



Evolução da produtividade do café na fazenda Santo Antônio no município de Piumhi - MG

Cássia Angelo Alves¹, Laene Mendes dos Santos² e Kátia Daniela Ribeiro^{3,*}

¹ Centro Universitário de Formiga - UNIFOR-MG, Brasil. <https://orcid.org/0009-0000-0852-1925>

² Centro Universitário de Formiga - UNIFOR-MG, Brasil. <https://orcid.org/0009-0001-0054-445X>

³ Centro Universitário de Formiga - UNIFOR-MG, Brasil. <https://orcid.org/0000-0003-4111-447X>

* Autor Correspondente: katariibeiro@uniformg.edu.br

Recebido: 28/01/2025; Aceito: 21/07/2025

Resumo: Este artigo apresenta uma análise da evolução da produtividade do café na Fazenda Santo Antônio, localizada no município de Piumhi-MG, no período de 2014 a 2023, no intuito de identificar os fatores que contribuíram para a produção inconstante ao longo desses dez anos. Os dados de produção, produtividade, índice pluviométrico e área plantada, fornecidos pela fazenda, foram organizados e analisados com o auxílio do software Microsoft Excel, os quais indicaram que a bienalidade, que é um fator natural que ocorre no cafeiro, foi o principal fator que influenciou a variação da produtividade. Constatou-se também que a pluviosidade, isoladamente, não influenciou o rendimento da lavoura. Concluiu-se que a produtividade na fazenda, no período analisado, apresentou-se, na maioria dos anos, acima das médias nacional e estadual, o que sugere que a implementação de técnicas de manejo mais eficientes e o investimento em tecnologia agrícola aumentaram a eficiência na produção. A adoção de práticas sustentáveis, evidenciada pela certificação da fazenda, também pode ter contribuído para os valores de produtividade, sendo que a interação entre os fatores climáticos e fisiológicos, como a bienalidade, foi determinante para explicar as flutuações na produção de café na fazenda analisada.

Palavras-chave: cafeicultura; bienalidade; pluviosidade; produção.

Evolution of coffee productivity at the Santo Antônio farm in the municipality of Piumhi, Minas Gerais state, Brazil

Abstract: This article presents an analysis of the evolution of coffee productivity at Santo Antônio Farm, located in the municipality of Piumhi, Minas Gerais state, Brazil, from 2014 to 2023, aiming to identify the factors that contributed to inconsistent production over these ten years. Data on production, productivity, rainfall, and planted area, provided by the farm, were organized and analyzed using Microsoft Excel software. These data indicated that biennial crop cycles, a natural occurrence in coffee, were the main factor influencing productivity variations. It was also found that rainfall alone did not influence crop yield. It was concluded that productivity on the farm, during the analyzed period, was above the national and state averages in most years, suggesting that the implementation of more efficient management techniques and investment in agricultural technology increased production efficiency. The adoption of sustainable practices, evidenced by the farm's certification, may also have contributed to productivity values, with the interaction between climatic and physiological factors, such as biennial harvesting, being decisive in explaining fluctuations in coffee production on the farm analyzed.

Key-words: coffee growing; bienniality; rainfall; production.

1. INTRODUÇÃO

Sobre a origem do cafeiro, relata-se que, na Etiópia, no ano de 575 d.C., um pastor voltava com o seu rebanho para casa quando notou que seus animais, ao experimentarem folhas e frutos de alguns arbustos, tinham mais energia e produziam mais leite. A esses arbustos foi dado o nome de cafeiro (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ – ABIC, 2021).

Existem muitas versões para a chegada do café no Brasil, sendo a mais provável a versão de que as primeiras mudas foram surrupiadas do governo da Guiana Francesa e trazidas para o Pará, por volta de 1720. Posteriormente, foram trazidas mudas para os Estados do Rio de Janeiro e São Paulo e, a partir dessas mudas, difundiram-se todas as demais existentes no Brasil. A planta originária do cafeiro da Etiópia adaptou-se bem ao clima e ao solo brasileiro, fazendo com que o Brasil, já em 1850, despontasse como grande produtor mundial de café, nunca mais perdendo esse posto (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA – MAPA, 2022).

O Brasil, há vários anos, tem se destacado como o maior produtor, exportador e segundo maior consumidor de café em nível mundial. Em média, a produção brasileira tem correspondido a um terço da safra global, e, no âmbito interno, as exportações equivalem a 60% da produção nacional e o consumo por volta de 40%. O país possui aproximadamente 300 mil estabelecimentos produtores de café, dos quais 82% são considerados da cafeicultura familiar (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2020).

A produção brasileira de café atingiu 55,1 milhões de sacas beneficiadas em 2023, com um crescimento de 8,2% em relação ao ciclo de 2022, conforme a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2023). Os dados da Conab (2023) ainda mostram que esse incremento foi influenciado pela recuperação da produtividade, em torno de 6,3%, chegando a 29,4 sacas colhidas por hectare, sendo que, aliado a isso, verificou-se uma elevação de 1,8% na área em produção, chegando a 1,87 milhão de hectares.

Minas Gerais é o maior produtor e exportador de café do Brasil, de modo que, no ano de 2023, o volume de sacas colhidas foi de aproximadamente 29 milhões, representando um aumento de 32,1% em comparação com a safra anterior, cuja espécie de café mais cultivada no estado é a arábica, que concentra 72% da área de cultivo nacional e representa 75% da produção total de café do país (CONAB, 2023).

Minas Gerais apresenta variabilidade climática que possibilita a produção de café de qualidade com características peculiares de cada município (BARBOSA et al., 2009). A esse respeito, o município de Piumhi, localizado na região centro-oeste de Minas Gerais, é um exemplo de destaque na produção de café. O relevo plano, o clima quente e os solos férteis permitem que os cafeicultores produzam café de excelente qualidade e que já é exportado há muitos anos, contribuindo com a economia do município (PREFEITURA DE PIUMHI, 2023).

Ao longo dos anos, o café pode sofrer alterações na sua produção, por ser uma cultura bienal, ou seja, a bienalidade das plantas se caracteriza pelo fato de seu ciclo ser dividido em 24 meses (2 anos), onde no primeiro ano ela se concentra em sua parte vegetativa e, no segundo ano, em sua parte reprodutiva, com um ano de produção elevada e o outro de produção baixa (PEREIRA et al., 2011). Além dessa característica natural do cafeiro, o clima tem sido um entrave para os cafeicultores que, nas safras dos últimos quatro anos, vêm sofrendo com geada, secas e chuvas de granizo (AGROBAND, 2023).

Além do clima e bienalidade, existem outros fatores que influenciam a lavoura cafeira e os principais aspectos a serem considerados são: temperatura, precipitação, ventos, umidade relativa, topografia, solo e densidade de plantio. Essas características devem ser levadas em consideração para a escolha da área da lavoura e da cultivar a ser plantada, pois influenciam o rendimento da planta, portanto, entender qual a necessidade da planta é de extrema importância para se ter uma boa produtividade (MESQUITA et al., 2016).

Devido a esses fatos, pesquisas têm sido desenvolvidas, para entender e buscar minimizar os impactos causados pela produção inconstante. A adoção sistemática de manejo diferenciado, com adequado uso dos diferentes sistemas de poda que vem sendo desenvolvidos, a adoção de novos tipos de manejo e a renovação gradual das lavouras, têm se apresentado como alternativas para minimizar a sazonalidade das safras de café (MENDONÇA et al., 2011).

Neste contexto, o presente estudo objetivou avaliar a progressão da produtividade de café na Fazenda Santo Antônio, localizada em Piumhi-MG, no período de 2014 a 2023, a fim de determinar quais fatores influenciaram a variabilidade da produção.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A cidade de Piumhi-MG, está localizada na Mesorregião Oeste do Estado de Minas Gerais (região centro-oeste), com 902 km² de área e uma altitude média de 793 m. Possui, clima tropical, com temperatura média anual de 22°C e vegetação de cerrado. Caracteriza-se pela topografia plana, embora seja cercada por uma cadeia montanhosa (PREFEITURA DE PIUMHI, 2023).

O trabalho foi realizado na fazenda Santo Antônio (Figura 1), uma propriedade rural certificada localizada no município de Piumhi (MG), na rodovia MG-341, km 07, sob coordenadas geográficas: latitude 20° 25' 46" Sul e longitude 46° 01' 56" Oeste.

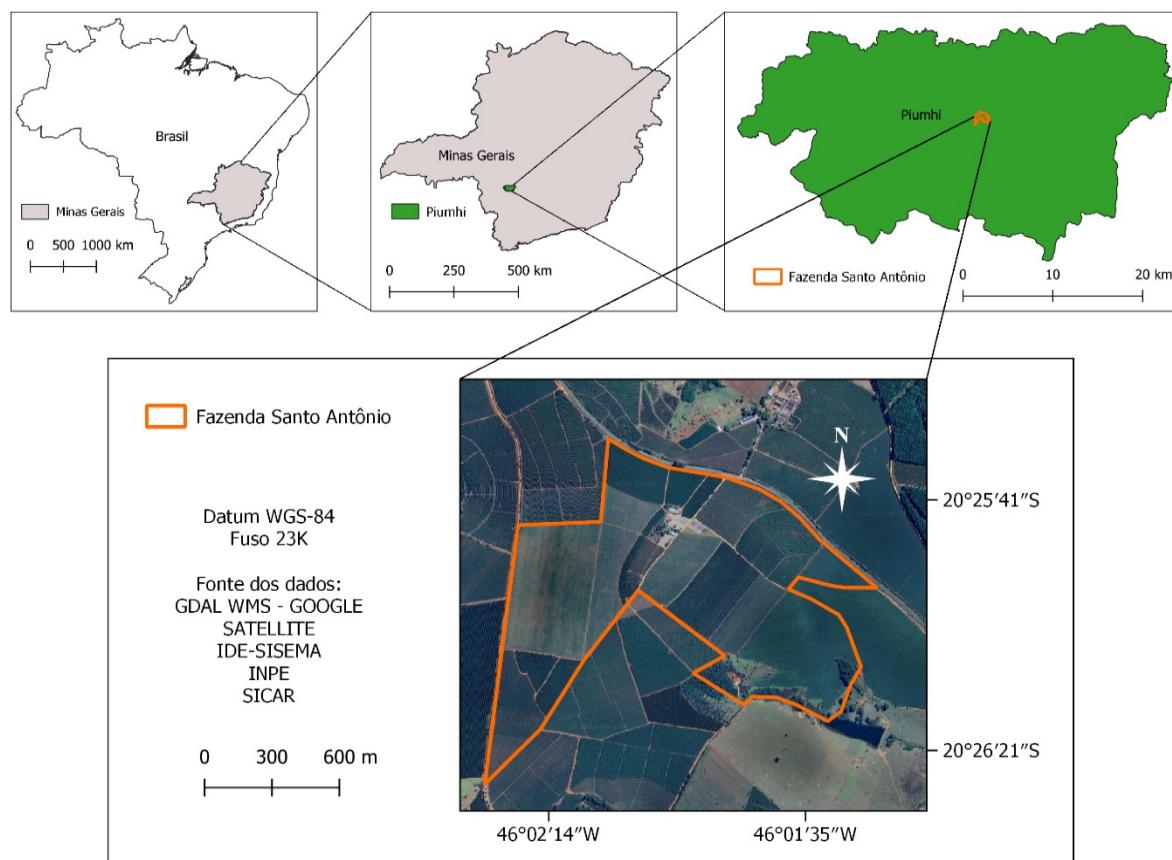


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo, Fazenda Santo Antônio, município de Piumhi, Minas Gerais, Brasil.

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

A propriedade possui um histórico consolidado na cafeicultura, com os primeiros talhões sendo implantados em 1997, utilizando cultivares tradicionais como o Mundo Novo (Tabela 1).

Tabela 1. Relação de cultivares de café, ano de plantio e identificação dos talhões na Fazenda Santo Antônio.

Identificação do talhão	Ano de plantio	Cultivar	Área do talhão (ha)
S.A gl 07	1997	MUNDO NOVO	4
S.A gl 15	1998	MUNDO NOVO	1,2
S.A gl 17	1999	MN ACAIÁ	3
S.A gl 05	2006	MN ACAIÁ	7
S.A gl 5A	2006	CATUCAI	5
S.A gl 08	2008	CATUCAI	12
S.A gl 09	2009	CATUCAI	1
S.A gl 20	2014	IPR 100	10
S.A gl 10	2017	ACAUÃ	1,08
S.A gl 11	2017	IPR 100	2,09
S.A gl 12	2018	IPR 100	11
S.A gl 13	2018	IPR 100	5
S.A gl 06	2020	IPR 100	3
S.A gl 16	2021	IPR 100	10
S.A gl 14	2022	IPR 101	9
S.A gl 18	2023	IPR 106	10,5

Fonte: Dados da propriedade (2024).

Embora a atividade cafeeira na fazenda remonte ao final da década de 1990, verificou-se um período de expansão significativo a partir do ano de 2006, com as lavouras de café avançando sobre áreas antes destinadas ao plantio de grãos, consolidando a transição no uso do solo. A área produtiva da fazenda caracteriza-se pela

diversidade de cultivares de café (Tabela 1), incluindo materiais tradicionais como Mundo Novo e MN Acaíá, e cultivares mais recentes como Catucaí, IPR 100 e Acauã, com plantios que variam de 1997 a 2023.

Apesar de se saber que a propriedade é certificada, o tempo exato desde o início da certificação não foi uma informação disponibilizada para este estudo. No entanto, a certificação da propriedade rural em estudo que implica na implementação de boas práticas agrícolas e de gestão, podendo-se destacar, entre as práticas de manejo que contribuem para a sustentabilidade, o manejo integrado de pragas e a manutenção de cobertura vegetal nas entrelínhas para controle de erosão. Por sua vez, a fazenda conta com o monitoramento anual dos dados de suas lavouras relativos a colheitas, podas, adubações, etc., os quais foram disponibilizados pelo gerente da propriedade para a realização deste trabalho.

Trabalharam-se com os dados relativos à pluviosidade, área cultivada (ha), produção (sc) e produtividade (sc ha⁻¹) da Fazenda Santo Antônio, compreendendo o período de 2014 a 2023. Os dados pluviométricos são de natureza primária, coletados diretamente na propriedade por meio de pluviômetros instalados para o monitoramento agrícola local, garantindo alta representatividade das condições climáticas das lavouras. Com relação à área cultivada, foram considerados, para cada ano, apenas os talhões em plena produção. Lavouras recém-implantadas ou em fase de recuperação pós-poda (como esqueletamento) não foram contabilizadas na área produtiva do respectivo ano.

Os dados foram processados e tabulados utilizando-se o *software* Microsoft Excel®, sendo gerado gráficos representativos da evolução dos parâmetros analisados. A ferramenta também foi utilizada para as análises de correlação realizadas a fim de identificar quais fatores influenciaram na variabilidade da produtividade cafeeira na fazenda analisada. Os coeficientes de correlação obtidos tiveram sua significância avaliada pelo teste t de Student, a 5% de probabilidade.

Além dos dados quantitativos, foram consideradas as práticas de manejo adotadas pela fazenda, que se destacam pela adoção de podas programadas para controle da bienalidade, manejo nutricional baseado em análises de solo e investimentos em cultivares mais produtivas. Essas informações, obtidas junto à administração da propriedade, também serviram de base para a discussão dos resultados de produtividade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 e a Tabela 2 apresentam a evolução temporal dos parâmetros de área plantada, produção, produtividade e precipitação anual na Fazenda Santo Antônio, durante o período de 2014 a 2023. A análise da produtividade do café é essencial para garantir a sustentabilidade e a competitividade da produção cafeeira, visto que a compreensão dos fatores que influenciam o rendimento das lavouras permite aos produtores otimizar o uso de recursos, melhorar as práticas agrícolas e enfrentar desafios como mudanças climáticas, pragas e doenças (EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS – EPAMIG, 2008). Além disso, o monitoramento da produtividade contribui para uma maior eficiência na cadeia de suprimentos, impactando diretamente a qualidade do produto final e a rentabilidade do setor cafeeiro (GROSSI, 2021).

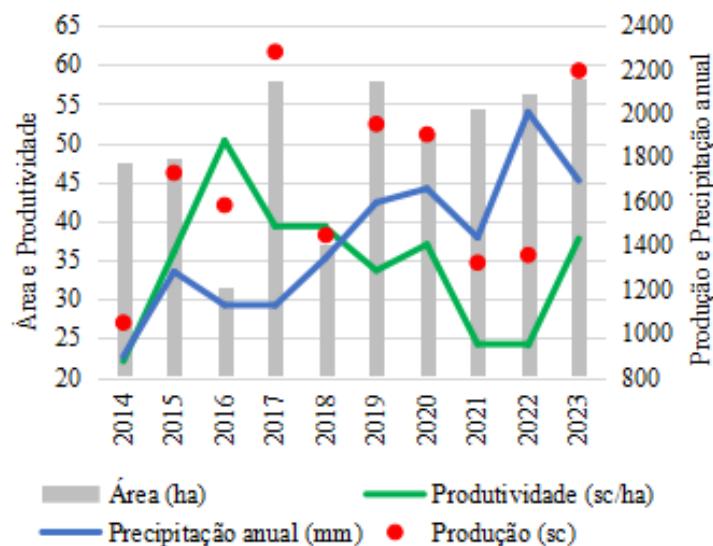


Figura 2. Área plantada, produtividade, produção e precipitação no período de 2014-2023.

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Tabela 2. Valores anuais dos parâmetros analisados no período de 2014-2023.

Ano	Área (ha)	Produção (sc)	Produtividade (sc ha ⁻¹)	Precipitação anual (mm)
2014	47,5	1049	22,08	895,5
2015	48	1731	36,06	1281
2016	31,5	1584	50,29	1129
2017	58	2282	39,34	1127
2018	37	1448	39,14	1344
2019	58	1953	33,67	1596
2020	51,5	1906	37,01	1659
2021	54,5	1322	24,26	1436,5
2022	56,3	1357	24,10	2007
2023	58,2	2196	37,73	1695,5
Média	50,05	1682,8	34,37	1417,05

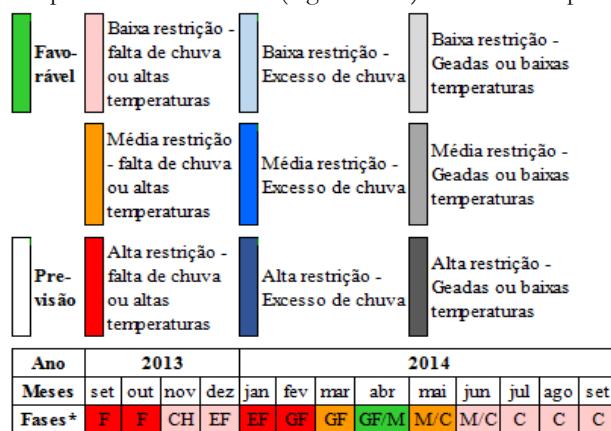
Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Com relação aos dados de produtividade, não foi observada uma tendência temporal significativa de aumento ou queda da produtividade ao longo dos anos ($r = -0,31$; $p > 0,05$). Adicionalmente, ao se comparar a produtividade média do primeiro quinquênio (2014-2018), de 37,4 sc ha⁻¹, com a do segundo (2019-2023), de 31,4 sc ha⁻¹, a diferença não se mostrou estatisticamente significativa ($p > 0,05$) por meio do teste t. Isso indica que as flutuações de produtividade observadas são variações anuais, e não uma mudança consolidada no desempenho da lavoura entre os dois períodos.

De modo geral, houve aumento da área plantada no período analisado. Em 2014, a fazenda se encontrava com 47,5 ha plantados, chegando a 58,2 ha no ano de 2023, caracterizando um incremento médio de 2,25% ao ano, sendo maior que o crescimento estadual que, nos últimos anos, apresentou uma redução nas áreas plantadas, conforme Conab (2023). Cabe relembrar que os valores de área apresentados na Tabela 2 correspondem apenas às áreas em produção. Esse crescimento da área em produção está diretamente relacionado à demanda de mercado, conforme explica Conab (2020), ao relatar que, com o aumento da demanda global por café, produtores em diversas regiões do Brasil ampliaram suas áreas de cultivo nos últimos anos. Entre 2018 e 2020, a área total plantada com café no Brasil cresceu cerca de 1,5%, com destaque para Minas Gerais (CONAB, 2018; 2020), sendo que essa expansão reflete a necessidade de atender ao crescimento do consumo, tanto no mercado interno quanto no mercado externo, especialmente com alta demanda por cafés especiais.

Nesse período, a fazenda também investiu em desenvolvimento tecnológico e práticas agrícolas conservacionistas, que são extremamente importantes para garantir boa produtividade e a sustentabilidade da área. O avanço tecnológico tem contribuição relevante para a adaptabilidade do cafeeiro (FRANCO et al., 2018). Além disso, Meireles et al. (2009) e Rodrigues et al. (2014) consideram o clima como o principal fator que interfere no desempenho produtivo do cafeeiro.

No ano de 2014, a fazenda apresentou baixa produtividade (22,08 sc ha⁻¹) com uma extensa área plantada (47,5 ha), produzindo abaixo das médias nacional e estadual, que foram de 23,1 sc ha⁻¹ e 22,5 sc ha⁻¹, respectivamente, o que provavelmente ocorreu devido à pluviosidade verificada (Figuras 2 e 3) e elevadas temperaturas (Figura 4) para esse ano.



*Legenda: (F) = FLORAÇÃO; (CH) = FORMAÇÃO DO CHUMBINHO; (EF) = EXPANSÃO DOS FRUTOS; (GF) = GRANAÇÃO DOS FRUTOS; (M) = MATURAÇÃO; (C) = COLHEITA.

Figura 3. Condição hídrica da Fazenda Santo Antônio - 2013-2014.

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

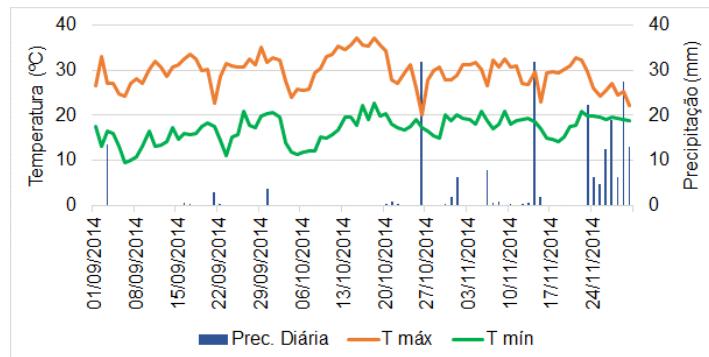


Figura 4. Precipitação e temperatura do ar em Formiga-MG nos meses de setembro, outubro e novembro de 2014.

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2014).

Conab (2014) relata que o ano de 2014 foi marcado pela inversão da bienalidade em diversas áreas produtoras de café no Brasil, devido principalmente ao clima seco associado às altas temperaturas que prejudicou pelo menos uma etapa da adubação das lavouras e intensificou o ataque de pragas, causando sérios danos a lavouras de café e resultando em perdas na produção, na renda do beneficiamento e na qualidade dos grãos colhidos.

De acordo com Meireles et al. (2009), o principal fator climático para determinar a aptidão do café em plantações comerciais é a temperatura do ar, cujas variações extremas afetam tanto o crescimento e os processos fisiológicos quanto a produtividade do cafeiro. Os autores ainda destacam que diversas fases biológicas do cafeiro podem ter seu desenvolvimento e crescimento significativamente reduzidos ou até completamente interrompidos quando submetidas a temperaturas extremas.

Quando cultivado em regiões onde a temperatura média anual ultrapassa 23°C, o desenvolvimento e a maturação dos frutos de café são acelerados, resultando em perdas na qualidade do produto final. Adicionalmente, em áreas onde as temperaturas excedem frequentemente 30°C por períodos prolongados, as folhagens dos cafeiros podem sofrer danos devido a escaldaduras (TAVARES et al. 2014); e quando essas condições ocorrem durante a fase de florescimento, podem provocar o abortamento dos botões florais, diminuindo a taxa de frutificação e resultando na falta de produção de frutos (MEIRELES et al., 2009).

No ano de 2016, a fazenda contou com a menor área plantada (em produção), obtendo a maior produtividade do período analisado ($50,29 \text{ sc ha}^{-1}$), superior à média de Minas Gerais nesse ano, que foi de $40,43 \text{ sc ha}^{-1}$ (CONAB, 2016).

O ano de 2016 apresentou uma safra histórica no país. Conab (2016) explica que, após a seca de 2014, muitas lavouras que sentiram os impactos da seca se recuperaram e muitas lavouras que haviam sido podadas ou esqueletadas produziram neste ano. Além desses fatos, as condições climáticas do ano foram extremamente favoráveis, com chuvas no período de floração, sendo que, no período compreendido entre fevereiro e maio de 2015, a retomada das chuvas favoreceu o desenvolvimento de ramos produtivos e criaram boas expectativas com relação à produção da safra 2016. De um modo geral, choveu bem no início de setembro de 2015, alavancando uma primeira e principal florada; seguiu-se um período de 30 a 40 dias de estiagem, causando algum abortamento, e voltou a chover a partir do final de outubro de 2015, concorrendo para uma segunda boa florada. Em novembro de 2015, houve precipitações boas e regulares, acompanhadas de temperaturas bastante elevadas, ocorrendo, em dezembro do ano de 2015, a maior alternância de períodos de chuva e sol, a qual favoreceu o pegamento dos frutos. Essa alternância de períodos de chuva e sol retornou a partir de meados de janeiro do ano de 2016 em toda a região de Minas Gerais, criando condições favoráveis para o enchimento dos grãos (CONAB, 2016).

Além das condições favoráveis citadas acima, cabe destacar que o ano de 2016 caracteriza-se, na fazenda analisada, como um ano de bienalidade positiva, também justificando a maior produtividade verificada para esse ano.

O ano de 2017 foi o ano de maior área plantada (em produção) e baixa produtividade. Essa menor produtividade pode ser explicada por se tratar de um ano de bienalidade negativa para a fazenda. Além disso, esse foi o ano após a safra histórica de 2016, onde os cafezais sentiram a alta carga do último ano. Também houve baixa pluviosidade que ocasionou um abortamento de florada, aumento da quantidade de grãos chochos, fazendo o rendimento do café beneficiado diminuir (CONAB, 2017).

A fazenda Santo Antônio também sofreu com muitas pragas e doenças no ano de 2017, como ferrugem tardia, bicho mineiro, cercospora e broca. Apesar das condições desfavoráveis verificadas na fazenda para a produção no

ano de 2017, a produtividade média alcançada manteve-se acima da média da região centro-oeste mineira, que foi de 27,56 sc ha⁻¹ (CONAB, 2017) e acima também da média estadual, que foi de 24,1 sc ha⁻¹ (Conab, 2017), o que reflete a boa gestão da lavoura da fazenda, que permite o alcance de bons resultados até mesmo em anos que não são favoráveis a uma boa produção. Destaca-se ainda que, durante todo o período analisado, as produtividades médias obtidas na Fazenda Santo Antônio, de um modo geral, foram superiores às médias verificadas para o estado de Minas Gerais (Tabela 3).

Tabela 3. Produtividade média de café na Fazenda Santo Antônio e no estado de Minas Gerais.

Ano	Produtividade média (sc ha ⁻¹)	
	Fazenda Santo Antônio ¹	Minas Gerais ²
2014	22,08	23,1
2015	36,06	22,49
2016	50,29	26,33
2017	39,34	24,1
2018	39,14	33,07
2019	33,67	23,78
2020	37,01	23,66
2021	24,26	22,5
2022	24,10	22,5
2023	37,73	26,8
Média	34,37	24,83

Fonte: ¹ Dados de pesquisa (2024); ² Conab (2014 a 2023).

O ano de 2021 foi marcado por fortes geadas que atingiram muitas regiões produtoras (CONAB, 2021) e essas geadas não causaram tanto impacto na safra de 2021, porém, para a próxima safra sim, ocasionando uma possível inversão de bienalidade.

Em regiões onde a temperatura média anual é menor que 18°C, a presença de geadas, ainda que ocasionais, e de ventos frios pode restringir a viabilidade econômica da cafeicultura (MEIRELES et al., 2009). Além disso, temperaturas abaixo de 18°C promovem um crescimento vegetativo exuberante e uma baixa diferenciação floral, resultando em níveis reduzidos de produtividade, de modo que, durante o inverno, essas condições causam sintomas típicos de crestamento foliar, especialmente quando combinadas com os ventos predominantes (NUNES, 2009).

Ao se analisar conjuntamente os dados dos anos 2014 e 2021, é possível verificar a vulnerabilidade da produção de café na Fazenda Santo Antônio a extremos climáticos opostos, pois ambos os anos registraram produtividades abaixo da média histórica da fazenda (34,37 sc ha⁻¹), porém, por razões antagônicas. Em 2014, a produtividade foi de apenas 22,08 sc ha⁻¹, valor inferior às médias nacional e estadual, sendo este baixo desempenho resultante de um ano atípico, marcado por seca severa e temperaturas elevadas (CONAB, 2014). De forma contrastante, o ano de 2021 também apresentou uma baixa produtividade de 24,26 sc/há e, desta vez, o fator limitante não foi o calor, mas sim o frio extremo, com a ocorrência de fortes geadas que atingiram a região (CONAB, 2021). Embora o impacto principal dessas geadas seja esperado na safra seguinte (2022), a condição de estresse pela baixa temperatura já se reflete na produtividade de 2021. A análise conjunta desses dois anos mostra que a produção na Fazenda Santo Antônio, no período analisado, foi desafiada tanto por déficits hídricos e calor excessivo quanto por eventos de frio intenso, constatando-se que ambos os cenários levaram a produtividades similares e muito baixas, evidenciando a sensibilidade da cultura e a importância do manejo de risco climático para a sustentabilidade da atividade na propriedade.

O ano de 2022 era de bienalidade positiva na fazenda, porém, não foi observado aumento de produtividade para esse ano em comparação ao ano anterior, verificando-se que a fazenda teve uma produtividade de 24,10 sc ha⁻¹ em uma área de 56,3 ha, reflexo de um ano marcado por baixas temperaturas, seca e inversão da bienalidade (CONAB, 2022).

Apesar de 2022 ter sido o ano onde se verificou a maior precipitação anual na fazenda, pode-se inferir que sua distribuição não foi uniforme, pois, segundo Conab (2022), ocorreram prolongados períodos de estiagem e frentes frias que redundaram até em incidência de geadas em algumas localidades e comprometeu as lavouras em fases fenológicas importantes, impactando a floração, a carga e o pegamento dos frutos, além do próprio desenvolvimento destes.

A água desempenha um papel importante na nutrição das plantas do café (ANDRADE, 2011), de modo que, durante a fase de granação, as chuvas são importantes para fornecer umidade ao solo, permitindo que essa umidade

alcance as raízes das plantas e ative processos bioquímicos essenciais para o crescimento dos grãos. Assim, a ausência de chuvas em determinado ano pode impactar negativamente a produtividade (SILVEIRA, 2021).

Na Tabela 2, verifica-se que as precipitações médias anuais na fazenda Santo Antônio, no período analisado, variaram de 895,5 mm a 2.007 mm. Segundo Thomaziello et al. (2000), as regiões que apresentam um índice pluviométrico anual acima de 1.200 mm e uma distribuição regular de chuvas são consideradas favoráveis ao cultivo comercial do cafeeiro. Nos anos de 2014, 2016 e 2017, as precipitações médias anuais estiveram abaixo do valor mínimo recomendado por Thomaziello et al. (2000). No entanto, a ocorrência de um déficit hídrico nesses anos não foi suficiente para explicar as variações de produtividade na fazenda analisada, visto que, em 2016 e 2017, as precipitações foram semelhantes e, de certa forma deficientes, porém, a produtividade alcançada em 2017 foi muito maior que em 2016. Isso mostra que a pluviosidade, isoladamente não é capaz de explicar a evolução temporal da produção cafeeira na fazenda Santo Antônio e isso pode ser confirmado pelos resultados da análise de correlação apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Matriz de correlação para os dados analisados.

	Área (ha)	Produção (sc)	Produtividade (sc ha ⁻¹)	Precipitação anual (mm)
Área (ha)	1			
Produção (sc)	0,4222 ns	1		
Produtividade (sc ha ⁻¹)	-0,5128 ns	0,5497 ns	1	
Precipitação anual (mm)	0,4857 ns	0,2029 ns	-0,1937 ns	1

Nota: ns - não significativo.

Fonte: Dados pesquisa (2024).

Observa-se que os valores de coeficiente de correlação obtidos para os dados analisados neste estudo foram baixos e não significativos, indicando que não existe correlação entre as variáveis analisadas ao nível de significância igual a 5%. De acordo com o Meireles et al. (2009), os déficits hídricos podem levar à queda de produtividade do cafeeiro, embora seus efeitos dependam da duração e da intensidade da deficiência hídrica e do estádio fenológico em que a planta se encontra. Assim, a simples quantificação da precipitação total anual não é suficiente para definir a produtividade do cafeeiro, existindo outros fatores determinantes de tal parâmetro.

A análise da evolução da produtividade da Fazenda Santo Antônio no período de 2014 a 2023 revelou um panorama rico em informações sobre os fatores que influenciam o comportamento produtivo de um sistema cafeeiro. Embora a pluviosidade tenha exercido papel importante, verificou-se que o principal fator determinante para as variações de produtividade foi a bienalidade do cafeeiro.

A bienalidade, característica intrínseca da cultura, resulta de um ciclo natural em que anos de alta produção são seguidos por anos de recuperação, devido ao grande gasto energético das plantas durante a fase de enchimento dos grãos e à redução na capacidade de formação de novos ramos e flores. Essa dinâmica é amplificada quando manejos inadequados ou fatores climáticos adversos coincidem com momentos críticos do ciclo produtivo, como a florada e o enchimento de frutos (MENDONÇA et al., 2011).

Na evolução da produtividade na Fazenda Santo Antônio, a presença da bienalidade é um dos fatores que moldaram a série histórica analisada. A oscilação entre altas e baixas produtividades fica evidente ao se observar a sequência de produtividade no Gráfico 1, onde, após uma safra baixa em 2014 (22,08 sc ha⁻¹), a fazenda registrou dois anos de alta consecutiva em 2015 (36,06 sc ha⁻¹) e 2016 (50,29 sc ha⁻¹). O padrão de alternância é ainda mais claro em outros momentos, como na queda de 2018 (39,14 sc ha⁻¹) para 2019 (33,67 sc ha⁻¹), seguida pela recuperação em 2020 (37,01 sc ha⁻¹). Da mesma forma, a recuperação de uma safra muito baixa em 2022 (24,10 sc ha⁻¹) para uma alta em 2023 (37,73 sc ha⁻¹) reforça a existência desse ciclo.

No entanto, os dados desse trabalho também demonstram que este ciclo fisiológico natural não atua isoladamente, evidenciando que eventos climáticos extremos, como as geadas de 2021, atuaram como fatores disruptivos, forçando quebras de safra que intensificaram ou até inverteram o ciclo esperado. A geadas de 2021 resultou em duas safras baixas consecutivas (2021 e 2022), um comportamento atípico que só pode ser explicado pelo severo dano às plantas.

Portanto, conclui-se que a produtividade na Fazenda Santo Antônio, no período analisado, não foi determinada por um único fator, mas sim pelo resultado da sobreposição do fenômeno da bienalidade com os impactos pontuais e severos de estresses climáticos, com predominância da bienalidade na maioria dos anos analisados.

Em relação ao clima, a análise dos dados da Tabela 2 permite inferir sobre o fato de que a distribuição da chuva ao longo do ciclo da cultura é mais importante do que o seu volume anual total, isto porque, primeiramente, não foi encontrada uma correlação estatística significativa entre a produtividade e a precipitação anual (Tabela 4), ou seja, mais chuva não significou, necessariamente, maior produtividade no período estudado, o que pode ser corroborado pela análise do ano de 2016, que teve uma produtividade de 50,29 sc ha⁻¹ com 1129 mm de chuva, enquanto 2022, com um volume de chuva muito superior (2007 mm), teve uma produtividade menor que a metade de 2016 (24,10 sc ha⁻¹). Esses dados demonstram que, mesmo em anos com volumes totais de chuva considerados adequados ou até excessivos, a irregularidade hídrica em fases críticas do desenvolvimento da planta provavelmente impactou negativamente a produção na Fazenda Santo Antônio, o que corrobora a afirmação de Silva (2010), que relata que períodos críticos, como a florada, demandam pluviosidade bem distribuída e suficiente para garantir o pleno desenvolvimento da planta.

Por fim, cabe ressaltar que as produtividades observadas, superiores às médias regionais, sugerem que práticas de manejo adequadas podem predispor as plantas de café a uma produção mais estável ao longo do tempo (MENDONÇA et al., 2011), o que se apresenta como uma solução viável aos efeitos adversos que afetam a produtividade do café.

4. CONCLUSÕES

A lipase extraída das sementes de *Bactris gasipaes* Kunth apresentou um perfil catalítico específico e promissor para aplicações biotecnológicas. A enzima demonstrou pH ótimo de 4,5 (195 U/mL), evidenciando maior afinidade por condições ácidas, o que é vantajoso em processos que envolvem óleos residuais com alta acidez, como na produção de biodiesel. Embora a atividade em pH neutro e alcalino tenha sido menor, a estabilidade parcial observada nessas faixas sugere a possível presença de isoenzimas, conferindo à lipase uma versatilidade catalítica relevante para diferentes ambientes reacionais.

A temperatura ótima foi de 40 °C, condição em que ocorreu a máxima atividade (105 U/mL), enquanto temperaturas acima de 50 °C provocaram inativação enzimática, indicando sensibilidade térmica típica de lipases vegetais. O tempo de reação também influenciou a atividade, sendo mais intensa no primeiro minuto de incubação, o que demonstra elevada velocidade catalítica inicial do extrato enzimático.

Esses resultados reforçam o potencial da lipase de *B. gasipaes* como um catalisador alternativo, de baixo custo e origem vegetal, com possibilidade de aplicação em processos industriais sustentáveis. Perspectivas futuras incluem a purificação e imobilização da enzima, visando otimizar sua estabilidade e reutilização em sistemas de produção de biocombustíveis, alimentos e biotransformações de interesse químico. Assim, este estudo contribui para o aproveitamento biotecnológico de uma biomassa amazônica subutilizada, agregando valor e sustentabilidade à cadeia produtiva da pupunha.

5. AGRADECIMENTOS

As produtividades médias verificadas para a fazenda Santo Antônio, no período analisado, apresentaram-se acima das médias estaduais, em sua maioria, o que indica que uma gestão potencialmente eficiente da lavoura tende a ser um fator capaz de superar as adversidades climáticas que podem prejudicar o desempenho produtivo das plantas.

A bienalidade foi o principal fator que interferiu na evolução temporal da produtividade cafeeira da fazenda Santo Antônio, visto que os fatores climáticos, particularmente a pluviosidade, não apresentaram correlação significativa com a produtividade média local.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGROBAND. **O que é bienalidade do café?** 2023. Disponível em: <https://www.band.uol.com.br/agro/noticias/o-que-e-bienalidade-do-cafe-16633872>. Acesso em: 25 out. 2024.
- ANDRADE, M. A. D. de. **Relações hídricas e crescimento de plantas jovens de café sob diferentes regimes hídricos e dose de N e K.** Vitória da Conquista: UESB, 2011. 55f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Vitória da Conquista, 2011. Disponível em: <http://www2.uesb.br/ppg/ppgagronomia/wp-content/uploads/2020/10/marcela-frois.pdf>. Acesso em 5 jan. 2025.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ – ABIC. **Origem do café.** ABIC, 2021. Disponível em: <https://www.abic.com.br/tudo-de-cafe/origem-do-cafe/>. Acesso em 4 jan. 2025.

- BARBOSA, J. N.; BORÉM, F. M.; ALVES, H. M. R.; VOLPATO, M. M. L.; SOUZA, V. C. O. de; SANTOS, W. J. R. dos; ANDRADE, L. N. de. Distribuição espacial de cafés do estado de Minas Gerais e sua relação com a qualidade. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés no Brasil, 6., 2009, Vitoria-ES. **Anais**. Brasília, D.F: Embrapa – Café, 2009. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/880143/1/Distribuicaoespacial.pdf>. Acesso em: 20 out. 2024.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: café – safra 2014 – 4º levantamento**. Brasília, v. 1, n. 3, 2014. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe/item/download/1178_8430b1a77790219997273845a542975e. Acesso em: 25 out. 2024.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: café – safra 2015 – 4º levantamento**. Brasília, v. 2, n. 4, 2015. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe/item/download/1182_16f61eace1ae35314fd16ece456f16ae. Acesso em: 25 out. 2024.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: café – safra 2016 – 4º levantamento**. Brasília, v. 3, n. 4, dez. 2016. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe/item/download/1186_31a4932161770b10670278e46d0cc931. Acesso em: 25 out. 2024.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: café – safra 2017 – 3º levantamento**. Brasília, v. 4, n. 3, set. 2017. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe/item/download/12570_b7fc408ab243602511beab9461222209. Acesso em: 25 out. 2024.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: café – safra 2018 – 4º levantamento**. Brasília, v. 5, n. 4, dez. 2018. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe/item/download/45158_f33ac8f190d551cb52c96d4441f0f125. Acesso em: 25 out. 2024.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: café – safra 2019 – 4º levantamento**. Brasília, v. 5, n. 4, dez. 2019. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe/item/download/45162_6a334ac4d6f83a83150adecce704f44e9. Acesso em: 25 out. 2024.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: café – safra 2020 – 4º levantamento**. Brasília, v. 5, n. 6, dez. 2020. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe/item/download/45165_52f8285113b08b42a530e42ae9bf690c. Acesso em: 25 out. 2024.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: café – safra 2021 – 4º levantamento**. Brasília, v. 8, n. 4, dez. 2021. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe/item/download/45171_4c4eca8c46ea7b83d739f6f9fd63effd. Acesso em: 25 out. 2024.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: café – safra 2022 – 4º levantamento**. Brasília, v. 9, n. 4, dez. 2022. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe/item/download/45502_94f81af36cb923bc7561183a3f1e1761. Acesso em: 25 out. 2024.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: café – safra 2023 – 4º levantamento**. Brasília, v. 10, n. 4, dez. 2023. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe/item/download/50685_9a1021b64436b24e993ef7d33271e532. Acesso em: 25 out. 2024.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Evolução da cafeicultura brasileira nas últimas duas décadas**. Consórcio pesquisa café, 2020. Disponível em: http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/publicacoes_tecnicas/Consorcio-Embrapa-Cafe-Evolucao-3-2-21.pdf. Acesso em: 25 out. 2024.
- EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS – EPAMIG. Planejamento e gerenciamento da cafeicultura. **Informe Agropecuário**, v. 9, n. 247, p. 1-128, 2008. Disponível em: http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/informe_agropecuario/Planejamento_e_gerenciamento_da_cafeicultura.pdf. Acesso em: 5 jan. 2025.
- FRANCO, M. E.; ANGELOCCI, M. A.; DA SILVA, A. B.; PUTTI, F. F. Cenário da tecnologia de informação na gestão da produção de café no sul de Minas Gerais. **Interações**, v. 19, n. 2, p. 373–385, 2018. DOI: <https://doi.org/10.20435/inter.v19i2.1572>.
- GROSSI, D. **6 dicas para aumentar sua produtividade de café**. Porto Alegre: Aegro, 2021. Disponível em: <https://blog.aegro.com.br/produtividade-de-cafe/>. Acesso em: 26 out. 2024.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Dados históricos anuais**: ano 2014 (automática). 2014. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/uploads/dadoshistoricos/2014.zip>. Acesso em: 19 jul. 2025.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA – MAPA. **Conheça a história do café no mundo e como o Brasil se tornou o maior produtor e exportador da bebida**. Brasília: Governo Federal: MAPA, 2022. disponível em:

- <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/conheca-a-historia-do-cafe-no-mundo-e-como-o-brasil-se-tornou-o-maior-produtor-e-exportador-da-bebida>. Acesso em 4 jan. 2025.
- MEIRELES, E. J. L. M.; CAMARGO, M. B. P. de; PEZZOPANE, J. R. M.; THOMAZIELLO, R. A.; FAHL, J. I.; BARDIN, L.; SANTOS, J. C. F.; JAPIASSÚ, L. B.; GARCIA, A. W. R.; MIGUEL, A. E.; FERREIRA, R. A. **Fenologia do Cafeeiro: condições agrometeorológicas e balanço hídrico do ano agrícola 2004–2005**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/880509/1/Fenologiadocafeiro.pdf>. Acesso em: 25 out. 2024.
- MENDONÇA, R. F. de; RODRIGUES, W. N.; MARTINS, L. D.; TOMAZ, M. A. Abordagem sobre a bienalidade de produção em plantas de café. **Enciclopedia Biosfera**, v. 7, n. 13, 2011. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2011b/ciencias%20agrarias/abordagem%20sobre%20a%20bienalidade.pdf>. Acesso em: 19 jul. 2025.
- NUNES, F. L. **Modelo agrometeorológico de estimativa da duração do estádio fenológico da floração-maturação do café arábica**. Campinas: IAC, 2009. 79 fls. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Produção Agrícola). Disponível em: https://www.iac.sp.gov.br/areadoinstituto/posgraduacao/repositorio/storage/teses_dissertacoes/pb00013.pdf. Acesso em: 5 jan. 2025.
- PEREIRA, S. P.; BARTHOLO, G. F.; BALIZA, D. P.; SOBREIRA, F. M.; GUIMARÃES, R. J. Crescimento, produtividade e bienalidade do cafeciro em função do espaçamento de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 2, p. 152–160, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011000200006>.
- PREFEITURA DE PIUMHI. **História**. 2024. Disponível em: <https://prefeiturapiumhi.mg.gov.br/historia/>. Acesso em: 25 out. 2024.
- RODRIGUES, N. A.; REIS, E. A. dos; TAVARES, M. Influências dos fatores climáticos no custo de produção do café arábica. **Custos e @gronegócio on line**, v. 10, n. 3, 2014. Disponível em: <http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero3v10/Artigo%2011%20clima.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2025.
- SILVA, A. V. L. **Clima e qualidade natural de bebida de café na região mogiana do estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 2010. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical). Disponível em: https://www.iac.sp.gov.br/areadoinstituto/posgraduacao/repositorio/storage/teses_dissertacoes/pb1214308.pdf. Acesso em: 5 jan. 2025.
- SILVEIRA, C. Chuva melhora umidade do solo em áreas agrícolas, mas produtividade de trigo, café e cana continua em risco. **Revista Cultivar**, 2021. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/noticias/chuva-melhora-umidade-do-solo-em-areas-agricolas-mas-produtividade-de-trigo-cafe-e-cana-continua-em-risco>. Acesso em: 5 já. 2025.
- TAVARES, T. O.; COSTA, W. C. A.; LEITE, P. J. S. **Influência das condições climáticas ocorridas na safra 2013/14 e no desenvolvimento do cafeciro na região de Araxá, MG**. Araxá: ISAH, 2014. Disponível em: <http://site.uniaraxa.edu.br/wp-content/uploads/2014/09/influencia-nas-condicoes-climaticas-ocorridas-na-safra-2013-2014.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2025.
- THOMAZIELLO, R. A.; FAZUOLI, L. C.; PEZZOPANE, J. R. M.; FAHL, J. I.; CARELLI, M. L. C. **Café arábica: cultura e técnicas de produção**. Campinas: Instituto Agronômico, 2000. 82 p. (Boletim Técnico, 187).