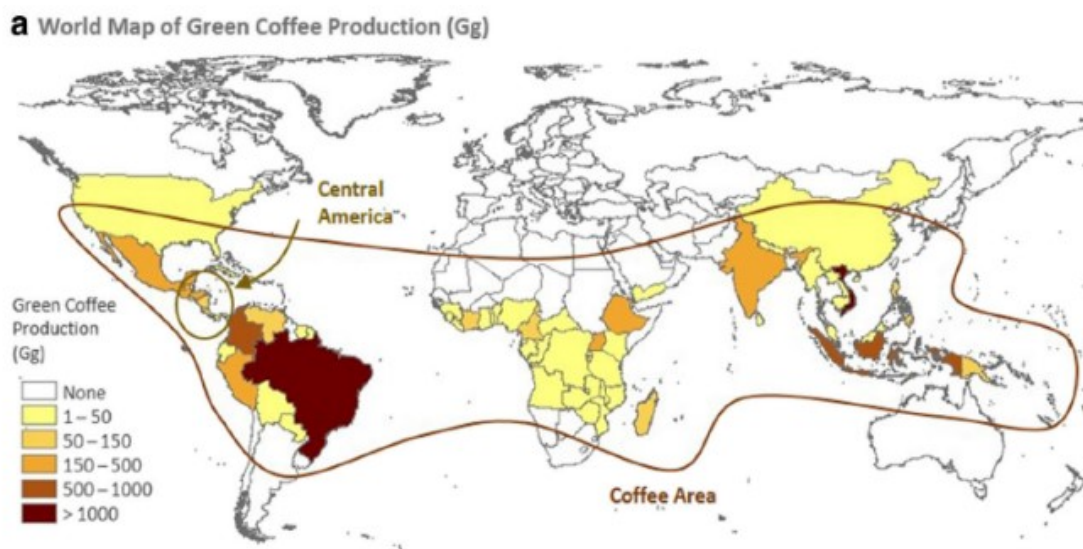


Figura 1. Distribuição da Produção Mundial de Café.
Fonte: Infante-Amate; Picado, 2018)

O processo histórico de expansão da fronteira agrícola no Brasil foi marcado por drásticas perturbações no ambiente natural, com transformações profundas nas paisagens. O caso mais analisado pela historiografia ambiental brasileira foi sem dúvida a devastação da Mata Atlântica (Cabral, 2014; Dean, 1996; Drummond, 1997; Pádua, 2004; Nodari, 2012). As razões do pioneirismo dos estudos relacionais à Mata Atlântica são evidentes, considerando que este foi o lugar do encontro privilegiado entre o colonizador e o mundo natural no Brasil. Ao mesmo tempo em que esse tema se mostrou pioneiro para a historiografia brasileira, ele apresenta, também, as condições teórico-metodológicas fundamentais para os demais estudos relacionados à expansão da fronteira agrícola para outros ecossistemas brasileiros. Nessa perspectiva, temos verificado um crescente interesse sobre a história ambiental do Semiárido, do Cerrado, da Amazônia, do Pantanal e outros ecossistemas e ecorregiões brasileiras.

A ocupação do Cerrado brasileiro decorreu de processos históricos distintos, sobretudo marcados por diferentes fronteiras de ocupação (Dutra e Silva, 2017). Contudo, este movimento não foi marcado por uma recepção harmônica por parte de todos os que por ele foram afetados. Os estudos realizados por Monbeig (1998) contextualizaram as tensas relações travadas entre pioneiros e fazendeiros. Os embates retratados pelo geógrafo francês narram a conquista do oeste brasileiro: à medida que as lavouras de café avançavam para o oeste, o espaço natural era artificializado e as estruturas de poder alteradas. Pesquisas como as de Monbeig contribuem para o entendimento do avanço da fronteira em direção ao interior do país.

Até a década de 1960 a expansão da fronteira agrícola buscava as matas de primeira e segunda classe, com solos apropriados para o cultivo agrícola segundo um modelo de derrubadas de florestas tropicais e muitas vezes associadas ao cultivo do café (Dean, 1996).

O processo histórico de ocupação agrícola no Cerrado esteve associado ao processo de expansão da agricultura baseada na procura por áreas de florestas tropicais e os solos férteis a elas associados, descrito pelos importantes trabalhos de geografia histórica como “matas de primeira e segunda classe” (Waibel, 1947, 1948; James, 1953). Esses processos adotaram o padrão de expansão da agricultura baseada no corte e queima das matas, amplamente abordados nos estudos de desflorestamento da Mata Atlântica (Dean, 1996). Esse exemplo histórico foi muito enfatizado por Kohlhepp (2014) em seu estudo sobre os tipos de colonização agrária, privadas e estatais, dirigida

para as áreas de floresta tropical no Brasil. Ou seja, privilegiando a ocupação e desmatamento das matas de primeira e segunda classe para a modelo de expansão agrícola, sobretudo relacionados à expansão da agricultura cafeeira. No Brasil Central esse padrão funcionou até a década de 1950, sobretudo na ocupação das áreas florestadas do Mato Grosso de Goiás (Dutra e Silva, 2017; Faissol, 1952; James, 1953).

Assim, diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi analisar, a partir dos pressupostos teórico-metodológicos da História Ambiental, os diferentes contextos da expansão da fronteira do café no Brasil Central, com ênfase no estado de Goiás, sobretudo nas áreas de florestas tropicais.

Material e Métodos

A pesquisa teve como campo de investigação a região que compõe a região florestal denominada de Mato Grosso de Goiás, localizada na Mesorregião Central de Goiás, que compõe uma área com a maior densidade populacional do Estado, compreendendo a região metropolitana de Goiânia e outras microrregiões, como a microrregião de Ceres, que faziam parte da área antiga Colônia Agrícola Nacional de Goiás na região florestal das Matas de São Patrício. Faissol (1952) utiliza a expressão “Mato Grosso de Goiás” para denominar uma extensa região florestal situada na parte centro-sul do Estado de Goiás (considerando que na época não havia sido desmembrado o Estado do Tocantins, essa região corresponde atualmente à parte central de Goiás). Era uma região de mata original, avaliada na época em torno de 20.000 quilômetros quadrados. Essa denominação, utilizada desde o século XIX, esteve ligada ao tipo de vegetação florestal e mais, particularmente, ao contraste dessa área em relação resto da paisagem de cerrado típico que caracteriza o Estado de Goiás. Para Faissol (1952) a área florestal iniciava, no sentido Leste-Oeste, nas proximidades de Anápolis em direção a Serra Dourada. No sentido sul-norte iniciava na região de Goiânia indo até mais ao norte do município de Itapaci. O autor considerava que outras áreas de mata formavam esse conjunto de florestas, destacando as Matas de São Patrício (na região de Ceres), Matas de Santa Luzia ou de São Domingos (na região de Anicuns) e a Mata da Posse (na região de Guapó). Nossa intenção foi concentrar-nos na região de Ceres e analisar como campo de pesquisa a região que compreendia as Matas de São Patrício. Essa região inicial é fundamental pois foi o início de um processo de expansão da

fronteira agrícola e um conjunto de estudos produzidos por geógrafos e agrônomos na região, tanto de instituições e universidades brasileiras como também estrangeiras. Grande parte dessa documentação está hoje em arquivos e coleções especiais no Brasil e nos Estados Unidos.

Também consideramos importante a pesquisa com os dados relativos à produção agrícola da região do Mato Grosso de Goiás e a sua relação com as regiões urbanas de Anápolis, Goiânia e Brasília. Essas regiões foram amplamente visitadas por pesquisadores entre os anos de 1930 e 1970, na formulação de pesquisas e potencialidades da produção agrícola do Cerrado. A busca por fontes documentais, bem como o histórico da produção dessas regiões nos auxiliam a compreender o processo inicial da expansão da fronteira agrícola para outras regiões do Brasil Central, considerando o pioneirismo dessas áreas.

Pesquisa documental

Na primeira etapa da pesquisa, os dados foram coletados a partir de pesquisa documental e por fontes oficiais que apontam para uma construção simbólica do Oeste brasileiro, sobretudo a partir da expansão da fronteira agrícola em Goiás na primeira metade do século XX. Da mesma forma, buscamos identificar, por meio da coleta e análise de fontes documentais e outros registros, os elementos constitutivos da construção ideológica do Oeste como espaço de oportunidades nesse período histórico. Foram utilizadas diferentes fontes documentais como: Revistas e outros veículos culturais da época que apresentavam os indícios da presença do café na economia goiana na primeira metade do século XX; a literatura regional de Goiás, por meio das narrativas que apresentem as características da vida na fronteira; jornais da época que procuram de diferentes formas apresentar a relação entre a produção de café no contexto econômico e socioambiental de Goiás na primeira metade do século XX; documentação oficial disponibilizada sobre dados e relatórios sobre a expansão da fronteira agrícola em Goiás como relatórios do governo federal e estadual, documentação e diários de publicações oficiais do Governo de Goiás em que informações sobre a cultura do café esteja inserida, nos seus diferentes contextos históricos.

Análise dos dados

A análise e a interpretação estão feitas através da triangulação dos dados obtidos na pesquisa realizada em suas diferentes frentes de coleta de dados. Os dados estão apresentados na forma de gráfico e na forma discursiva, indicando as análises quantitativas (fontes primárias ou secundárias) com os dados qualitativos coletados.

Nessa pesquisa nos concentramos especialmente nos arquivos da Fundação Biblioteca Nacional, a partir da plataforma Hemeroteca Digital Brasileira. O período de coleta de documentação em fonte primária foi entre as décadas de 1920 a 2000. A palavra-chave utilizada para a pesquisa foi “café”, no qual procuramos destacar a produção agrícola dessa cultura no estado de Goiás.

Por meio da Hemeroteca Digital pudemos ter acesso a um vasto portal de periódicos nacionais que proporciona ampla consulta ao acervo da Biblioteca Nacional, como jornais, revistas, anuários, boletins, e publicações seriadas, dentre outras. Assim, existe a possibilidade de acesso livre a jornais publicados desde o século XIX no Brasil, inclusive a periódicos já extintos. A plataforma disponibiliza, ainda, publicações mais antigas e mesmo raras do século XIX, além de relatórios de províncias, e os primeiros jornais do Império. Também existem publicações de fontes e outros documentos do século XX, além de periódicos de instituições científicas e sociedades culturais brasileiras.

A pesquisa pode ser realizada por título, período, edição, local de publicação e palavra(s). A busca por palavras é possível devido à utilização da tecnologia de Reconhecimento Óptico de Caracteres (Optical Character Recognition – OCR), que proporciona aos pesquisadores maior alcance na pesquisa textual em periódicos. Para essa pesquisa, em especial foram consultados os seguintes periódicos, utilizando como referência a palavra-chave “café”, tendo como fonte investigativa diferentes periódicos como A informação goiana (1917-1935), Relatórios dos presidentes dos Estados Brasileiros (1891-1929), Voz do povo (1927-1934), Cidade de Goiás (1940-1960), Os Araguatins (1946), Jornal do Tocantins (1979-1987), Nossa Folha – Órgão cultural e noticioso (1930-1939), Revista de educação (1930-1939), O Abadiense (1930-1939), Jornal de notícias (1950-1959), O estado de Goiás (1950-1959), Cidade de Goiás (1950-1959), Jornal Oió (1950-1959).

Resultados e Discussão

As seleções das matérias e conteúdos selecionados privilegiaram questões relacionadas à temas como doações de terra para cultivo do grão em Goiás, produção,

exportação e melhorias para expansão da área. Do amplo espectro de ocorrências, a pesquisa privilegiou a coleta e o registro de 118 ocorrências, no qual destacamos algumas delas extraídas do periódico *A Informação Goyana*, entre os anos de 1920 e 1928.

As fontes pesquisadas nos apontam questões interessantes sobre a cultura do café em Goiás. Não existe uma nítida relação entre a expansão do café em Goiás e as fitofisionomias. No entanto, o que se percebe é a existência de amplas áreas de “mato” ou formações florestais na região sul de Goiás (que nesse período compreendia os estados de Goiás e Tocantins). Também nesse período não existia a denominação de bioma, ou a distribuição da vegetação e sua territorialização como hoje conhecemos. A descrição de mato ou mata, tinha uma forte conexão com a aptidão agrícola de uma determinada região. Ao mesmo tempo havia uma compreensão de que as áreas de cerrado stricto sensu, tipicamente da savana tropical brasileira, era inapropriada para a agricultura (Dutra e Silva, 2023).

Na década de 1920 o tema da cafeicultura em Goiás está associado a questões mais amplas do que somente a produção e comercialização desse produto. Por exemplo, algumas fontes destacam a relação entre a produção de café e a regularização de terras junto ao governo de Goiás, sobretudo na compra de terras devolutas, que geralmente estavam em áreas florestadas, fora do interesse das oligarquias goianas, muito mais interessadas na pecuária, e, portanto, dominavam as áreas de campos, savanas e pastagens naturais do Cerrado (Dutra e Silva, 2017). Nesse sentido, os periódicos analisados reforçavam que para regularizar uma propriedade junto ao governo de Goiás, era importante destacar a produção de café existente na área desmatada, como também, informar o potencial da área em desmatamento para a produção de café¹. E também esse contexto nos ajuda a compreender, mesmo sem essa preocupação por parte dos documentos, a divisão fitogeográfica muito presente em Goiás sobre matas e campos, e a finalidade das matas para a produção agrícola, e o baixo valor, ou mesmo adquiridas pela comprovação do desmatamento². Segundo Itami Campos (1985) as questões agrárias em Goiás nesse período são marcadas por favorecimento do governo goiano para a ocupação de áreas devolutas, na sua maioria em região de floresta, que eram as áreas com menores conflitos agrários com as oligarquias locais—mais interessadas em áreas de campos e pastos, típicos do cerrado do que despender recursos no desmatamento para a formação de pastagem ou mesmo para fins agrícolas.

Outro tipo de registro muito comum nas pesquisas documentais sobre o café em Goiás na década de 1920 refere-se a uma presença forte desse produto na economia do estado³. Isso nos mostra que grande parte das matas goianas passavam a ser ocupadas, pois o café nesse momento histórico não estava associado a áreas de campos, geralmente consideradas impróprias para a agricultura (Dutra e Silva, 2023). Essa informação aparece muito nos documentos oficiais e nos registros do Correio Oficial, mas também em periódicos que procuravam destacar o potencial de Goiás para o restante do país como o periódico Informação Goyana. Esse periódico utilizava um texto mais adjetivado para qualificar as terras, as matas, o solo, o clima e as diversas potencialidades de Goiás para a produção de café. Esse periódico procurava, explicitamente, promover e divulgar as potencialidades de Goiás, buscando sempre valorizar o clima aprazível e solo “ubérrimo” das terras goianas—apesar desse tema ser muito controverso a partir dos relatórios de viajantes e aventureiros na região. A Informação Goyana é onde encontramos mais material sobre a produção de café em Goiás e os seus diferentes temas a ele associados. Dentre os diferentes temas, destacavam, por exemplo a visão otimista sobre a onda migratória em direção a Goiás, sobretudo nas áreas florestadas do sul do estado, com a presença de colonos cultivando o café na região de Catalão⁴. E a colonização também evidenciava a qualidade dos solos das áreas de mata em Goiás, em que os articulistas destacavam como “ubérrimo”, ou seja, extremamente fértil. Esse termo se repetia em diversos momentos nesse periódico.

O café também vinha associado à expansão da malha ferroviária em Goiás, e como sinal de prosperidade na região da linha férrea. Assim, na década de 1920, quando a ferrovia ainda estava em expansão, notava-se uma efervescente colonização e procura por áreas florestais e dados que mostram que Goiás se destacava nacionalmente na produção de café em suas áreas de matas. E as matérias sobre a ferrovia também destacavam os produtos agrícolas que eram comercializados como fumo, café, arroz e produtos agropecuários. E ao mesmo tempo reforçavam outras matérias sobre a terra roxa goiana e as suas matas com esse excelente solo. A qualidade da terra roxa e solo massapé aparecem para destacar a produção agrícolas nas áreas florestadas do sul goiano. Assim, ferrovia e café são temas recorrentes nas fontes investigadas, considerando que a ferrovia era vista como potencialidade para a produção e modernização cafeeira, atraindo investimentos, novos colonos, e prosperidade para a região.

Os documentos pesquisados envolvendo café e ferrovia também destacavam que a produção goiana era significativa, e que muitas vezes Goiás era um dos poucos estados que não precisavam importar esse produto de São Paulo. Na verdade Goiás e Minas Gerais eram autossuficientes nessa produção. O que pudemos perceber é que o café era utilizado principalmente como um produto para a divulgação e propaganda da disponibilidade de terras em Goiás e a região como uma fronteira promissora, e não uma região isolada e sem potencialidades econômicas.

Ainda na década de 1920 o café também aparece nos debates sobre a celebração do centenário da independência, no qual o tema cafeeiro aparece como um futuro promissor que tornaria Goiás como o principal produtor desse produto pela quantidade de terras de solo fértil e matas abundantes ainda não exploradas. O tema sobre a mudança do eixo produtivo era uma especulação, mas outras fontes também reforçavam esse potencial na década de 1940, sobretudo nos estudos geográficos sobre o Mato Grosso de Goiás e as zonas de expansão da fronteira agrícola, no qual o café se destacava como produto principal (Dutra e Silva, 2017).

As fontes também sobre o café em Goiás também destacam mudanças na economia dos municípios. Por exemplo na edição de Informação Goyana de junho de 1923, os articulistas destacavam uma matéria sobre as potencialidades do município de Buriti Alegre em Goiás, que tinha uma área territorial menor que os padrões da época, e que buscava rever os seus limites territoriais. O artigo destacava que o município pleiteava a revisão de seus limites, mas o que muito chamou nossa atenção foi o destaque data à fertilidade dos solos e a potencialidade para a produção de café: “As suas terras são de uma fertilidade exuberante, adequadas a todas as culturas tropicais e principalmente da de café, algodão, milho, arroz, feijão, fumo e cana de açúcar”. E o texto fortalecia o potencial cafeeiro no município, indicando que na crise da pecuária que abateu aquela década, o café havia sido o principal propulsor econômico em Buriti Alegre, evidenciando que esse produto não era periférico, mas existia em quantidade significativa nas regiões abastecidas com recursos florestais em Goiás. Sobre a produção, o texto indicava um média de 15.000 arrobas anuais, e que “em 1927 atingirá indubitavelmente, a 50.000 arrobas, tal o numero de lavouras em formação em todo o município”.

Outro tema que aparece na década de 1920 era em relação à carência de tecnologia de beneficiamento do café, que era encaminhado para os municípios do

Triângulo Mineiro e outros estados do sudeste pela ausência de maquinário adequado para esse serviço em Goiás (Figura 2).

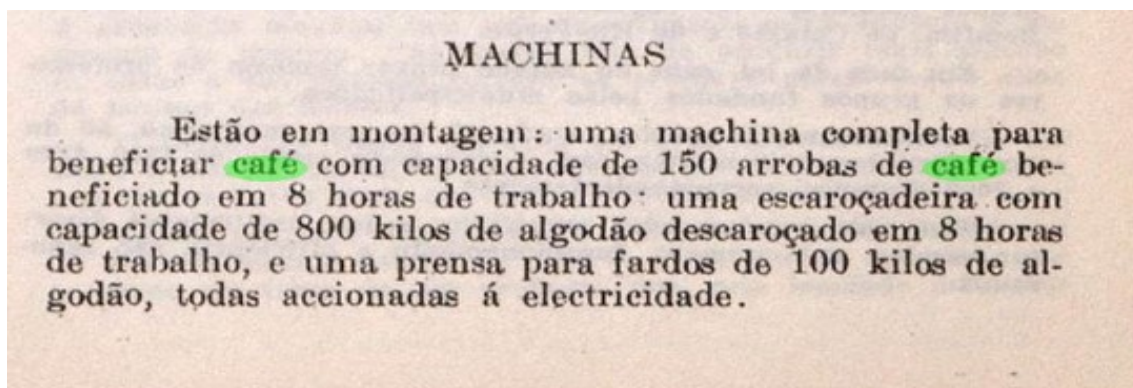


Figura 2. Machinas: Publicação sobre a montagem de máquina completa para beneficiamento de café em Goiás. Revista A Informação Goyana, Edição 12A, ano 1923.

Fonte: A Informação Goyana. Anno VI, N. 12, Rio de Janeiro, janeiro de 1923, pp. 99.

A edição de Informação Goyana de outubro de 1923 publicou um ensaio de Henrique Silva, diretor e fundador do periódico, apresentado na Sociedade Nacional de Agricultura sobre a cultura do cafeeiro em Goiás. O articulista goiano começava os seus argumentos fazendo referências a Taunay em sua participação na Exposição Nacional de 1875, no qual afirmava que a cultura do café já era conhecida em Goiás desde o ano de 1819, e que no final de século XIX ainda era uma vigorosa lavoura, fazendo parte da vida social e presente nos quintais das casas nas cidades interioranas e na capital do estado. Mas era uma cultura que vingava prósperas nas zonas rurais do estado. Em outra edição de 1924, o tema da cultura do cafeeiro em Goiás retornava na Informação Goiana, reforçando essas questões: “Nos municípios de Santa Luzia, Bomfim e Pouso Alto, deparam-se cafeeiros com mais de meio século, e que não deixam de produzir. Nos quintaes, é comum verem-se cafeeiros especados para que os galhos não se quebrem ao peso dos fructos”.



Figura 3. Publicação sobre A cultura do cafeeiro em Goyaz na Revista A Informação Goyana, Edição 6, ano 192

Fonte: A Informação Goyana. Anno VII, Vol. VII, N. 6, Rio de Janeiro, janeiro de 1924, pp. 41.

Nesse novo ensaio Henrique Silva reforçava que a produção cafeeira de Goiás estava prosperando “espantosamente”, procurando convencer os seus leitores de que em um período breve Goiás figuraria entre os principais produtores da rubiácea no Brasil. E nesse sentido, ele reforça as questões climáticas que favorecem a produção da cultura cafeeira em Goiás, tema que será muito explorado nas décadas seguintes, em relação às geadas que devastaram lavouras nos estados de São Paulo e do Paraná: “Data do ano de 1910, quando a grande geada flagellou os cafezaes paulistas, o extraordinário desenvolvimento da lavoura no nosso estado.” E nesse ensaio é que a relação entre aparece o conceito de “mato grosso”, e a sua relação com um tipo botânico específico e com solos férteis para a agricultura: “Matas virgens conhecidas por Mato Grosso”. Henrique Silva faz uma referência ao botânico alemão Ernst Heinrich Georg Ule (1854-1915) — pesquisador contratado para auxiliar na expedição Cruls para escolha da nova capital federal no Planalto Central — no que ele apresentava indícios de uma faixa de floresta “virgem”, de mata tropical, que naquele tempo já bastante habitada, localizada entre as cidades de Pirenópolis e Goiás, com uma largura aproximada de 16 a 20 léguas e com uma extensão de 80 a 100 léguas, e denominada como o “Mato Grosso” de Goiás, que se aproximava muito das florestas tropicais do litoral brasileiro: “Ali a vegetação é completamente diferente da dos cerrados e assemelha-se bastante com a do

litoral".

O texto de 1924 antecede as observações do geógrafo Speridião Faissol (1952) sobre o Mato Grosso de Goiás (Dutra e Silva, 2017), e nessa observação o articulista Henrique Silva explora as potencialidades cafeeiras dessa região, que entre o final da década de 1930 até a década de 1950, a principal fronteira e zona de colonização em Goiás (Dutra e Silva, 2017). Assim, a região é apresentada como de dimensões ainda maiores do que as indicadas pelo botânico alemão, bem como a sua qualidade edáfica: “O seu solo humoso se compõe de terra roxa e massapé”. E nessa região abunda a terra roxa, tão amplamente procurada em São Paulo e abundantemente presente nas florestas tropicais do Brasil Central:

O cafeeiro é sub-espontâneo em várias matas do Estado, como sejam as de S. Patricio, de Pilar, do Ferreiro, no município da Capital; na mata de Trahiras, no município de S. José do Tocantins e bem assim nas matas marginaes do rio de S. Bartholomeu, no município de Santa Luzia. Nellas se colhe café e tiram-se mudas para o plantio.

No final da década de 1920 e 1930 os documentos continuam a reforçar o papel protagonista de Goiás a partir das suas terras abundantes de solo “ubérrimo” e clima propício para a produção cafeeira. No entanto, a partir do final de 1930 e início de 1940 um novo fenômeno começa a atingir a região do Mato Grosso de Goiás, favorecendo uma grande onda migratória, entusiasmada com a possibilidade do sonho fundiário, que é a política da Marcha para Oeste, que de forma muito impactante encontra em Goiás um cenário político, econômico, social e ecológico favorável (Dutra e Silva, 2017). Do ponto de vista político o interventor Pedro Ludovico Teixeira havia doado ao governo federal em 1940 uma porção de terras devolutas nas regiões de florestas conhecidas como Matas de São Patricio, porção norte do Mato Grossos de Goiás (Dutra e Silva, 2017). Do ponto de vista econômico, a ferrovia já havia chegado em Anápolis em 1935, favorecendo uma valorização das terras em função das possibilidades comerciais com o Sudeste por meio da exportação de café e outros grãos por meio da estrada de ferro. Também, a construção de Goiânia, iniciada também na década de 1930, às bordas do Mato Grosso de Goiás, também favorecia a expansão colonizadora das matas de terra roxa no sul de Goiás. Do ponto de vista social, o governo federal, por meio da Marcha para Oeste, instituída em 1937, favorecia a colonização agrária, com a criação das Colonias Agrícolas Nacionais, criadas em 1941, e que concedia lotes de terras para as

famílias comprovadamente de origem rural em Goiás. E com a cessão das Matas de São Patrício para o governo federal, Goiás recebeu a primeira colônia, na região do rio das Almas (Dutra e Silva, 2017).

Do ponto de vista ecológico, a abundância de matas de primeira e segunda classe na região das matas de São Patrício, favoreceu uma expansão demográfica da fronteira, que via nas terras roxas e férteis dessa região a possibilidade do sonho fundiário (Dutra e Silva, 2017). A região da Colônia Agrícola Nacional de Goiás, atualmente a região do Vale do São Patrício, recebeu colonos que buscavam a doação de lotes—atualmente nos municípios de Ceres, Carmo do Rio Verde, Rubiataba, Nova Gloria, Itapaci, Ipiranga, dentre outros. Na região que se estendia entre as atuais Rialma até Goianésia, era uma região que passou a ser explorada por capitais privados, que compravam áreas de florestas para exploração cafeeira. E foi na região de Goianésia, nas áreas que compreendiam parte das matas de São Patrício, que a cultura cafeeira mais se desenvolveu.

A produção de café nas matas de Goianésia

A história de Goianésia se inicia em 1857, segundo Rodrigues (2009) com o requerimento do Sr. Antônio Manoel de Barros à Paróquia de Jaraguá, para registrar uma gleba de terra com a área de 5.000 alqueires goianos (24.000 hectares), situados na divisa do município de Jaraguá com o de Pirenópolis e que recebeu o nome de Calção de Couro. Apenas em 1920, o Sr. Ladislau Mendes Ribeiro (que era casado com uma neta do Sr. Antônio Manoel de Barros), constrói um rancho à margem direita do córrego Calção de Couro, estabelecendo aí residência e inicia a exploração das terras. Ainda de acordo com Rodrigues (2009), neste período, as frentes de expansão da cafeicultura estimulavam a ocupação de novas áreas, com a perspectiva da chegada da ferrovia até Anápolis e com a criação da Colônia Agrícola de Ceres tornava a região economicamente explorável.

Em 1926 a família Monteiro de Barros adquire terras com 14.700 alqueires goianos (70.560 hectares) das Lavrinhas de São Sebastião (Fazenda São Carlos) que se estendiam pelos municípios de Jaraguá, Anápolis e Pilar, iniciando o plantio de café em 1945.

Nesse período, não faltaram pioneiros que chegaram a Goianésia,

vislumbrando o cultivo do café. O desenvolvimento da região se intensifica na década de 1930 com a chegada de futuros produtores, principalmente de Minas Gerais, que se instalaram e iniciaram o cultivo de espécies agrícolas, com destaque para a produção de café.

Entre os precursores destaca-se o Engenheiro Civil e agropecuarista Jalles Machado de Siqueira, que viria a ser deputado federal por Goiás por quatro mandatos (1947-1950, 1951-1954, 1963-1966 e 1967-1970). Após adquirir, juntamente com seu pai José Francisco de Siqueira, no ano de 1930, uma propriedade com 7.237 hectares, transfere-se para a região em 1938, onde instala a Fazenda Itajá (Melo, 1985).

Depois de adquirir outras propriedades na região, inicia em outubro de 1938 a derrubada da mata e a abertura de lavouras com aproximadamente 1.000 alqueires de terras cultivadas (4.800 hectares). Isto fez com que outros imigrantes fossem atraídos para a região, vindos principalmente do sul de Goiás e do Estado de Minas Gerais. Moacir Lázaro de Melo, em seu livro “A História de Goianésia” (1985) retrata a fundação da Fazenda Itajá, que fazia divisa com a Fazenda Calção de Couro no município de Jaraguá. Jalles ao chegar na região e adquire as terras inicia o processo de produção agrícola do café. A “Marcha para o Oeste” promovida pelo Governo Federal, bem como, o projeto de mudança da Capital Federal para região central do país, contribuíram com a ampliação das áreas, fazendo com que o cenário para a produção de café estivesse pronto.

Durante seus mandatos como Deputado Federal não faltam textos de comunicação entre Jalles Machado e diversos interlocutores sobre a produção de café na região falando por exemplo sobre o clima e qualidade das terras em Goiás:

O clima e a qualidade das terras de grandes zonas do Estado são adequados à cultura do café que, estamos certos, um grande futuro está reservado a essa lavoura em Goyaz, não obstante tenham caráter de permanência, os preços atuais.

Se não for agravada a tributação atual do café, Goyaz estará em condições de concorrer com as lavouras mineiras e paulistas. E se ela ainda está no período embrionário em que se acha, é porque tem faltado, lamentavelmente, um serviço de informações e publicações, lá fora, sobre as nossas terras, as nossas probabilidades.

Relatório apresentado ao senhor Doutor Alfredo Lopes de Moraes pelo Secretário das Obras Públicas, Jalles Machado de Siqueira, Exercício de 1929.

Em outra comunicação Jalles Machado fala sobre o acordo de trânsito do café

goiano no território paulista, o que faria com que o café produzido em Goiás chegasse ao litoral para ser exportado sem a cobrança de impostos de transporte.

Senhor Secretario.

Em referência ao assunto de que é objeto o aviso nº 676, de 22 do mês findo, endereçado ao Presidente do Instituto de Café do Estado de São Paulo, e, de acordo com o entendimento verbal feito com V. Excia., relativamente ao transito de café goyano em território paulista, comunico-lhe que o mesmo poderá ser realizado nas seguintes condições:

- a) o café goyano que for despachado de estação situada dentro do território do Estado de Goyaz para Santos, gozará das regalias de productos em transito, uma vez verificadas, na estação de destino, a exactidão do peso e a qualidade, á vista do talão do imposto, da guia de transito e de conhecimento ferroviario;
- b) a verificação de que trata a letra "A" será feita pela Recebedoria de Rendas de Santos, que designará para isso, um de seus funcionarios, ao qual competirá visar as guias e os talões relativos a cada partida ou embarque.
- c) não serão visados guias ou talões emendados ou rectificados em parte essencial (quantidade de saccas, peso, qualidade e destino);
- d) perdem inteiramente o valor as guias que não forem utilizadas dentro de cento e oitenta dias, contados da sua expedição, bem como as que tiveram o destino alterado.

Sem dúvidas, Jalles Machado de Siqueira foi um nome importante na implementação de cultivos de café em Goiás e um defensor dos produtores que precisavam escoar sua produção para os portos brasileiros visando a exportação.

Outro importante pioneiro da produção de café em Goianésia foi Laurentino Martins Rodrigues, que adquiriu a Fazenda Laranjeiras com 648 alqueires (3.110,40 hectares) e ali se instalou com outras quatro famílias vindas de Anápolis-Go. Laurentino foi um dos responsáveis pela criação da Cidade de Goianésia, que se tornou distrito no dia 10 de agosto de 1949 com a Lei nº 10, sancionada pelo Prefeito de Jaraguá, Nelson de Castro Ribeiro. Em 24 de junho de 1953 Goianésia foi emancipada politicamente, com a publicação no diário oficial do estado de Goiás da Lei nº 747.

Diversos empresários do ramo da cafeicultura, interessados nas novas áreas de Goiás adquiriram terras na região e iniciaram seus cultivos. Pode-se citar por exemplo os empresários de São Paulo, do grupo Lunardelli, que compraram a fazenda Monte Alegre, trouxeram pessoas do nordeste brasileiro, principalmente Pernambuco, Rio Grande do Norte, Ceará e Maranhão, com objetivos para além da produção, como a aquisição de grandes áreas e posteriormente a venda de pequenas parcelas. Outro importante grupo empresarial foi a Companhia Agrícola Pastoril de Goiás. Grupo esse

com sede em São Paulo que adquiriram uma área de 70.560 hectares, dentro de uma área denominada Lavrinha de São Sebastião. Essa companhia era de propriedade da família Monteiro de Barros, que denominaram essa fazenda adquirida de Fazenda São Carlos, cuja composição florestal tinha predominância de áreas de Matas. “Com a chegada do administrador, Sr. Paulo Bergamelli, vindo de Ribeirão Preto-SP, foi iniciada a plantação de café no ano de 1945. Em 1949, a fazenda cultivava 600.000 pés de café” (Pietrafesa, 1995).

Com o incremento de mão-de-obra o cultivo foi expandido chegando a 180 mil pés de café em 1948 e mais de 400 mil pés em 1954 (Naves, 2014).

No ano de 1949 a Sociedade Civil Agrícola Lunardelli Limitada adquire da Companhia Agrícola e Pastoril de Goiás vendeu, uma área de 2.500 alqueires goianos (11.520 hectares), sendo ela constituída por terras incultas e Matas em que o objetivo da referida aquisição por esse grupo seria, inicialmente, a produção de café. “Iniciava-se aí novo e maior impulso do café em terras que, nesta época, compunham o território do Distrito de Jaraguá, denominado Goianésia.

A partir de então, a Região de Goianésia passa a ser destaque na produção de café, chegando à marca de 4.460.000 de pés de café em 1957.

Tabela 1. Quantidade de pés de Café em produção nas fazendas de Goianésia – GO.

Fazendas	Quantidade (pés)
Itajá	450.000
Monte Alegre	2.100.000
São Carlos	1.500.000
Outras *	410.000
Total	4.460.000

* Estimativas

Fonte: Moacir Lázaro de Melo, “A história de Goianésia”

Pode-se constatar que a região de Goianésia-Go se consolidou economicamente, principalmente no empreendedorismo privado, com a pecuária e os cultivos do café, arroz, feijão, milho e, mais recentemente, na industrialização e cultivo da cana-de-açúcar. (Santos, 2022).

A expressiva produção de café na região iniciada em 1938 tem seu declínio a partir da década de 1960. Neste período, Goianésia chega a ser conhecida como a cidade do café, com o ápice da produção em 1957. Entretanto os cafezais apresentavam morte prematura, ao redor de 8 anos de vida, a cultura inviabiliza-se e vai sendo substituída pelas culturas do arroz, feijão e milho e pela pecuária (Pietrafesa, 1995). Outro

importante fator que influenciou a redução da área plantada e da produção é, segundo Menezes et al. (2000), às doenças fúngicas nas quais as plantas eram suscetíveis, o clima quente, estiagens prolongadas e, a instabilidade dos preços no mercado internacional.

Além disso, o país passava por um momento em que o Governo Federal direcionava o foco para uma agricultura mais diversificada, nas culturas de grãos exportáveis.

No fim da década de 1960 a alteração no perfil produtivo da região fica evidente com a aquisição da Fazenda São Carlos pelos irmãos Jayme e Belmiro Fernandes onde implantaram a primeira usina de açúcar e álcool da região, constituindo a Sociedade Monteiro de Barros em 1968, hoje Usina Goianésia S/A. Nesse mesmo período se iniciou em Goianésia o plantio de cana-de-açúcar para abastecer a usina, dando início ao ciclo da cana-de-açúcar nesse município, que perdura até os dias atuais.

Considerações finais

A partir da análise detalhada das fontes documentais sobre a cultura do café em Goiás na década de 1920, foi possível concluir que esse período foi marcado por uma série de transformações econômicas, sociais e políticas na região. A cafeicultura não apenas impulsionou a ocupação de novas áreas, como também influenciou diretamente nas políticas governamentais de regularização fundiária e na expansão da malha ferroviária. O café se tornou um símbolo de prosperidade e desenvolvimento para Goiás, atraindo investimentos e colonos para as áreas florestadas do estado. Além disso, figuras importantes como Jalles Machado de Siqueira e Laurentino Martins Rodrigues desempenharam um papel fundamental no desenvolvimento e na promoção da cultura cafeeira na região de Goianésia, contribuindo para a consolidação econômica e social dessa área. No entanto, a partir da década de 1960 o declínio da produção de café evidenciou os desafios enfrentados pela cultura e a posterior substituição de áreas de café por outras espécies agrícolas e a produção de gado. Assim, a história da cafeicultura em Goiás não apenas reflete os momentos de glória e sucesso, mas também as adversidades e transformações que moldaram o cenário agrícola da região ao longo do tempo.

Notas

1 Correio Oficial. Estado de Goiás. Anno LXIII, 32 da República, N. 287, 4 de setembro de 1920, p. 12

- 2 Correio Official. Estado de Goiás. Anno LXIII, 32 da República, N. 287, 18 de dezembro de 1920, p. 7
- 3 Correio Official. Estado de Goiás. Anno LXVI, N. 519, Goyaz, 15 de outubro de 1921, p. 2
- 4 A Informação Goyana. Anno V, Vol. IV, N. 3, Rio de Janeiro, outubro de 1920, pp. 20 e 21.
- 5 A Informação Goyana. Anno V, Vol. IV, N. 5, Rio de Janeiro, outubro de 1920, pp. 36
- 6 A Informação Goyana. Anno V, Vol. IV, N. 7, Rio de Janeiro, fevereiro de 1921, pp. 55
- 7 A Informação Goyana. Anno VI, Vol. VI, N. 3, Rio de Janeiro, outubro de 1922, pp. 96
- 8 A Informação Goyana. Anno VII, Vol. VI, N. 11, Rio de Janeiro, junho de 1923, pp. 98
- 9 A Informação Goyana. Anno VII, Vol. VI, N. 11, Rio de Janeiro, junho de 1923, pp. 98
- 10 A Informação Goyana. Anno VII, Vol. VI, N. 11, Rio de Janeiro, junho de 1923, pp. 98
- 11 A Informação Goyana. Anno VII, Vol. VII, N. 3, Rio de Janeiro, outubro de 1923, pp. 20
- 12 A Informação Goyana. Anno VII, Vol. VII, N. 6, Rio de Janeiro, janeiro de 1924, pp. 41
- 13 A Informação Goyana. Anno VII, Vol. VII, N. 6, Rio de Janeiro, janeiro de 1924, pp. 41
- 14 A Informação Goyana. Anno VII, Vol. VII, N. 6, Rio de Janeiro, janeiro de 1924, pp. 41
- 15 A Informação Goyana. Anno VII, Vol. VII, N. 6, Rio de Janeiro, janeiro de 1924, pp. 41
- 16 A Informação Goyana. Anno VII, Vol. VII, N. 6, Rio de Janeiro, janeiro de 1924, pp. 41
- 17 Nos municípios de Santa Luzia, Bomfim e Pouso Alto, deparam-se cafeeiros com mais de meio século, e que não deixam de produzir. Nos quintaes, é comum verem-se cafeeiros especados para que os galhos não se quebrem ao peso dos fructos

Referências

- CABRAL, Diogo de Carvalho. **Na presença da floresta: Mata Atlântica e história colonial**. Rio de Janeiro: Garamond. 2014.
- CAMPOS, Francisco Itami. **Questão Agrária: bases sociais da política goiana (1930-1964)**. São Paulo, FFLCH/USP, 1985
- DEAN, Warren, 1996. **A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira**. Ed. Companhia das Letras, São Paulo (Brasil)
- DRUMMOND, Jose Augusto. **A história ambiental: temas, fontes e linhas de pesquisa**. Estudos Históricos. Rio de Janeiro, vol. 4, nº 8, 1991, p. 177-197.
- DUTRA E SILVA, Sandro. Ecological Ideas and Historical Construction of the Brazilian Cerrado. In: **Oxford Research Encyclopedia**. (Org.). Oxford Research Encyclopedia of Latin American History. 1ed.Oxford Research Encyclopedias: Oxford Research Encyclopedias, Latin American History, 2023, v. 1, p. 1-21.
- DUTRA E SILVA, Sandro. **No Oeste, a terra e o céu: a expansão da fronteira agrícola no Brasil Central**. Ed. Mauad X, Rio de Janeiro (Brazil) 2017.
- FAISSOL, Speridião. **O “Mato Grosso de Goiás”**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Conselho Nacional de Geografia. Rio de Janeiro: Serviço Gráfico do Instituto de Geografia e Estatística, 1952.
- Infante-Amate, J., Picado, W. Energy flows in the coffee plantations of Costa Rica: from traditional to modern systems (1935–2010). **Reg Environ Change** 18, 1059–1071 (2018). <https://doi.org/10.1007/s10113-017-1263-9>
- JAMES, Preston. Trends in Brazilian Agricultural Development. **Geographical Re-**

view, v. 3, n.43, 1953, p. 301-328.

KOHLHEPP, Gerd. **Colonização agrária no Norte do Paraná: processos geoeconômicos de desenvolvimento de uma zona pioneira subtropical do Brasil sob a influência da plantação de café.** Maringá: EDUEM, 2014.

MELO, Moacir Lázaro de. **A História de Goianésia.** Goiânia: O popular, 1985.

MONBEIG, P. **Pioneiros e fazendeiros de São Paulo.** 2. ed. São Paulo: Hucitec/Polis, 1998. 392 p.

NODARI, Eunice Sueli. “Mata Branca: o uso do machado, do fogo e da mo-tosserra na alteração da paisagem no Estado de Santa Catarina”. In **História Ambiental e migrações.** Org.: Eunice Sueli Nodari, João Klug. São Leopoldo: Oikos. 2012.

ORMOND, J.G.P; Paula, S.R.L; Faveret Fº, P. 1999 – **Café: (Re)Conquista dos Mercados.** Rio de Janeiro, BNEDES, BNDES Setorial, n.10, 3-56.

PÁDUA, José Augusto. **As bases teóricas da história ambiental.** Estud. av., 2010, vol.24, no.68, p.81-101. ISSN 0103-4014.

PIETRAFESA, José Paulo. **Organização do trabalho na indústria canavieira: o caso Goianésia.** Goiânia. Universidade Federal de Goiás, 1995. (Dissertação de Mestrado).

RODRIGUES, Sandra de Paula. **Os desafios para o desenvolvimento sustentável do município de Goianésia – Goiás.** Anápolis. Centro Universitário de Anápolis, 2009. (Dissertação de Mestrado).

SANTINATO, R. et al. Competição de variedades comerciais de café de porte alto e baixo e resistentes ou não a ferrugem em condição de irrigação sob pivot central no oeste da Bahia. In: **Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 28.,** Caxambu, 2002. Resumos... Caxambu: MAPA/Procafé, 2002. p. 467

SANTOS, José Mateus dos. **Escória da mineração e o setor sucroenergético: um estudo sobre a racionalidade sustentável em Goiás.** Anápolis: Universidade Evangélica de Goiás, 2022. (Tese de Doutorado).

WAIBEL, Leo. Uma viagem de reconhecimento ao sul de Goiás. **Revista Brasileira de Geografia,** v. 9, n. 3, 1947, p. 313-342.

ARTIGO I

Artigo a ser submetido ao periódico Revista História Ambiental da América Latina e Caribe (HALAC)

ISSN: 2237-2717

Café e meio ambiente: uma análise da história ambiental da produção de café no Cerrado brasileiro

Rodrigo Fernandes de Souza
Jadson Belém de Moura
Ayure Gomes da Silva
Sandro Dutra e Silva

Café e meio ambiente: uma análise cienciométrica da produção de café no Cerrado brasileiro

Rodrigo Fernandes de Souza

Jadson Belém de Moura

Ayure Gomes da Silva

Sandro Dutra e Silva

Resumo: O Cerrado brasileiro, ocupa cerca de 22% do território nacional, é vital tanto ecologicamente quanto para a agricultura, abrigando uma biodiversidade única e sendo um importante fornecedor de água para bacias hidrográficas. A produção de café no Cerrado é importante para o Brasil, o maior produtor mundial. Por possuir características edáficas e climáticas específicas, o Cerrado é palco de diversas pesquisas científicas para compreender e buscar estratégias para melhorar a produção agrícola na região. A ciencimetria, através da análise de publicações científicas, pode ajudar a identificar tendências e lacunas na pesquisa, promovendo práticas agrícolas mais sustentáveis e eficientes, além de mostrar os caminhos que os pesquisadores e instituições de ensino e pesquisa tem seguido na produção de conhecimento. Este trabalho teve como objetivo compreender a dinâmica da produção científica relacionadas à cultura do café cultivado no Cerrado brasileiro. O estudo revelou um aumento no interesse científico sobre o café no Cerrado, com colaborações internacionais e uma diversidade de tópicos pesquisados, desde a qualidade do café, passando por características de solos, organismos como fungos e bactérias até os impactos das mudanças climáticas.

Palavras-chave: Informetria, cafeicultura, colaboração científica.

Abstract: The Brazilian Cerrado, which occupies around 22% of the national territory, is vital both ecologically and for agriculture, housing a unique biodiversity and being an important supplier of water for river basins. Coffee production in the Cerrado is important for Brazil, the world's largest producer. Because it has specific soil and climatic characteristics, the Cerrado is the stage for various scientific research to understand and seek strategies to improve agricultural production in the region. Scientometrics, through the analysis of scientific publications, can help identify trends and gaps in research, promoting more sustainable and efficient agricultural practices, in addition to showing the paths that researchers and teaching and research institutions have followed in the production of knowledge. This work aimed to understand the dynamics of scientific production related to coffee growing in the Brazilian Cerrado. The study revealed an increase in scientific interest in coffee in the Cerrado, with international collaborations and a diversity of topics researched, from coffee quality, soil characteristics, organisms such as fungi and bacteria to the impacts of climate change.

Key-words: Informetrics, Coffee farming, Scientific collaboration.

Introdução

O Cerrado brasileiro, um vasto bioma que abrange cerca de 22% do território nacional, é uma região de inestimável valor ecológico e agrícola (Batalha, 2011). Caracterizado por sua extraordinária biodiversidade e uma complexa malha de ecossistemas, este bioma é frequentemente referido como o "berço das águas" devido ao seu papel crucial na sustentação de importantes bacias hidrográficas que irrigam o Brasil (Braz et al., 2004; Klink & Machado, 2005). Com uma área de aproximadamente 2.045.064 km², o Cerrado não só é o segundo maior bioma do país, mas também um dos mais ameaçados devido ao avanço da fronteira agrícola e à pressão por terras para a agricultura (Hunke et al., 2015).

Historicamente marginalizado em comparação com a floresta amazônica em termos de prioridades de conservação, o Cerrado hoje é considerado um hotspot global para a biodiversidade (Taber et al., 1997; Klink & Machado, 2005). É a casa de uma rica variedade de fauna e flora, algumas das quais não são encontradas em nenhum outro lugar do mundo. A diversidade de habitats no Cerrado, desde campos limpos e cerrados até matas de galeria e florestas estacionais, oferece uma matriz complexa que sustenta uma vida selvagem abundante junto com atividades humanas, principalmente a agricultura (Santos et al., 2013).

Entre as várias culturas agrícolas produzidas no Cerrado, o café destaca-se como uma das mais importantes. O Brasil, sendo o maior produtor mundial de café, depende significativamente do Cerrado, especialmente da região conhecida como o Triângulo Mineiro, para manter sua posição de liderança no mercado global. O café do Cerrado é celebrado por suas características únicas de sabor e aroma, atribuídas às condições climáticas ideais e ao solo rico em minerais da região. Estas condições permitem o cultivo de grãos de café que são altamente valorizados tanto no mercado interno quanto no internacional.

No entanto, a produção de café no Cerrado enfrenta vários desafios. As peculiaridades do solo do Cerrado, embora propícias para o café, apresentam desafios significativos devido à sua acidez natural e baixa fertilidade. Além disso, questões como a variabilidade climática, a gestão sustentável dos recursos hídricos e a preservação da biodiversidade local são preocupações constantes para os agricultores e para os gestores ambientais. A produção intensiva e a expansão das áreas de cultivo têm também levado a preocupações crescentes sobre a degradação ambiental, incluindo a erosão do solo e a

perda de habitat natural.

Diante desses desafios, a cienciometria surge como uma ferramenta essencial para o avanço do conhecimento e a inovação na agricultura do Cerrado. A cienciometria é uma técnica que analisa de forma eficaz publicações científicas, dados quantitativos e qualitativos, identificando e traçando as tendências de pesquisa atuais, além de guiar estudos futuros. (Zhong et al., 2016). Através desta metodologia pode-se verificar os indicadores cienciométricos e seus efeitos que refletem em indicadores de eficácia da produção de artigos (Mugnaini et al. 2004). Por realizar a análise de grandes volumes de publicações científicas e dados, a cienciometria permite a identificação de tendências emergentes, lacunas na pesquisa existente e oportunidades para o desenvolvimento de práticas agrícolas mais sustentáveis. Ao mapear a evolução da pesquisa sobre a cultura do café no Cerrado, os cientistas e decisores podem basear suas estratégias em evidências sólidas, promovendo abordagens que maximizem a produtividade enquanto minimizam os impactos ambientais negativos.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho empregar técnicas cienciométricas para explorar profundamente as interações entre a produção de café e o meio ambiente no Cerrado, bem como entender as tendências de pesquisas e explicar a importância desta cultura na História Ambiental Brasileira.

Material e Métodos

Para o levantamento cienciométrico, realizou-se uma busca automática utilizando-se a Coleção Principal do Web of Science com os termos de busca coffee, and cerrado*, o tempo estipulado não foi delimitado, assim, a pesquisa buscou trabalhos publicados em todos os anos. Foram utilizados os índices: SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI. A busca procedeu com o refinamento do resultado para um único tipo de documento (Article). Foram excluídos os trabalhos que não tratavam do tema de interesse de forma manual. Os trabalhos foram exportados utilizando-se os Formatos BibTex, separados por tabulações (Win) e Excel.

Para a análise dos dados, foram utilizados os softwares RStudio® (versão 3.6.1) e VOSviewer® (versão 1.6.16). Para a execução da análise bibliométrica, em interface ao RStudio, foram instalados os pacotes bibliometrix e biblioshiny. Com os pacotes e metadados instalados, foi possível acessar o número total de publicações/ano, nome do autor, países/regiões, métricas de autoria, fontes de periódicos e palavras-

chave. Por meio do VOSviewer foi analisada a rede de colaboração por coautoria e por coocorrência das palavras-chave (Figueiredo et al., 2020).

Resultados e Discussão

No total a busca reportou 143 trabalhos e, após filtragem criteriosa, 114 trabalhos foram selecionados para análise cienciométrica. Tais trabalhos foram publicados entre os anos de 2000 e 2023.

Na Figura 1 estão apresentados os resultados para o número de trabalhos por ano de publicação entre 2000 e 2023.



Figura 1. Número de trabalhos publicados com o tema Café e Cerrado, por ano de publicação entre 2000 e 2023.

A análise do número de trabalhos publicados por ano revela uma tendência geral de crescimento na produção científica sobre a cultura do café no cerrado ao longo do tempo, com alguns períodos de maior atividade. Inicialmente, observa-se um início discreto nos anos 2000, seguido por um aumento significativo a partir de 2003, com um pico de 13 trabalhos publicados em 2011. Embora haja flutuações nos números ao longo dos anos seguintes, a tendência geral é de estabilidade, com um número substancial de trabalhos sendo publicados anualmente. Notavelmente, os anos mais recentes, como 2018, 2019 e 2020, apresentaram um aumento significativo na produção, indicando um crescente interesse e engajamento na pesquisa sobre esse tema. No entanto, é importante notar que o número de trabalhos publicados em 2021 diminuiu ligeiramente em comparação com os anos anteriores, sugerindo possíveis flutuações na atividade de pesquisa ou variações nas tendências editoriais. Essa análise do histórico de publicações fornece informações importantes sobre o ritmo e o desenvolvimento da pesquisa

científica sobre a cultura do café no cerrado ao longo das últimas duas décadas.

Estes resultados indicam aumento de pesquisadores interessados nesta temática, mas não necessariamente indica que este assunto esteja em grande evidência na comunidade científica, porém é importante ressaltar que o número de publicações é uma das formas mais utilizadas para quantificar o progresso e o andamento evolutivo da ciência (Verbeeket al. 2002).

A relação dos periódicos com trabalhos publicados e a respectiva quantidade de trabalhos entre 2000 e 2023 com a temática Café e Cerrado estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Principais periódicos e número de trabalhos sobre café no cerrado publicados entre 2000 e 2023.

Revista	nº Trabalhos
Ciência e Agrotecnologia	20
Pesquisa Agropecuária Brasileira	11
Bioscience Journal	7
Revista Brasileira de Ciência do Solo	7
Acta Scientiarum-Agronomy	3
Bragantia	2
Communications in Soil Science and Plant Analysis	2
Engenharia Agrícola	2
International Journal of Biometeorology	2
Journal of the Science of Food and Agriculture	2
Pesquisa Agropecuária Tropical	2
Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental	2
Semina – Ciências Agrárias	2
Soil & Tillage Research	2

A análise das revistas científicas que publicaram trabalhos sobre o tema café e cerrado revela uma variedade de publicações dedicadas à pesquisa agrícola e ambiental. A revista "Ciência e Agrotecnologia" destaca-se como a principal publicadora, com 20 trabalhos relacionados ao assunto. Em seguida, a "Pesquisa Agropecuária Brasileira" e o "Bioscience Journal" apresentam 11 e 7 trabalhos, respectivamente. Outras revistas, como "Revista Brasileira de Ciência do Solo" e "Acta Scientiarum-Agronomy", também contribuíram com um número significativo de artigos, totalizando 7 e 3 trabalhos, respectivamente. Essa diversidade de revistas reflete o interesse e a relevância do tema para diferentes campos da ciência, incluindo agronomia, ciência do solo e meteorologia, demonstrando a ampla gama de pesquisas sendo realizadas sobre a cultura do café no

cerrado.

A relação entre a quantidade de trabalhos publicados por autor está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Quantidade de trabalhos publicados e respectivo número de autores/coautores.

Quantidade de trabalhos	Autores / Coautores
1	395
2	54
3	13
4	4
5	3
6	3
10	1

A análise da relação entre a quantidade de trabalhos publicados por autor revela uma distribuição variada de contribuições na pesquisa sobre a cultura do café no cerrado. A predominância de 395 autores que publicaram apenas um trabalho cada sugere uma ampla participação e diversidade de colaboradores nessa área de estudo. Por outro lado, a presença de um autor que contribuiu com dez trabalhos reflete um alto nível de engajamento e produtividade por parte desse indivíduo. Essa distribuição evidencia a natureza colaborativa e inclusiva da pesquisa científica, onde uma grande quantidade de pesquisadores, de diferentes origens e áreas de especialização, contribui com suas descobertas para o avanço do conhecimento sobre o tema.

A relação dos trabalhos mais citados com esta temática está apresentada na Tabela 2.

Tabela 2. Relação dos 10 trabalhos mais citados relacionados a Café e Cerrado, com respectivos DOI e número Total de Citações.

Trabalho	DOI	Total de Citações
Taniwaki et al, 2003	10.1016/S0168-1605(02)00310-0	227
Coltro et al., 2006	10.1065/lca2006.01.230	58
Giannetti et al, 2011a	10.1016/j.agry.2011.08.001	50
Giannetti et al, 2011b	10.1016/j.enpol.2011.09.005	40
Marraccini et al, 2011	10.1186/1471-2229-11-85	35
Taniwaki et al, 2014	10.1016/j.foodres.2013.12.032	34
Hombegowda et al, 2016	10.5194/soil-2-13-2016	33
Pereira SP et al, 2011	10.1590/S0100-204X2011000200006	32
Santos Teixeira et al 2019	10.1590/1413-70542018425017518	29
Pinto et al, 2007	10.1093/aob/mcm211	29

A análise dos trabalhos mais citados revela uma variedade de tópicos e áreas de

pesquisa que têm gerado interesse significativo na comunidade acadêmica. Desde estudos sobre microbiologia alimentar até avaliações do ciclo de vida e políticas energéticas, os trabalhos citados abrangem uma ampla gama de questões relacionadas à produção e sustentabilidade da cultura do café no cerrado. A presença de estudos recentes, como os de 2016 e 2018, ao lado de trabalhos mais antigos, demonstra a continuidade e a relevância contínua dessas pesquisas ao longo do tempo. Esses trabalhos citados fornecem uma base sólida para o avanço do conhecimento e o desenvolvimento de políticas e práticas mais eficazes na produção de café nessa região.

Dentre os trabalhos mais citados, destaca-se o trabalho de Taniwaki et al. (2003) com 227 citações. Os autores avaliaram a fonte de ocratoxina A no café brasileiro e sua formação em relação aos métodos de processamento. Este trabalho reforça a hipótese de que os autores têm buscado pesquisar temas relacionados a diferentes espécies agrícolas, vinculando principalmente a problemas que vão além da produção. Neste caso, o trabalho revelou as principais espécies de fungos que atuam na produção dessa toxina no café.

O segundo trabalho com maior número de citações foi Coltro et al. (2006) em que os autores analisaram o Perfil ambiental do café brasileiro, e identificaram as demandas nutricionais e hídricas necessárias para a produção dessa cultura. Trabalhos dessa natureza são importantes pois permite a compreensão dos potenciais impactos ambientais de cada cultivo e, fornece informações para que seja estabelecidas bases para a rotulagem ecológica dos produtos.

O terceiro e quarto trabalhos mais citados foram publicados pelos mesmos autores (Giannetti et al, 2011a e 2011b). Estes trabalhos tratam sobre avaliação de uma fazenda de café no cerrado brasileiro com foco em serviços ambientais (2011a) e Fluxos contábeis para determinar o melhor modelo de produção de café (2011b). Ambos os trabalhos possuem pegadas relacionadas com o uso da terra buscando a sustentabilidade a fim de melhorar os fluxos energéticos para impulsionar o processo produtivo de forma sustentável.

A relação das principais instituições em que os autores estão vinculados está apresentada na Tabela 3.

Tabela 3. Relação das principais Instituições com autores/coautores afiliados que publicaram trabalhos relacionados com a temática Café e Cerrado.

Instituição	Autores afiliados
UFLA – Universidade Federal de Lavras	65
USP – Universidade de São Paulo	26
UFV – Universidade Federal de Viçosa	19
UNB – Universidade de Brasília	21
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	11

Como esperado, a maioria dos autores estão vinculados a instituições brasileiras. A análise revelou uma distribuição significativa para as instituições em que autores e coautores estão vinculados sobre a produção de trabalhos científicos sobre café no cerrado. Do total de 473 pesquisadores, a Universidade Federal de Lavras (UFLA) se destaca como a principal instituição, contribuindo com um total de 65 profissionais ligados a esta importante Instituição de ensino. Em seguida, a Universidade de São Paulo (USP) e a Universidade Federal de Viçosa (UFV) também apresentam uma participação significativa, com 26 e 19 autores, respectivamente. Além disso, a Universidade de Brasília (UNB) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) quem também desempenharam um papel relevante contribuíram com 21 e 11 autores, respectivamente, afiliados a estas instituições. Esses números evidenciam a diversidade de instituições envolvidas na pesquisa sobre café no cerrado, destacando a colaboração entre universidades e instituições de pesquisa na produção de conhecimento científico nessa área específica.

Foi possível gerar, a partir dos dados coletados, a rede de colaboração entre os países que têm autores vinculados a instituições espalhadas pelo mundo. Esta rede está apresentada na Figura 2.

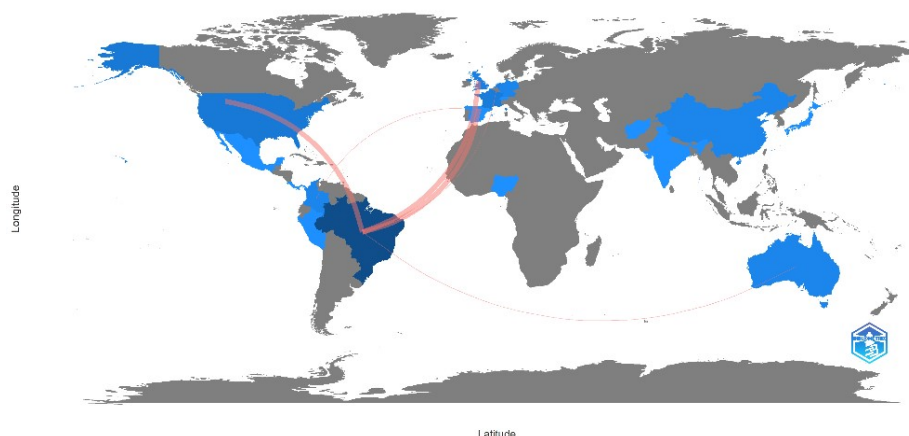


Figura 2. Relação entre países de origem dos autores.

A análise da colaboração entre países na pesquisa sobre a cultura do café no cerrado revela uma rede global de intercâmbio científico e cooperação. O Brasil, como principal produtor de café no mundo, emerge como um ponto central nessas colaborações, estabelecendo conexões significativas com países como França, Reino Unido, Estados Unidos e Austrália. Essas parcerias internacionais indicam um interesse compartilhado em questões relacionadas à produção, qualidade e sustentabilidade do café, além de promover a troca de conhecimentos e experiências entre diferentes contextos e abordagens científicas. Além disso, a presença de colaborações entre outros países produtores de café, como Colômbia, ressalta a importância da cooperação global para enfrentar os desafios comuns enfrentados pela indústria cafeeira. Essas parcerias internacionais não apenas enriquecem a pesquisa, mas também contribuem para o avanço do setor cafeeiro e o desenvolvimento de práticas mais sustentáveis e inovadoras na produção de café no cerrado e em todo o mundo.

Foram analisadas um total de 373 palavras-chave de autores e as 28 mais citadas estão representadas na Figura 3.



Figura 3. Palavras-chave mais citadas pelos autores.

A análise das palavras-chave mais utilizadas pelos autores de trabalhos sobre o tema revela áreas de foco e interesse predominantes na pesquisa relacionada à cultura do café no cerrado. Termos como "qualidade", "rendimento" e "crescimento" destacam-se como aspectos fundamentais estudados, refletindo o interesse em melhorar a produção e a qualidade do café nessa região. Além disso, palavras-chave como

"oxissol", "fotossíntese" e "manejo" indicam uma preocupação com questões específicas do solo e do ambiente de cultivo, enquanto "mudanças climáticas" e "impactos" apontam para a crescente preocupação com os efeitos das mudanças ambientais na produção de café. A diversidade de termos reflete a complexidade e a abrangência da pesquisa sobre o tema, abordando desde aspectos agrônômicos e ambientais até questões relacionadas à qualidade e sustentabilidade da produção cafeeira no cerrado.

Conclusão

A análise da produção científica sobre a cultura do café no cerrado brasileiro revelou um crescimento significativo na quantidade de trabalhos publicados ao longo do tempo. Esses estudos abordam uma ampla variedade de tópicos, refletindo a complexidade da pesquisa na área, e demonstram uma colaboração científica internacional, com o Brasil desempenhando um papel central. Além disso, a diversidade de instituições envolvidas destaca a amplitude da pesquisa e inovação nesse campo. As palavras-chave mais utilizadas pelos autores indicam áreas de interesse predominantes, como qualidade, rendimento e preocupações ambientais, refletindo as prioridades dos pesquisadores na cafeicultura no cerrado.

Referências Bibliográficas

BATALHA, M.A. O cerrado não é um bioma. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 1, p. 1–4, 2011.

BRAZ, S.P. et al. **Degradação de Pastagens, Matéria Orgânica do Solo e a Recuperação do Potencial Produtivo em Sistemas de Baixo “Input” Tecnológico na Região dos Cerrados**. Seropédica, RJ: Embrapa Agrobiologia, 2004. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAB-2010/32087/1/cit009.pdf>>.

COLTRO, L.; PAULA, A.L.M.; OLIVEIRA, J.P.; BADDINI, O.A.; KLETECKE, R.O. Environmental Profile of Brazilian Green Coffee. **The Internacional Journal of Life Cycle Assessment**. 11 (1) 16 – 21 (2006)

FIGUEREDO, W.N.; MACÊDO, T.T.S.; CARDOSO, G.M.P.; FERNANDES, E.T.B.S. Análise bibliométrica da produção brasileira sobre a COVID-19. **Rev baiana enferm**. 2020; 34: e37107.

HUNKE, P. et al. The Brazilian Cerrado: assessment of water and soil degradation in catchments under intensive agricultural use. **Ecohydrology**, v. 8, n. 6, p. 1154–1180, set. 2015.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 147–155, 2005.

Kong B (2017) **Study of the microbial community structure in the rhizosphere of understory dwarf bamboo (*Sasa kurilensis*) in a *Betula ermanii* forest, northern Japan**. PhD Thesis, Hokkaido University

LIM J-H, KIM S-D (2013) Induction of Drought Stress Resistance by Multi-Functional PGPR *Bacillus licheniformis* K11 in Pepper. **Plant Pathol J** 29:201–208. <https://doi.org/10.5423/PPJ.SI.02.2013.0021>

MAIA, L. C. et al. Diversity of Brazilian Fungi. **Rodriguésia**. 2015. v. 66, n.4, p. 1033-1045

MOURA, J. B.; VENTURA, M. V. A.; VIEIRA JUNIOR, W. G.; SOUZA, R.F.; LOPES FILHO, L.C; BRAGA, A. P. M.; MATOS, D. J. C.; ROCHA, E.C.V. Microbial diversity as a soil quality indicator in agroecosystems in Brazilian Savannas. **African Journal Of Agricultural Research**, v. 13, p. 1306-1310, 2018.

Mugnaini, R., Jannuzzi, P. D. M., & Quoniam, L. 2004. Indicadores bibliométricos da produção científica brasileira: uma análise a partir da base Pascal. *Ciência da Informação*, 33(2), 123–131. DOI: 10.1590/S0100-19652004000200013

SANTOS HG DOS, JACOMINE PKT, ANJOS LHC DOS, OLIVEIRA VÁ DE, LUMBRERAS JF, COELHO MR, ALMEIDA JA DE, CUNHA TJ. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa. 2013

SILVA, M.F.; LIMA, G.A.B.O. Avaliação de usabilidade em interface de busca com navegação facetada e busca por palavra-chave. **Tendências da Pesquisa Brasileira em Ciência da Informação**, v.8, n.1, jan./jun. 2015.

TABER, A.; NAVARRO, G.; ARRIBAS, M. A. A new park in the Bolivian Gran Chaco – an advance in tropical dry forest conservation and community-based management. **Oryx**, v. 31, n. 3, p. 189, 1997.

TANIWAKI, M.H.; TEIXEIRA, J.I.; IAMANAKA, B.T. The source of ochratoxin A in Brazilian coffee and its formation in relation to processing methods. **Int J Food Microbiol**. 2003 Apr 25;82(2):173-9. doi: 10.1016/s0168-1605(02)00310-0.

VERBEEK, A., DEBACKERE, K., LUWEL, M., ZIMMERMANN, E. 2002. **Measuring The Progress And Evolution In Science And Technology - I: The multiple uses of Bibliometric indicators**. *International Journal of Management Reviews*, v. 4, p. 179- 211.

WIVES, Leandro. **Tecnologias de Descoberta de Conhecimento em Textos aplicadas à Inteligência Competitiva**. 2002. 100f. Exame de Qualificação - Pós-Graduação em Computação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

ARTIGO II

Artigo submetido ao Scientific Reports

ISSN: 2045-2322

**ARBUSCULAR MYCORRHIZA IN COFFEE GENOTYPES
GROWN IN THE CERRADO**

Rodrigo Fernandes de Souza
Jadson Belém de Moura
Sandro Dutra e Silva
Rafael Mendonça Ribeiro
Maisa França Teixeira
Carlos de Melo e Silva Neto
Cleiton Mateus Souza

Arbuscular mycorrhiza in coffee genotypes grown in the Cerrado

Rodrigo Fernandes de Souza, Jadson Belém de Moura, Sandro Dutra e Silva, Rafael Mendonça Ribeiro, Maisa França Teixeira, Carlos de Melo e Silva Neto & Cleiton Mateus Souza

Summary

Coffee is one of the most important agricultural crops worldwide, with Brazil being one of the largest producers, especially in the Cerrado biome. The Cerrado region, known for its low natural soil fertility, presents unique challenges that can be mitigated through the use of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), which form mutualistic associations with plant roots, improving nutrient absorption and tolerance to abiotic stresses. This study aimed to investigate the diversity of AMF associated with different coffee varieties in the Cerrado and to understand how this diversity may influence plant adaptation and productivity in low-fertility soils. An experiment was conducted at the Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, using 35 coffee genotypes in a randomized block design. The rhizospheric soil samples were collected for analysis of spore density and mycorrhizal colonization rate. Statistical analysis was used to compare the interactions between different varieties and genera of the identified AMF. There were no statistically significant differences in spore density or colonization rate between the coffee lines, indicating a uniform interaction between the varieties and AMF. The selection of coffee varieties that form efficient associations with AMF may be a valuable strategy for improving productivity and sustainability in low-fertility soils. Understanding these mycorrhizal interactions offers important guidelines for agricultural management, promoting more resilient cropping practices adapted to local conditions.

Keywords: *Coffea arabica*, ednomycorrhiza, tropical savannahs, agroecology

Introduction

Coffee cultivation is one of the most significant and traditional agricultural

activities in several regions of the world and plays a crucial role in the economies of several countries. Originating in Ethiopia, coffee has spread globally, adapting to different climates and soils, which has resulted in a wide variety of species and cultivars. Coffee cultivation is both a science and an art process, requiring knowledge and care at all stages, from seedling choice to grain harvest. In addition to being a beverage appreciated worldwide, coffee has a significant impact on the lives of millions of farmers and workers involved in its production, processing and marketing.¹

In Brazil, the Cerrado stands out as one of the main coffee-producing regions, especially in recent decades. Characterized by its tropical climate with a well-defined dry season and soils of low natural fertility, the Cerrado presents unique challenges for coffee cultivation. However, with the development of appropriate management techniques, such as soil correction and irrigation, coffee farmers have been able to overcome these adversities and produce high-quality coffee. The region is known for its beans, which have a balanced flavor and pleasant aroma, significantly contributing to Brazil's reputation as one of the largest coffee producers in the world.²

Coffee cultivation represents one of the pillars of Brazilian agriculture, and the country is recognized worldwide as one of the largest producers and exporters of this bean.³⁻⁵ . Coffee cultivation has extended across several regions, each with specific climatic and edaphic characteristics. Among these regions, the Cerrado biome has been gaining prominence as a promising area for coffee cultivation due to its favorable conditions, especially from the physical point of view of the soil, and the increasing development of technologies adapted to this ecosystem.⁶⁻⁸ .

However, coffee cultivation in Cerrado soils presents significant challenges, mainly due to the low natural fertility of these soils, which are typically acidic and poor in essential nutrients.⁹ . This characteristic requires careful agricultural management from the producer and the adoption of practices aimed at improving soil fertility and crop sustainability.

In this context, arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) are important for coffee cultivation in soils with low fertility. These organisms form a mutualistic symbiosis with the roots of plants, in which both plants benefit.^{10,11} . AMF aid in the absorption of water and nutrients, especially phosphorus, and in exchange for carbohydrates

produced by photosynthesis. In addition, mycorrhizae may contribute to the resistance of plants to biotic and abiotic stresses, improving the sustainability of the production system.¹²⁻¹⁵.

In the specific case of coffee plants, mycorrhizal associations play a crucial role since these plants are highly dependent on AMF for proper development and productivity.¹⁶. Understanding the biodiversity of mycorrhizal fungi in different coffee varieties grown in the Cerrado is essential for the development of management practices that enhance the benefits of this symbiosis, contributing to the economic and environmental viability of coffee cultivation in this biome.

Cerrados are known for their high biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) due to the edaphoclimatic conditions that stimulate symbiotic associations between AMF and plants. coffee in this biome. Therefore, this study aimed to investigate the diversity of AMF associated with different coffee varieties in the Cerrado biome, seeking to understand how this biodiversity may influence plant adaptation and productivity in the context of low-fertility soils.

Materials and Methods

The experiment was installed at the Instituto Federal Goiano - Campus Ceres - GO, in the São Patrício Valley, Centro Goiano, in the city of Ceres - GO, in April 2015; however, this study was conducted in May 2021. The experimental area has a southern latitude of 15°21'00.67", a western longitude of 49°35'56.98", and an approximate altitude of 570 m. The soil is characterized as Red Oxisol (SANTOS *et al.*, 2013). According to the Köppen climate classification, the local climate is Aw, which is hot and semihumid with a well-defined season from May to September. The average annual temperature is 27.7°C, with minimum and maximum averages of 19.0 and 36.4°C, respectively, and the annual rainfall is approximately 1,601 mm. The chemical and physical properties of the soil in the experimental area used for planting the coffee plants are presented in Table 1.

Table2 . Physicochemical properties of soil cultivated with coffee. Ceres, Go.

Sample	Prof.	pH	OM	Q	K	Ca	Mg	H+Al	V	Sand	Silt	Clay
	cm	Water	g.dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----cmolc dm ⁻³ -----				%	-----g.dm ⁻³ -----		
Single	0-20	5,80	20,30	12,8	0,2	3,0	1,80	2,70	65,7	377	83	540

Maintenance fertilization was performed according to the recommendation of the 5th approach of the Soil Fertility Commission of the State of Minas Gerais (GUIMARÃES *et al.*, 1999). The control of pests and diseases was achieved through constant monitoring, according to the needs of the crop. Weeds were controlled along the planting row via periodic mowing. The drip irrigation system consisted of simple lateral lines of 16 mm polyethylene and self-compensating emitters, with a flow rate of 2.2 L h⁻¹ spaced 0.5 m apart. During the dry season, the coffee plantations were irrigated three times a week. The applied depth was the same for all plots and was calculated as a function of the accumulated reference evapotranspiration (ET_o) of the Class A tank, which is located at the meteorological station of the institute.

For this study, 35 coffee genotypes kept in a randomized block design distributed in 4 blocks (replications) were considered. The rhizospheric soil samples were collected on May 15, 2021, with the aid of a cutting shovel and plastic bags. The treatments are listed in Table 2.

Table 3. Treatments: cultivars/progenies and institution maintaining the record

Cultivate/Progeny	Inst. Maintainer	Cultivate/Progeny	Inst. Maintainer
Oeiras MG 6851	EPAMIG	IPR 98	IAPAR
Catiguá MG1	EPAMIG	IPR 99	IAPAR
Sacramento MG 1	EPAMIG	IPR 100	IAPAR
Catiguá MG2	EPAMIG	IPR 103	IAPAR
Araponga MG1	EPAMIG	Yellow Catucaí 2SL	PROCAFÉ
Paraíso MG 419-1	EPAMIG	Catucaí Amarelo 24/137	PROCAFÉ
Brazilwood MG1	EPAMIG	Catucaí Amarelo 20/15 cova 479	PROCAFÉ
Catiguá MG3	EPAMIG	Catucaí Vermelho 785/15	PROCAFÉ
Topázio MG 1190	EPAMIG	Acauã 2 and 8	PROCAFÉ
23II*	EPAMIG	Late Sage or Sage 398	PROCAFÉ
IPR 104	IAPAR	White Wing	PROCAFÉ
Sarchimor MG8840	EPAMIG	IBC - Palma 2	PROCAFÉ
Red Catucaí 15/20	PROCAFÉ	Acauã	PROCAFÉ
Tupi IAC 1669-33	IAC	Acauã Novo	PROCAFÉ
Obatã Verm IAC 1669-20	IAC	H-419-3-3-7-16-4-1*	EPAMIG
Yellow Obatã IAC 4932	IAC	Paraíso H419-10-6-2-12-1*	EPAMIG
Red Catucaí IAC 15	IAC	Paraíso H419-10-6-2-10-1*	EPAMIG
Yellow Catucaí IAC 062	IAC		

The samples were placed in Styrofoam boxes with ice and taken to the Microbiology Laboratory of the Faculdade Evangélica de Goianésia where they were analyzed.

Spores of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) were extracted from 50 cm³ of rhizospheric soil by the wet sieving technique.¹⁷ followed by centrifugation in water and 50% sucrose solution. The spores were separated according to their phenotypic

characteristics, such as color, size and shape, to construct different morphotypes under a stereoscopic binocular magnifying glass.

To determine the percentage of colonization, the roots were clarified and stained with 0.05% Trypan blue in lactoglycerol¹⁸, and colonization evaluation was performed under a stereoscopic microscope following the quadrant intersection technique¹⁹.

For the identification of the AMF genera based on their morphological characteristics, the spores were separated according to their morphotype and mounted on slides with pure polyvinyl lactoglycerol (PVLG) and PVLG mixed with Melzer (1:1 v/v). To support the identification work, original articles describing the species and descriptions of the species provided on the website of the "International Culture Collection of Arbuscular and Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi" will be used.²⁰.

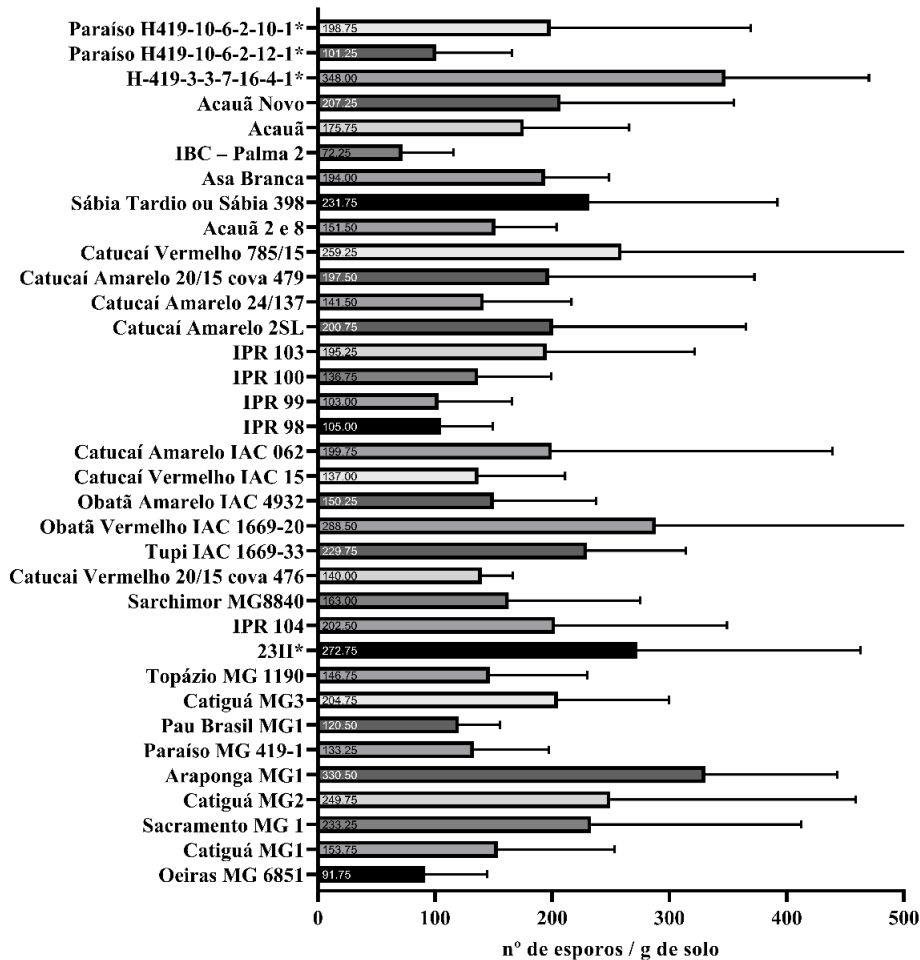
The data were subjected to analysis of variance using the program Agrostat²¹, and statistical analyses of canonical correspondence were performed using the software Past²².

Results and Discussion

When investigating mycorrhizal activity through spore density and mycorrhizal colonization rate, no significant difference was observed between the coffee lines analyzed (Figure 1). The spore density of mycorrhizal fungi in the soil and the colonization rate of these fungi in the roots of coffee plants can be interpreted as bioindicators of plant stress. These parameters reflect the interactions between plants and soil microorganisms, which are essential for plant health and development.²³.

The density of mycorrhizal fungal spores in the soil is an indicator of the activity and presence of these organisms in the environment. An increase in spore density may indicate a favorable environment for the development of these fungi, which is generally associated with healthy soil and plant conditions. On the other hand, a decrease in spore density may be a sign of adverse conditions such as water stress, nutritional deficiency or contamination by agrochemicals, which negatively affect the activity of mycorrhizal fungi.²⁴⁻²⁶.

A



B

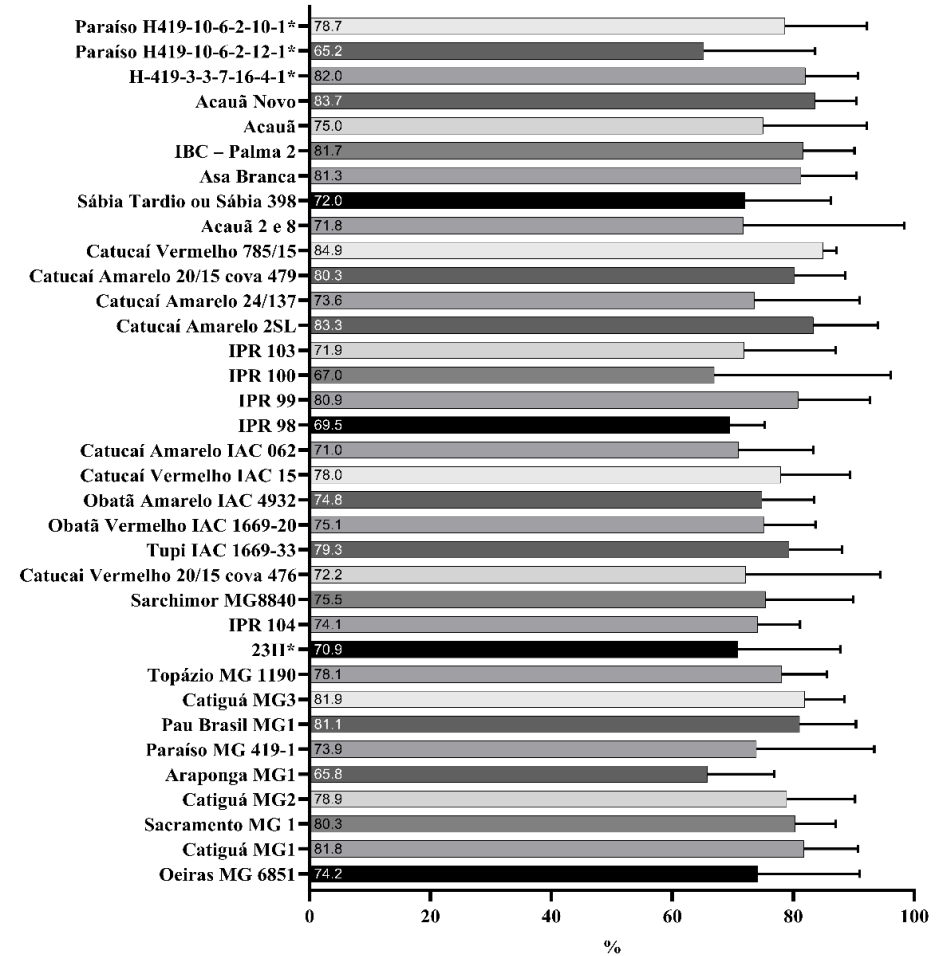


Figure 1. Spore density (A) and mycorrhizal colonization rate (B) of identified AMF associated with coffee lines cultivated in Cerrado soil.

The studied coffee lines do not show enough genetic differences among them to alter the mycorrhizal behavior in the soil. Factors such as exudation of substances by the roots, both in quantity and in quality, can influence the way in which the sporulation of the fungus occurs in the rhizosphere. This explains why there were no differences in the amount of sporulation between the investigated strains. Similar behavior can be observed in studies that verified the difference in sporulation of plants of the same species but of different lineages and varieties.²⁷ .

The rate of colonization of coffee plant roots by mycorrhizal fungi is another important indicator. A high colonization rate suggests efficient symbiosis between fungi and roots, which contributes to better nutrient and water absorption, in addition to providing protection against root pathogens. A low colonization rate, on the other hand, may indicate plant stress, whether due to biotic or abiotic factors, that compromises the formation or function of mycorrhizae.²⁶ .

As the plants were subjected to the same cultivation conditions in a controlled system, the plants were not subjected to any differentiated stress, which could stimulate mycorrhizal colonization in the roots, which explains why no differences in colonization were observed among the studied strains (Figure 1B). The monitoring of these parameters can provide valuable information on the health of the soil–plant system and the presence of plant stress in coffee cultivation in the Cerrado. By identifying changes in spore density and colonization rate, producers can adopt more appropriate management measures to mitigate stress and promote plant health and sustainability in coffee production.

Table 1 presents the genera of the mycorrhizal fungus arbuscular that were identified in the rhizosphere of 35 coffee lines cultivated in Cerrado soil. Mycorrhizal biodiversity plays a key role in the sustainability and productivity of agricultural systems, including coffee cultivation in the Cerrado biome.

In soils with low fertility, such as those found in the Cerrado, mycorrhizae play an even more critical role. They aid in the absorption of nutrients, especially phosphorus, which is a scarce element in these soils but is vital for plant growth and development.²⁸ .

Table 4. The AMF genera associated with the rhizosphere of coffee lines cultivated in Cerrado soil were identified.

Treatment	<i>Acaulospora</i>	<i>Ambispora</i>	<i>Archaeospora</i>	<i>Cetraspora</i>	<i>Claroideoglossum</i>	<i>Dentiscutata</i>	<i>Diversispora</i>	<i>Funneliformis</i>	<i>Gigaspora</i>	<i>Glomus</i>	<i>Racocetra</i>	<i>Scutellospora</i>	<i>Septoglossum</i>
Oeiras MG 6851					x					x			
Catiguá MG1				x		x				x	x		
Sacramento MG 1										x	x		
Catiguá MG2					x					x	x		
Araponga MG1				x		x				x	x		
Paraíso MG 419-1	x			x		x				x			x
Brazilwood MG1	x								x	x	x		x
Catiguá MG3										x			
Topázio MG 1190						x		x			x		
23II*								x		x	x		
Sarchimor MG8840		x	x		x			x	x	x	x		x
H-419-3-3-7-16-4-1*					x						x		
Paraíso H419-10-6-2-12-1*	x								x	x	x		
Paraíso H419-10-6-2-10-1*				x	x				x	x			
Tupi IAC 1669-33				x						x			
Obatã Vermelho IAC 1669-20					x				x		x		
Yellow Obatã IAC 4932	x			x		x				x			
Red Catucaí IAC 15		x		x			x	x	x	x	x		
Yellow Catucaí IAC 062								x		x	x		
IPR 104								x		x	x		
IPR 98	x			x	x	x				x			
IPR 99				x	x				x	x	x		
IPR 100			x		x	x		x	x				
IPR 103	x	x			x	x		x	x	x	x		
Catucaí Vermelho 20/15 cova 476	x		x	x		x			x				
Yellow Catucaí 2SL	x					x				x			
Catucaí Amarelo 24/137				x	x							x	
Catucaí Amarelo 20/15 cova 479				x		x				x			
Catucaí Vermelho 785/15									x	x	x		
Acauã 2 and 8	x	x				x			x		x		x
Late Sage or Sage 398			x	x		x		x	x				
White Wing						x			x	x	x		
IBC - Palma 2						x				x	x		
Acauã	x	x		x				x	x				x
Acauã Novo		x							x	x	x		

In addition to nutritional aspects, mycorrhizae improve soil structure, increasing soil porosity and water retention, which is crucial for plant resistance during periods of water stress.²⁹ .

Figure 2 presents the canonical correspondence analysis between AMF genera and Coffee lines cultivated in Cerrado soil.

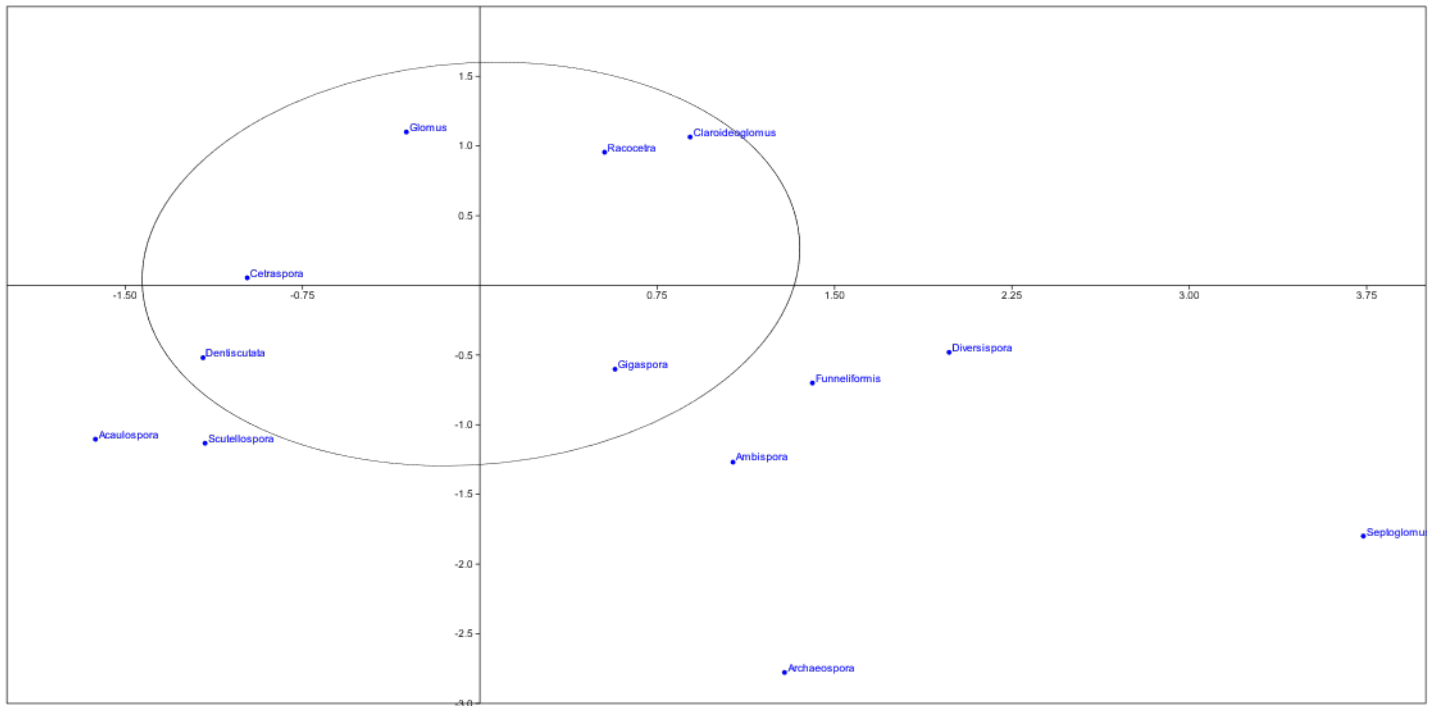


Figure 2. Canonical correspondence analysis between AMF genera and Coffee lines cultivated in Cerrado soil.

This analysis estimates which genera of arbuscular mycorrhizal fungi exhibit greater affinity for the coffee lines investigated. There were no differences between the identified genera in relation to the lineages, a behavior similar to that seen in the values of spore density and mycorrhizal colonization rate (Figure 1). The genera located within the cluster are those with greater affinity for coffee plants grown in Cerrado soil. The abundances of the genera *Glomus*, *Racocetra*, *Claroideoglomus*, *Cetraspora*, *Dentisculata* and *Gigaspora* are the highest, and the others are found casually in the rhizosphere of coffee plants in Cerrado soil.

In coffee cultivation, mycorrhizal diversity is particularly important. Different species of mycorrhizal fungi may offer specific benefits to coffee plants, such as greater resistance to root diseases and optimization of water and nutrient uptake. This translates to better quality beans and higher productivity, even under adverse soil

and climate conditions.^{30,31}

Figure 3 presents an analysis of the principal components of coffee lines and genera of identified AMF associated with the rhizosphere of coffee lines cultivated in Cerrado soil, where it is possible to verify the proximity of the lineages to the identified genera.

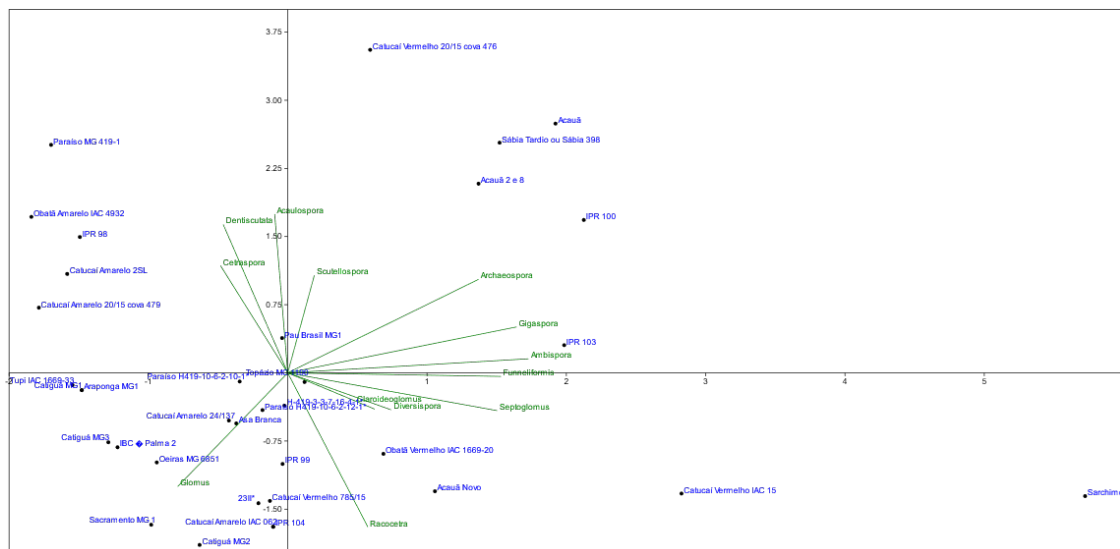


Figure 3. Principal component analysis of coffee lines and genera of identified AMF associated with the rhizosphere of coffee lines cultivated in Cerrado soil.

In general, the frequency distribution of genera in relation to lineages is uniform, with no predilection of genera regarding coffee lineage or variety. Mycorrhizal biodiversity is a valuable resource for agriculture, especially in coffee cultivation in the Cerrado. Its preservation and proper management are essential to ensure the sustainability and prosperity of this important crop in one of the richest and most challenging biomes in Brazil.

Mycorrhizal activity plays a crucial role in coffee cultivation in the Cerrado, a region characterized by low-fertility soils and challenging climatic conditions. The selection of coffee species and varieties that establish efficient mycorrhizal associations may be a valuable strategy for optimizing nutrient uptake and increasing plant resistance to abiotic and biotic stresses. In addition, soil management practices that promote the formation and activity of mycorrhizae, such as reducing soil disturbance and the application of organic matter, are essential for creating an

environment conducive to the development of these symbiotic associations.^{16,30,32} .

The integration of knowledge about mycorrhizal activity in fertilization strategies is essential for ensuring the availability and efficient absorption of nutrients, especially in soils with low fertility. On the other hand, adequate water management, considering the ability of mycorrhizae to improve water uptake by plants, may be a determinant of periods of water stress, increasing the resilience of plants to drought. In addition, recognizing the role of mycorrhizae in plant protection against root pathogens may guide the adoption of biological control measures and reduce dependence on agrochemicals.^{33,34} .

Continuous monitoring of mycorrhizal activity, including soil spore density and the root colonization rate, is essential for assessing the effectiveness of management practices and adjusting them as necessary. Such monitoring may provide valuable insights into the health of the soil–plant system and the sustainability of coffee cultivation in the Cerrado. In addition, the promotion of crop diversity and crop rotation can stimulate mycorrhizal biodiversity and its associated benefits, contributing to the resilience and productivity of the coffee production system.

In summary, the incorporation of mycorrhizal activity as an integral part of the management strategy in coffee cultivation in the Cerrado may offer a holistic approach to improve soil health, resource use efficiency and plant resilience. This approach contributes not only to environmental sustainability but also to the economic viability of agricultural systems, highlighting the importance of mycorrhizae in modern and sustainable agriculture.

Figure 4 shows a dendrogram of the diversity and phylogenetic relationships of the mycorrhizal fungal genera associated with different coffee varieties. The heatmap at the top of the graph shows the presence (blue) or absence (red) of different mycorrhizal fungal genera in the coffee beans listed below the dendrogram.

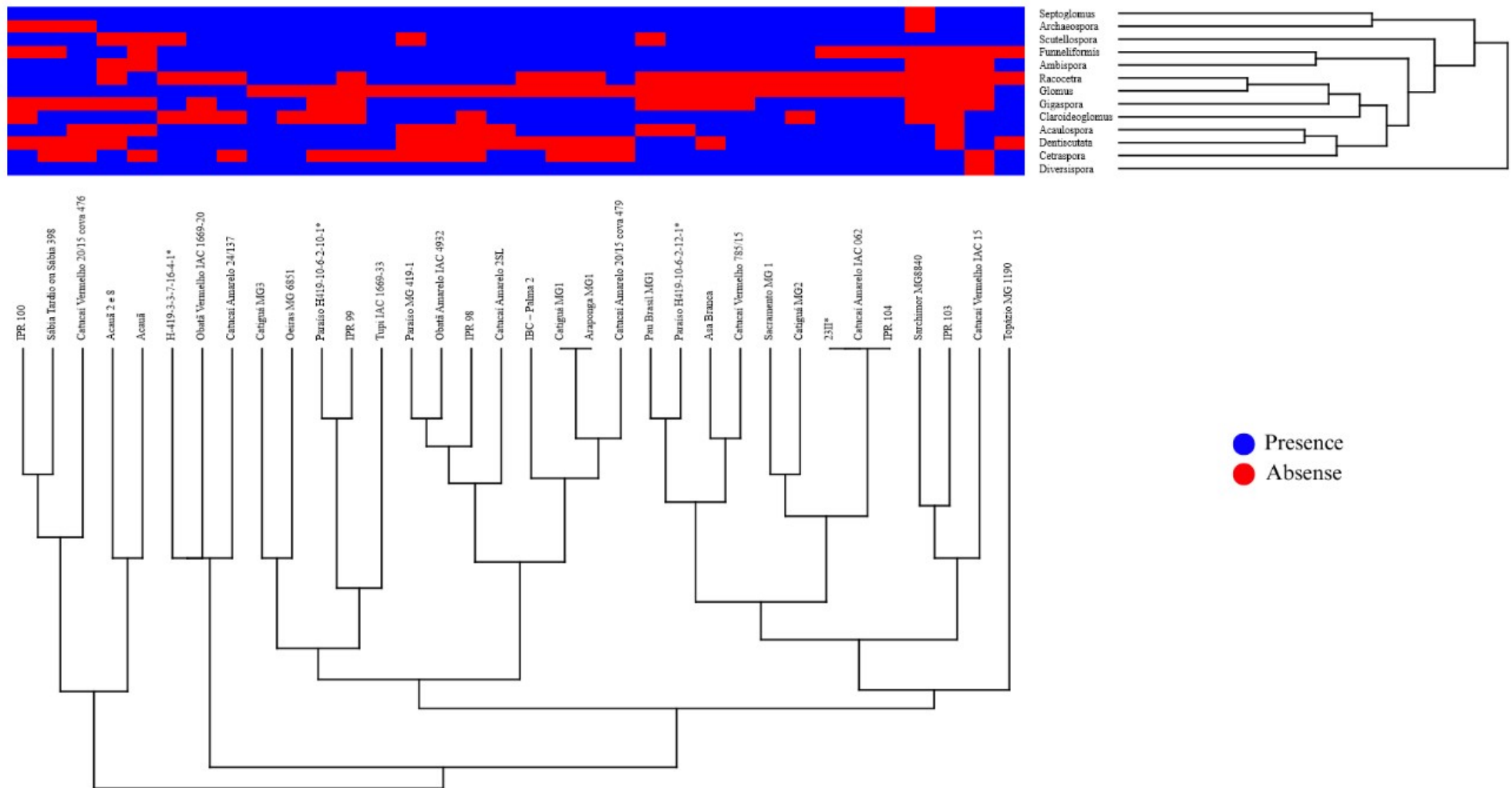


Figure 4. Diversity and phylogenetic relationships of mycorrhizal fungal genera associated with different coffee varieties.

The dendrogram on the left of the graph represents the phylogenetic relationships between coffee varieties based on the presence or absence of certain genera of mycorrhizal fungi associated with them. The vertical lines represent the coffee varieties, and the horizontal lines connect the varieties that share similar characteristics. The closer the intersection of the lines is, the more common the characteristics of the varieties are.

Coffee varieties share many genera of mycorrhizal fungi, while others have quite unique mycorrhizal profiles. The composition of mycorrhizal fungi may have important implications for coffee plant health, nutrition and growth and may be a significant research focus in coffee cultivation and breeding.

Genera such as *Glomus* and *Racocetra* are frequently associated with many coffee varieties, suggesting a generalized symbiotic relationship between these fungi and coffee plants. In contrast, genera such as *Cetraspora* and *Dentiscutata* are more restricted, appearing only in a few specific varieties, indicating specialization or evolutionary adaptation to specific niches within coffee communities. Varieties such as Catiguá MG1 and Sarchimor MG8840 formed a close cluster, indicating a common mycorrhizal composition that may reflect genetic similarities or adaptations to similar growing conditions.

Conclusions

The data on spore density and mycorrhizal colonization rate indicated that there were no statistically significant differences between coffee lines in terms of mycorrhizal activity, which suggests a uniform ability of coffee varieties to form symbioses with AMF.

The diversity of AMF genera present in the rhizosphere of coffee varieties also showed no differences. Varieties such as Catiguá MG1 and Sarchimor MG8840, for example, share similar mycorrhizal profiles.

The selection of coffee varieties that efficiently interact with AMF may be a valuable strategy for improving productivity and sustainability in low-fertility soils. Understanding these mycorrhizal interactions offers important guidelines for agricultural management, promoting more resilient cropping practices adapted to local conditions.

PLANT-GUIDELINE STATEMENT

Experimental research and field studies on cultivated plants, including the collection of plant material, comply with the required institutional, national and international guidelines and legislation. The seeds used in the experiment are free to use and their varieties were mentioned in the methodology. The experimental area used was the university where the study was carried out.

CONFLICT OF INTEREST STATEMENT

There are no conflicts of interest on the part of the authors or institutions involved in this work.

DATA AVAILABILITY

The datasets used and analyzed during the current study are available from the corresponding author upon request.

ACKNOWLEDGMENTS

We acknowledge the Foundation for Research Support in the State of Goiás - FAPEG, the National Council for Scientific and Technological Development - CNPq, and the Evangelical Educational Association - AEE. Inovação, Desenvolvimento e Sustentabilidade: Estreitamento entre Universidade e Setor Produtivo no Estado de Goiás. Convênio Para Pesquisa, Desenvolvimento E Inovação - PD&I 07/2020.

References

1. Taye, E. *et al.* Research on Arabica coffee field management. *Ethiop. Inst. Agric. Res.* 195 (2008).
2. Zambolim, L. Current status and management of coffee leaf rust in Brazil. *Trop. Plant Pathol.* **41**, 1–8 (2016).
3. BRAINER, M. S. de C. P. & XIMENES, L. F. Produção e mercado do café. (2021).
4. Fraga, C. C. Resenha histórica do café no Brasil. *Agric. Em São Paulo* **10**, 1–21 (1963).
5. Taunay, A. d'Escragnoille. Pequena Historia do Café no Brasil. (1939).
6. de Freitas Moura, E. & Bueno, J. M. DINÂMICAS DE EXPANSÃO DAS COOPERATIVAS AGRÍCOLAS DE CAFÉ DA REGIÃO DO CERRADO MINEIRO. *Desafio Online* **11**, (2023).
7. Magalhães, J. C. A. J. & Souza, O. D. *Produção de Mudanças de Café nos Cerrados de Goiás e do Distrito Federal.* (EMBRAPA-CPAC, 1987).
8. VEIGA, A. *et al.* Desempenho agrônômico de genótipos de Café Arábica resistentes a ferrugem no Cerrado Central. (2020).
9. Carbone Carneiro, M. A., Damacena de Souza, E., Fialho dos Reis, E., Seron Pereira, H. & Azevedo, W. R. de. ATRIBUTOS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS DE SOLO DE CERRADO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE USO E MANEJO. *Rev. Bras. Ciênc. Solo* **33**, (2009).
10. de Miranda, J. C. C. *Cerrado: Micorriza Arbuscular, Ocorrência e Manejo.* (Embrapa, Brasília, DF., 2008).
11. Moura, J. B. de & Cabral, J. S. R. *Mycorrhiza in Central Savannas: Cerrado and Caatinga. In: Mycorrhizal Fungi in South America.* vol. 1 (Springer International Publishing, Switzerland AG, 2019).
12. Abbott, L. K. & Robson, A. D. Factors influencing the occurrence of vesicular-arbuscular mycorrhizas. *Agric. Ecosyst. Environ.* **35**, 121–150 (1991).
13. Adeyemi, N. O., Atayese, M. O., Sakariyawo, O. S. & Azeez, J. O. Mycorrhizal growth and phosphorus responses of tropical soybean (*Glycine max* L.) cultivars differ with arbuscular mycorrhizal fungi isolates and phosphorus application rates in a derived-savanna zone of Nigeria. *J. Plant Nutr.* **0**, 1–17 (2021).
14. Aker, A. M. *et al.* ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI IN THE CERRADO BIOME: EFFECTS OF LAND USE SYSTEM, SOIL TEXTURE, AND SEASONALITY. *Rev Caatinga* **35**, 11 (2022).
15. Al-Karaki, G. N., Hammad, R. & Rusan, M. Response of two tomato cultivars

differing in salt tolerance to inoculation with mycorrhizal fungi under salt stress. *Mycorrhiza* **11**, 43–47 (2001).

16. Andrade, S. a. L., Mazzafera, P., Schiavinato, M. A. & Silveira, A. P. D. Arbuscular mycorrhizal association in coffee. *J. Agric. Sci.* **147**, 105–115 (2009).

17. Gerdemann, J. W. & Nicolson, T. H. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans. Br. Mycol. Soc.* **46**, 235–244 (1963).

18. Phillips, J. M. & Hayman, D. S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Br. Mycol. Soc.* **55**, 158–161 (1970).

19. Giovannetti, M. & Mosse, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytol.* **84**, 489–500 (1980).

20. INVAM. International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi | West Virginia University. *International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi* <https://invam.ku.edu/> (2022).

21. Agrostat. AGROSTAT - Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro. <http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm> (2020).

22. Hammer, Ø. Past 4.x - PAleontological STatistics. Natural History Museum, University of Oslo (2021).

23. Begum, N. *et al.* Role of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Plant Growth Regulation: Implications in Abiotic Stress Tolerance. *Front. Plant Sci.* **10**, 1068 (2019).

24. AbdElgawad, H. *et al.* High Salinity Induces Different Oxidative Stress and Antioxidant Responses in Maize Seedlings Organs. *Front. Plant Sci.* **7**, (2016).

25. Al-Karaki, G., McMichael, B. & Zak, J. Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. *Mycorrhiza* **14**, 263–269 (2004).

26. Augé, R. M. Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza* **11**, 3–42 (2001).

27. dos Santos Lucas, L. *et al.* Mycorrhizal fungi arbuscular in forage grasses cultivated in Cerrado soil. *Sci. Rep.* **12**, 3103 (2022).

28. Bolan, N. S. A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. *Plant Soil* **134**, 189–207 (1991).

29. Neergaard Bearden, B. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi on soil structure and soil water characteristics of vertisols. *Plant Soil* **229**, 245–258 (2001).

30. Araújo, F. H. V., Cruz, R. de S., Porto, D. W. B., Machado, C. M. M. & França, A. C. Effects of mycorrhizal association and phosphate fertilization on the initial growth of coffee

plants. *Pesqui. Agropecuária Trop.* **50**, (2020).

31. Hernandez-Acosta, E., Banuelos, J. & Trejo-Aguilar, D. Distribution and effect of mycorrhizal fungi in the coffee agroecosystem: A review. *Rev. Biol. Trop.* **69**, 445–461 (2021).
32. Siqueira, J. O., Saggin-Júnior, O. J., Flores-Aylas, W. W. & Guimarães, P. T. Arbuscular mycorrhizal inoculation and superphosphate application influence plant development and yield of coffee in Brazil. *Mycorrhiza* **7**, 293–300 (1998).
33. Augé, R. M., Toler, H. D. & Saxton, A. M. Arbuscular mycorrhizal symbiosis alters stomatal conductance of host plants more under drought than under amply watered conditions: a meta-analysis. *Mycorrhiza* **25**, 13–24 (2015).
34. Baslam, M. & Goicoechea, N. Water deficit improved the capacity of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) for inducing the accumulation of antioxidant compounds in lettuce leaves. *Mycorrhiza* **22**, 347–359 (2012).