

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
Curso de Engenharia Agrônoma**

**Yago Lichtscheidl Corerato**

**Efeito da adubação na qualidade do café: uma revisão de literatura**

Araras – SP  
2023

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
Curso de Engenharia Agrônoma**

**Yago Lichtscheidl Corerato**

**EFEITO DA ADUBAÇÃO NA QUALIDADE DO CAFÉ: UMA REVISÃO DE  
LITERATURA**

Trabalho Final de Curso apresentado ao  
Curso de Engenharia Agrônoma - CCA -  
UFSCar para a obtenção do título de  
Engenheiro Agrônomo.  
Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Marta Regina Verruma  
Bernardi

Araras – SP  
2023

## AGRADECIMENTOS

Agradeço de coração a todos que fizeram parte dessa jornada e contribuíram para a realização deste trabalho e da minha graduação.

À minha orientadora, Marta Regina Verruma Bernardi, quero expressar minha profunda gratidão. Sua dedicação, paciência e incentivo foram fundamentais para que eu superasse os desafios e chegasse até aqui. Mesmo nos momentos em que quase desisti de mim mesmo, você nunca desistiu de mim, e por isso sou imensamente grato.

Aos meus queridos pais, Débora e Rodolfo, meu alicerce e fonte inesgotável de amor e apoio. Sempre estiveram ao meu lado, guiando-me com sabedoria, compreensão e encorajamento. Cada conquista minha é também de vocês, e não poderia ter desejado pais melhores.

À minha república e aos irmãos que nela encontrei, agradeço por me proporcionarem uma vivência única. Os aprendizados que compartilhamos e os momentos que dividimos moldaram não apenas minha jornada acadêmica, mas também minha trajetória como adulto. O apoio mútuo e as experiências compartilhadas enriqueceram minha vida de maneiras que eu jamais poderia prever.

Por fim, expresso minha profunda gratidão a Deus. Sua luz sempre iluminou meus caminhos, guiando-me através das dificuldades e trazendo paz nos momentos de incerteza. Lembro-me das palavras reconfortantes que dizem: "Nos momentos em que apenas uma única trilha se mostra, não é porque Deus me abandonou; é porque Ele me carregava nos braços". Essa crença fortaleceu minha fé e me deu forças para continuar avançando.

À Maria Helena Sachi do Amaral da Biblioteca Campus Araras – UFSCar.

À todos vocês, minha orientadora, meus pais, meus amigos de república e a Deus, meu mais profundo agradecimento. Esta jornada não teria sido possível sem cada um de vocês. Que nossos caminhos continuem a se cruzar e a enriquecer uns aos outros, pois a gratidão que sinto transborda em palavras e sentimentos. Muito obrigado!

## RESUMO

Este trabalho conduz um levantamento bibliográfico para analisar os efeitos da adubação na qualidade do café. Na revisão de literatura foram exploradas as interações entre a adubação, a produtividade da lavoura e a qualidade do café. Os resultados destacam a influência da adubação na determinação da qualidade do café, podendo afetar diretamente a produtividade e qualidade da bebida café. Cada nutriente desempenhando um papel e igualmente importante. O equilíbrio na aplicação dos nutrientes é fundamental, uma vez que a adubação impacta na qualidade do café final. A atenção à adubação do solo, com aprimoramento técnico, é essencial para obtenção cafés de alta qualidade. Este trabalho contribui para a compreensão dos fatores que influenciam a qualidade do café e mostra que a adubação desempenha um papel importante na qualidade do café.

**Palavras-chave:** adubação, produção, bebida café.

## SUMÁRIO

	Pag.	
1	INTRODUÇÃO.....	6
2	OBJETIVOS.....	6
3	METODOLOGIA.....	7
4	DESENVOLVIMENTO - REVISÃO DE LITERATURA.....	8
4.1	Produção de café no Brasil e no mundo.....	8
4.2	Consumo de café.....	12
4.3	Espécies de café.....	13
4.3.1	Coffea arabica.....	13
4.3.2	Coffea canephora.....	17
4.4	Sistemas de plantio.....	18
4.4.1	Quanto ao adensamento.....	18
4.4.1.1	Sistemas de lavouras abertas.....	18
4.4.1.2	Sistemas de lavouras adensadas.....	19
4.4.2	Quanto às práticas agrícolas.....	20
4.5	Nutrição das plantas e efeito na qualidade do grão e bebida.....	22
4.5.1	Macronutrientes primários.....	23
4.5.1.1	Nitrogênio.....	23
4.5.1.2	Fósforo.....	25
4.5.1.3	Potássio.....	27
4.5.2	Macronutrientes secundários.....	29
4.5.2.1	Cálcio.....	29
4.5.2.2	Magnésio.....	30
4.5.2.3	Enxofre.....	32
4.5.3	Micronutrientes.....	33
4.5.3.1	Ferro.....	33
4.5.3.2	Boro.....	33
4.5.3.3	Cloro.....	33
4.5.3.4	Cobre.....	34
4.5.3.5	Zinco.....	34
4.5.3.6	Manganês.....	35
4.5.3.7	Molibdênio.....	35
4.5.4	Outros compostos.....	36
4.5.4.1	Alumínio.....	36
4.5.4.2	Chumbo, cromo e cádmio.....	37
5	CONCLUSÃO.....	38
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39

## **1 INTRODUÇÃO**

O café é uma *commodity* importante e um dos mais produtos mais consumidos do mundo, sendo, inclusive, a bebida mais consumida no Brasil e no resto do planeta, ficando atrás somente da água (Bessa, 2015). Segundo levantamento feito pela ABIC em 2022, o consumo de café ultrapassou 21 milhões de sacas no ano, o equivalente a 42% da safra de 2022 (ABIC, 2022).

De acordo com Gutierrez e Barrera (2015), sendo o café uma bebida tão importante e apreciada no Brasil e no mundo, é essencial que se façam investimentos para melhorar o produto, tanto em qualidade quanto quantidade, preço, manejos, susceptibilidade a doenças e intempéries, dentre diversos outros desafios para que se obtenha café com maior valor agregado e produtividade. Diversos fatores podem afetar a qualidade bebida café e alguns desses fatores estão ligados à genética, enquanto outros estão ligados aos fatores edafoclimáticos como altitude, pluviosidade, tipo de solo e ainda, ao manejo e beneficiamento executados (Malta et al., 2008).

A melhor fertilidade química dos solos se dará em situações em que a fertilização se faz de maneira integrada, ou seja, que sejam feitos esforços em diversos aspectos que ditam a qualidade da cultura. Isto é, a qualidade só será máxima quando os gestores tomarem cuidado com as quantidades de fertilizantes e seus tipos ou fontes, condições apropriadas de plantio e cultivo, tanto quanto ao espaçamento quanto às práticas agrícolas (Mesquita et al., 2016). Por essas razões, investigar e entender a relação entre a adubação e a qualidade da bebida produzida no fim se torna tão importante.

## **2 OBJETIVO**

O trabalho teve como objetivo realizar levantamento de estudos sobre a influência da adubação na qualidade do grão e bebida café.

### **3 METODOLOGIA**

O trabalho de revisão de literatura foi desenvolvido com base no referencial teórico da pesquisa bibliográfica. A pesquisa de artigos foi realizada utilizando ferramentas eletrônicas, nos idiomas português e inglês, dentro das bases de dados SciELO e Google Acadêmico, além da consulta de dados de órgãos governamentais e assim como Instituições nacionais e internacionais relacionadas ao café. Também foram consultadas dissertações e teses acadêmicas de universidades brasileiras dentro da área de engenharia agrônoma. A presente revisão bibliográfica levou em consideração o conteúdo de 79 artigos abrangendo um período de estudo que se estende desde 1977 até 2023.

## 4 DESENVOLVIMENTO - REVISÃO DE LITERATURA

### 4.1 Produção de café no Brasil e no mundo

De acordo com a USDA (Coffee..., 2022), o Brasil é o maior produtor de café do mundo, responsável pela produção de pouco mais de 35% de todo o café do mundo. Dentro deste aumento referente à última safra, é possível dividi-lo entre os dois tipos de café produzidos no Brasil: *Coffea arabica*, a principal espécie de café produzida devido à sua maior qualidade na bebida final e a *Coffea canephora* com maior robustez e rusticidade. A produção do café arábica para 2022 está estimada em 32,41 milhões de sacas (3,1% a mais que as 31,4 milhões de sacas produzidas em 2021) (CONAB, 2023) e para o Robusta, o levantamento indica produção de aproximadamente 18 milhões de sacas (10,3% a mais que a produção de 2021, equivalente a 16,3 milhões de sacas) (Ferreira; Cavaton, 2022; CONAB, 2023).

De acordo com Bastos (2021b), a produção de café no Brasil é realizada por cerca de 300 mil produtores, sendo 78% pequenos ou mini produtores. As propriedades se instalam ao longo de 2,5 milhões de hectares, e em torno de 1.900 municípios divididos entre os estados de Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Bahia, Rondônia, Paraná, Rio de Janeiro, Mato Grosso, Goiás, Amazonas e Pará, ordenados decrescentemente em relação à área plantada, com destaque aos quatro primeiros (CONAB, 2023).

O estado de Minas Gerais se encarrega da produção de cerca de 44% de toda a produção nacional de café, responsável por 67% de todo o tipo arábica produzido no país. O estado do Espírito Santo ocupa o segundo lugar em produção total de café, produtor de 33% de toda a produção brasileira e primeiro lugar em produção de café tipo conilon, produzindo 68% de toda a espécie produzida nacionalmente. O estado de São Paulo fornece quase 8% do café produzido no país, ocupando a terceira posição na produção nacional. As propriedades produtoras se concentram principalmente nas regiões da Alta Mogiana e Centro-Oeste, sendo a espécie arábica produzida em quase 100% das propriedades. Por fim, o estado da Bahia é o quarto maior estado produtor de café do Brasil, com produção de 7% da safra total nacional. A produção baiana se divide em 34% de café arábica e 65% café conilon, sendo o terceiro maior estado produtor de café conilon do Brasil, atrás de Rondônia (CONAB, 2023).

As Tabelas de 1, 2 e 3 mostram a produção de café arábica, canéfora e ambos ao redor do mundo, respectivamente nos anos de 2017, 2018, 2019, 2020, 2021 e 2022.

**Tabela 1** Produção mundial de café tipo arábica em milhares de sacas (60kg).

	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Brasil	39,500	49,700	42,000	49,700	36,400	41,500
Colômbia	13,825	13,870	14,100	13,400	13,000	13,000
Etiópia	7,055	7,350	7,475	7,600	8,150	8,250
Honduras	7,600	7,100	5,200	6,500	5,400	6,000
Peru	4,375	4,390	3,925	3,369	4,200	4,200
Guatemala	3,600	3,520	3,515	3,810	3,700	3,600
México	3,800	3,100	3,150	3,095	3,300	3,300
Nicarágua	2,700	2,900	2,675	2,485	2,680	2,680
China	1,950	1,925	2,000	1,800	2,000	2,000
Costa Rica	1,525	1,250	1,466	1,472	1,275	1,365
Indonésia	1,000	1,200	1,250	1,300	1,280	1,320
Índia	1,583	1,583	1,450	1,320	1,280	1,320
Vietnam	1,026	1,064	1,100	950	1,100	1,100
Uganda	1,200	1,050	1,025	730	950	900
Papua Nova Guiné	760	915	775	650	700	750
Outros	3,750	4,059	3,840	3,596	3,734	3,689
<b>Total</b>	<b>95,249</b>	<b>104,976</b>	<b>94,946</b>	<b>101,777</b>	<b>89,149</b>	<b>95,004</b>

Fonte: Coffee... (2022).

**Tabela 2** Produção mundial de café tipo canéfora em milhares de sacas (60kg).

	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Vietnam	28,274	29,336	30,200	28,050	30,500	29,800
Brasil	12,600	16,800	18,500	20,200	21,700	22,800
Indonésia	9,400	9,400	9,450	9,400	9,300	10,000
Uganda	3,400	3,600	4,450	5,900	5,300	5,750
Índia	3,683	3,742	3,517	3,917	4,250	4,420
Malásia	2,100	2,100	1,900	2,000	2,000	2,000
Costa do Marfim	1,250	2,000	1,725	910	800	800
Tailândia	700	650	700	600	650	700
México	200	450	550	530	540	545
Tanzânia	550	600	600	650	550	525
Outros	2,433	2,302	2,492	2,427	2,395	2,606
<b>Total</b>	<b>64,590</b>	<b>70,980</b>	<b>74,084</b>	<b>74,584</b>	<b>77,985</b>	<b>79,946</b>

Fonte: Coffee... (2022).

**Tabela 3** Produção mundial total de café em milhares de sacas (60kg).

	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Brasil	52,100	66,500	60,500	69,900	58,100	64,300
Vietnam	29,300	30,400	31,300	29,000	31,600	30,900
Colômbia	13,825	13,870	14,100	13,400	13,000	13,000
Indonésia	10,400	10,600	10,700	10,700	10,580	11,350
Etiópia	7,055	7,350	7,475	7,600	8,150	8,250
Uganda	4,600	4,650	5,475	6,630	6,250	6,650
Honduras	7,600	7,100	5,200	6,500	5,400	6,000
Índia	5,266	5,325	4,967	5,237	5,530	5,740
Peru	4,375	4,390	3,925	3,369	4,200	4,200
México	4,000	3,550	3,700	3,625	3,840	3,845
Guatemala	3,780	3,770	3,645	3,930	3,830	3,730
Nicarágua	2,730	2,950	2,755	2,605	2,800	2,800
China	1,950	1,925	2,000	1,800	2,000	2,000
Malásia	2,100	2,100	1,900	2,000	2,000	2,000
Costa Rica	1,525	1,250	1,466	1,472	1,275	1,365
Tanzânia	1,150	1,300	1,250	1,350	1,200	1,150
Costa do Marfim	1,250	2,000	1,725	910	800	800
Papua Nova Guiné	810	965	825	700	750	800
Quênia	720	850	750	650	750	700
Tailândia	700	650	700	600	650	700
El Salvador	660	654	510	540	590	575
Venezuela	575	585	550	480	500	500
Laos	450	375	440	485	465	485
Filipinas	450	425	450	425	450	475
Camarões	425	450	475	400	375	450
Outros	2,043	1,972	2,247	2,053	2,049	2,185
<b>Total</b>	<b>159,839</b>	<b>175,956</b>	<b>169,030</b>	<b>176,361</b>	<b>167,134</b>	<b>174,950</b>

Fonte: Coffee... (2022).

## 4.2 Consumo de café

O continente com o maior consumo de café do mundo é a Europa, consumindo 52,51 milhões de sacas, equivalentes a 32% de todo o café produzido no mundo. A Ásia e Oceania juntas consomem cerca de 23%, a América do Norte consome 19%, América do Sul com 17%, África com 7%, América Central e México consomem 3% do café colhido mundialmente (Mercado..., 2019).

A bebida café é essencial à mesa do brasileiro, com crescimento de 1,06% do consumo quando comparados os anos de 2020 e 2021 (ABIC, 2021), porém com recuo de 1,01% entre 2021 e 2022. O café também ocupa o cargo de bebida mais consumida entre os brasileiros – média de quase 6kg por brasileiro em 2022, ficando atrás apenas da água (Barros, 2022). Apesar de ser o maior produtor de café do mundo e o consumo total da América do Sul equivaler a 17%, o Brasil ocupa o segundo lugar no consumo mundial de café, tendo sido consumidas 21,5 milhões de sacas no ano de 2021 e logo após os Estados Unidos, que consumiram 26 milhões de sacas no mesmo ano (ABIC, 2021). Entretanto, está entre os 20 países que mais consomem a bebida no mundo, com consumo de 4,84 kg/pessoa de café torrado no ano de 2021 (ABIC, 2021), equivalente a cerca de 81 litros por ano por brasileiro (Petry; Borges; Aureliano-Silva, 2019). Internamente, o consumo do café é distribuído em 45% na região sudeste, 22% na região nordeste, 17% na região sul e 8% somados pelas regiões norte e centro-oeste (Mercado..., 2019).

De acordo com Gavlak (2022), a cultura do consumo do cafezinho já é consolidada no Brasil, onde a média de consumo está entre 3 e 4 xícaras por dia. Para o ano de 2023 espera-se um aumento em volume do consumo total em 1,94% e para 2024 este número pode chegar a 4,1%. Este aumento deve-se principalmente entre pessoas de 16 e 25 anos e que estão ficando cada vez mais exigentes e dispostos a pagar preços mais elevados por um produto de qualidade, popularizando ainda mais o comércio de grãos de cafés (moídos ou não) tidos como *gourmet* ou especiais.

Em estudo realizado por Ferreira et al. (2023), sobre o perfil do consumo de café de 351 alunos universitários, sendo 57,5% mulheres, maioria entre 18 a 20 anos, verificou-se que 85,8% consomem café, 34,7% consomem a bebida acima de 200 mL diariamente, sendo 88,1% no café da manhã e 57,1% utilizam açúcares como aditivo alimentar. Ainda, 79,6% compram café torrado e moído, sendo 75,3% optam pelo tipo tradicional, 69% preparam o café coado no filtro de papel e 73% consideram

importante o aroma e sabor para efetivar a compra. Além disso, 69,9% dos consumidores não conseguem diferenciar o café tipo tradicional, do extraforte, do gourmet e do especial, 59,8% nunca experimentaram café orgânico e 71,2% não sabem diferenciá-lo dos demais tipos de café.

### **4.3 Espécies de café**

O café é uma planta da família *Rubiaceae*, gênero *Coffea* e existem mais de 120 espécies desse gênero. No entanto, o foco econômico e produtivo é em torno de duas espécies, apenas: *C arabica* e *C canephora* (Paiva, 2023). Todas são originais do continente africano. Sendo *C arabica* mais associado a bebidas de qualidade e *C canephora* é mais associado a cafés solúveis ou bebidas que fogem do tradicional, estas são as duas únicas espécies com produção comercial favorável e rentável. Espécies como *C liberica*, *C excelsa*, *C stenophylla* são espécies que podem ter participado de cruzamentos para dar origem às espécies de interesse de hoje em dia, porém não são economicamente interessantes e o cultivo dessas se resume a conduzir experimentos científicos e/ou novos cruzamentos com *C arabica* ou *C canephora* (Sanmax, 2021; Paiva, 2023).

#### **4.3.1 Coffea arabica**

O *Coffea arabica* possui seu foco de origem na Etiópia e corresponde a 70% de todo o café produzido no planeta, já que é capaz de resultar em uma bebida de qualidade superior à sua concorrente, *Coffea canephora*, tanto em sabor quanto em aroma (Souza *et al.*, 2004). As plantas de café canéfora são mais resistentes a temperaturas mais altas, pragas e doenças, conferindo-lhes maior rusticidade, porém, com menor valor do produto (Cocato; Oliveira, 2021).

O café arábica é uma cultura considerada sensível às intempéries climáticas, isto é, não aceita bem mudanças bruscas de temperatura, umidade ou ventos fortes. Nestes casos, as plantas podem apresentar diversos sintomas como amadurecimento acelerado dos frutos devido à maior produção de etileno. Também pode ter grãos fermentados mais rapidamente devido à alta umidade que favorece os organismos responsáveis por este processo (*Fusarium*, *Penicillium*, *Aspergillus*). A alta umidade combinada com vento ainda pode derrubar grãos que ainda estão verdes. Podem fazer que caiam folhas em ritmo severo ou crescer ramos vegetativos a partir de ramos

produtivos ou ainda induzir floradas fora de época, gastando recursos da planta de forma desnecessária (Matiello *et al.*, 2016).

A ocorrência de chuva nos períodos que deveriam ser secos (inverno) faz com que seja interrompido o estresse hídrico de *C arabica* e haja influência negativa na abundância, uniformidade e produtividade dos cafeeiros. Para que haja a florada, os botões precisam passar por estresse hídrico durante algumas semanas (variável em função da localização, condições, espécie, cultivar, etc.), sendo mais abundante e concentrada em função do tempo e intensidade da seca. A ocorrência de chuvas vai induzir a floração, 10 a 35 mm de chuva são suficientes para a maioria dos casos (Ruiz-Cárdenas, 2015).

O café arábica se desenvolve muito bem em regiões de altitude e/ou montanhosas, onde tenha-se temperaturas que variem entre 18 e 23 °C e o café robusta costuma se desenvolver sob temperaturas entre 22 a 26 °C, com precipitação anual na faixa entre 1.200 mm e 1.800 mm. Quanto à altitude, regiões mais altas costumam ser mais interessantes pois diminuem as temperaturas, umidade e ocorrência de pragas, doenças e plantas invasoras. No entanto, a topografia de regiões montanhosas não favorece a mecanização dos processos e nem a manutenção da qualidade do solo – há maior erosão nestes ambientes (Baptistella, 2019).

De acordo com Baptistella (2019) reforça a importância de plantar após a ocorrência de geadas, de forma a se poder estudar onde fica a linha da geada e plantar em partes mais elevadas que ela, visto que a geada ocorre devido a um acúmulo de ar frio em baixadas. Em caso de *Coffee canephora*, o ideal é plantar em regiões abaixo de 800 m, sendo o contrário quando o caso é de *Coffee arabica*. O relevo influi na exposição à luz solar e o sol se move de leste para oeste, tendo o final da tarde como período mais quente e seco. A incidência do sol poente sobre as folhas pode causar escaldadura, por isso, Baptistella (2019) recomenda o plantio no sentido Leste-Oeste.

As geadas podem devastar as lavouras cafeeiras, apresentando danos graves às folhas e frutos. Tais danos podem ser severos a ponto de impedir a colheita do café e matar o cafezal inteiro. Geada é o fenômeno de congelamento da fração líquida dentro da planta, podendo haver formação de gelo nas superfícies das folhas ou não mas com danos aos vasos e tecidos vegetais. Uma vez que a geada ocorreu no cafezal, o recomendado é que se espere que os danos apareçam antes de tomar qualquer medida (Cruz, 2018).

É bem comum que após a ocorrência dessas geadas, a recuperação se dê após 3 ou 4 anos, podendo ou não envolver podas severas como esqueletamento – trato que elimina os ramos plagiotrópicos e mantém o ramo ortotrópico ou recepa rente, que elimina toda a parte aérea da planta, mantendo apenas a parte rente ao solo (Bastos, 2021a).

Geadas são um fenômeno atmosférico altamente nocivo ao cafeeiro. Os danos mais severos causados pela geada ficam no interior da planta, nos vasos e nas células. É comum que se veja o escurecimento dos ramos e/ou folhas, bem como enrolamento de folhas, perda de flores, frutos defeituosos, qualidade inferior nos grãos e redução na produtividade, mas, ao contrário do que se pensa, a geada é danosa não só por congelar os tecidos, mas principalmente por congelar e dilatar as frações líquidas da planta, que – agora sim – dilatam e rompem células e tecidos (Santinato; Santinato, 2021).

Os danos da geada podem ser classificados como queima superficial a severa dos tecidos da parte aérea, podendo ocorrer estrangulamento das plantas em casos de cafeeiros jovens (que ainda não tenham formado a saia), que morrem. Quanto aos frutos, a geada pode atingi-los diferentemente conforme o estágio em que se encontram na incidência: frutos verdes afetados podem se desenvolver em grãos pretos ou ardidos e trazer perdas de quantidade e qualidade (Santinato; Santinato, 2021).

Devem ser tomadas as medidas preventivas como planejamento agrícola (evitar plantio em áreas que costumam sofrer com geadas, optar por variedades mais tolerantes), atentar-se às previsões do tempo para que seja possível cobrir ou irrigar durante a noite da geada, além de sempre manter a lavoura bem nutrida – adubação com potássio e enxofre aumentam a resistência das plantas a esse fenômeno (Velo, 2022).

O pé de café arábica é o único dentre todas as plantas do gênero que é tetraplóide (quando existem três réplicas para cada cromossomo, totalizando quatro de cada cromossomo) (Souza *et al.*, 2004).

Possui porte arbustivo com caule único (ramo ortotrópico) que pode atingir alturas superiores a quatro metros e a produtividade acontece toda nos ramos secundários da planta (ramos plagiotrópicos). Suas folhas são ovaladas com bordas onduladas e formato sub lanceolado ou ovalado, de coloração verde-escuro e aspecto

brilhoso, não ultrapassando os 15 cm de comprimento. Em relação às flores, são inflorescências hermafroditas, autógamas, emitidas em grupos de 8 a 15 glomérulos de coloração branca (Souza et al., 2004).

Os frutos produzidos podem possuir coloração amarela ou vermelha, produzidos no formato de drupas ovoides, biloculares, isto é, suas sementes são produzidas em cavidades separadas no endocarpo. Como é um fruto de endocarpo – também conhecido como pergaminho – pouco importante e pouco volumoso, pode ser considerado um fruto do tipo baga. Estes frutos são não climatéricos, significando que reduzem seu metabolismo quando colhidos, ficando menos suscetíveis ao hormônio etileno – em outras palavras, não amadurecem depois de separados da planta (Souza et al., 2004).

O café arábica só consegue produzir e amadurecer frutos em ramos novos. Isso significa que o crescimento vegetativo deve acontecer o tempo todo para que haja produção de café. Alternadamente a planta foca suas energias no desenvolvimento de frutos e de ramos. Em anos onde tem-se muitos botões para amadurecer, a planta foca suas energias neles e não há energia suficiente para o desenvolvimento de ramos, este será o chamado “ano de safra alta” e será o ano em que se faz a colheita boa do café. No ano seguinte, como o café foi colhido, a planta foca em desenvolver seus ramos e emitir (mas não desenvolver) os próximos botões e, então, este será o ano de safra baixa onde pode nem haver colheita. Essa característica do café é chama de bienalidade (Baptistella, 2022).

Os botões florais são emitidos após a ocorrência da indução floral quando há redução do fotoperíodo, no começo do outono, de anos de safra alta – normalmente de quatro a seis botões por axila. Nesta etapa é imprescindível que não haja picos de calor, do contrário, haverá abortos espontâneos das flores. Uma vez emitidos os botões florais de tamanho máximo, entram em dormência até que chegue a estação chuvosa. Em casos de chuva fora de época, esses botões se abrirão e morrerão, resultando em grandes perdas (Ruiz-Cárdenas, 2015).

Sendo uma espécie autógama, juntamente com a próxima indução floral – no ano de safra baixa, as flores serão autopolinizadas ao mesmo tempo que surgirão novos botões florais responsáveis pela produção da safra baixa. Enfim, a maturação e colheita costumam ocorrer entre os meses de abril a agosto (Cocato; Oliveira, 2021).

É possível dizer se o cafezal produtivo está em ano de safra alta ou baixa apenas analisando as axilas das folhas. Quando há maior quantidade de gemas, o ano é de safra baixa. Quando há maior quantidade de flores ou frutos (dependendo da época em que se analisa), o ano é de safra alta (Ruiz-Cárdenas, 2015).

A depender da variedade e da área cultivadas, a colheita ideal pode ser mecânica, manual ou híbrida. A colheita mecanizada permite a colheita em áreas muito maiores, onde seriam necessárias muitas pessoas e muito tempo para fazer. Com o auxílio da tecnologia, é possível colher de forma mecanizada apenas os frutos maduros (colheita seletiva) – capacidade que antigamente era exclusiva da colheita manual e hoje em dia pode ser feita mais eficientemente de forma mecanizada. É importante ressaltar que é possível colher café de qualidade das duas formas, porém a colheita mecanizada parece mais vantajosa, inclusive pelo custo a longo prazo. Por outro lado, colher de forma manual permite o cultivo em locais acidentados ou terrenos excessivamente inclinados, colher em dias de chuva, preservar o solo, dentre muitas outras. A maior vantagem da colheita manual é permitir a colheita de cafés de especialidade, onde há um treinamento para colher os grãos no ponto exato desejado (Alves; Costa; Santos, 2015).

#### **4.3.2 *Coffea canephora***

O café robusta é uma espécie de café (*Coffea canephora*) original da África Ocidental. É um arbusto de crescimento rápido e alta resistência a pragas, doenças e plantas invasoras, tornando-o ideal para regiões tropicais e subtropicais. O grão de *Coffea canephora* é menor e mais arredondado que o de *Coffea arabica* e produz uma bebida com sabor mais forte e amargo, além de possuir maior teor de cafeína. Após a torra e moagem, distinguir as duas espécies se torna árduo e complicado, conseqüentemente, facilitando a produção de *blends* que envolvam as duas espécies. Por possuir valor comercial inferior, o conilon é adicionado ao arábica a diferentes proporções, sendo comum 20, 30 e 50% (Dias; Scholz; Benassi, 2005).

Sua natureza genética é diplóide, como as outras espécies de *Coffea*. Os sistemas radiculares emitidos por *C canephora* são maiores e mais fortes, proporcionando uma maior permissibilidade a secas e deficiências nutricionais. Suas folhas são maiores, mais claras, com formato elíptico lanceolado e bordas onduladas (Souza et al., 2004).

Os frutos produzidos possuem menor padrão quanto ao tamanho, dependendo da variedade. Possuem formato arredondado ou esticado, normalmente vermelhos e com endocarpo mais fino quando comparado a café arábica (Souza *et al.*, 2004).

As sementes do café robusta costumam ser menores e mais pesadas. Quanto ao poder recalcitrante, as sementes de café arábica levam vantagem ao se manterem viáveis por mais tempo. Por se tratar de uma espécie alógama, está sempre mais suscetível a variabilidade genética e lavouras desuniformes. Por isso é comum que se faça plantio de clones, garantindo padronização da colheita (Souza *et al.*, 2004).

#### **4.4 Sistemas de plantio**

A qualidade do café é diretamente influenciada pelas escolhas de sistemas de plantio. Escolher quanto ao espaçamento entre plantas ou quanto à abordagem agrícola vai influenciar substancialmente na qualidade e produtividade do café. Decisões bem fundamentadas nesses aspectos são essenciais para obter um café de alta qualidade.

##### **4.4.1 Quanto ao adensamento**

Segundo a cartilha “Café: formação da lavoura” publicada pelo Senar em 2017, deve-se optar por um dos dois sistemas existentes: sistema de lavouras abertas ou sistemas de lavouras adensadas. Isto é, o produtor deve decidir se irá usar um sistema de espaçamento convencional ou adensado, sendo que os dois sistemas são distintos basicamente pela distância entre plantas, cada um com suas características e vantagens (Café..., 2017).

##### **4.4.1.1 Sistemas de lavouras abertas**

No sistema de lavouras abertas, os pés de café são cultivados com maior espaçamento entre as linhas e menor entre plantas. Isto resulta em menos linhas e menos plantas, quando compara-se à mesma área em sistema adensado. Dessa forma as plantas passam pelos tratos culturais, principalmente mecanizados, de forma facilitada para quem os realiza. É este o sistema mais popular entre os pomares médios ou grandes e que precisem de tratos mecanizados (Café..., 2017).

Além dos tratos facilitados, adensar as linhas de plantio também faz que sejam necessárias podas com intervalos mais longos, já que o espaçamento entre as linhas é maior e permite melhor incidência de sol sobre cada uma (Café..., 2017).

Para café arábica, o espaçamento mais comum está na faixa entre 0,5 a 0,8m entre plantas e 3,5 a 4m entre linhas, o que resulta em densidade de 3 a 5 mil plantas por hectare. Quanto menos podas uma variedade demande, maiores as vantagens de se optar por esse sistema. O café robusta costuma vir com espaçamento de 1 a 1,5 m entre plantas para 3m entre linhas, resultando em densidade de 3 mil plantas por hectare (Café..., 2017).

Este sistema de lavoura permite a colheita mecanizada, seja com derriçadeiras ou colheitadeiras. Só é possível o uso de colheitadeiras em terrenos propícios, isto é, planos e bem drenados, onde não haverá compactação excessiva do solo. Já as derriçadeiras são equipamentos individuais que cada trabalhador carrega para derriçar os frutos. Consiste de uma haste metálica longa e cerdas rígidas vibratórias nas pontas. Em ambos os métodos é possível ajustar a intensidade da vibração para atender melhor às demandas (Café..., 2017).

Quanto à qualidade, cerejas de café pouco maduras ou excessivamente maduras podem introduzir notas desagradáveis na bebida e reduzir o equilíbrio, a consistência e a complexidade do café. Colher apenas cerejas maduras é crucial para manter a qualidade do café e evitar defeitos que possam desqualificá-lo como café especial e a colheita mecânica não consegue distinguir os pontos de maturação, sendo necessário uma separação posterior para que não haja impactos à qualidade do café (Guevara, 2020).

#### **4.4.1.2 Sistemas de lavouras adensadas**

O sistema adensado é a melhor opção para produtores menores (de médio a pequenos) que priorizam a produtividade em função do espaço disponível e que fazem os tratos manualmente e sendo praticamente indispensável para áreas montanhosas onde se pratique a safra-zero (prática consistida de não colher a safra baixa, eliminando o maior custo do plantio de café: a colheita) (Rosa et al., 2020). Aqui tem-se espaço menor – principalmente – entre as linhas, resultando em maior quantidade de plantas no total. Havendo menos espaço para a luz chegar ao solo, o sistema adensado facilita o controle de plantas invasoras, porém faz necessárias as podas com maior frequência e com trabalho mecanizado dificultado devido ao pouco

espaço livre que resta. Também acirra-se a competição entre plantas, então a adubação acaba sendo um ponto que demanda ainda mais atenção (Café..., 2017).

Ao plantar café arábica, normalmente o sistema adensado também traz distâncias de 0,5 a 0,8 m entre plantas, mas com redução do espaço entre as ruas: de 2 a 3,2 m. Essa dinâmica resulta em populações entre 5 mil e 10 mil plantas por hectare. Por sua vez, o café robusta costuma ser plantado com 1m entre plantas e 2m entre linhas, com cerca de 5 mil plantas por hectare (Café..., 2017).

Em sistemas elevados como em montanhas, normalmente opta-se por sistemas adensados, visto que o terreno acidentado já inviabiliza a mecanização dos tratos. Sendo a mecanização inviável, há mais vantagens em adensar o plantio e realizar recepas, poda que renova os cafezais ao eliminar quase completamente a parte aérea dos cafeeiros para que seja estimulado o crescimento de novos ramos – assim que as saias das plantas se fundem (Lobato, 2020).

É mais comum que se obtenha cafés de qualidade superior oriundos de lavouras onde os tratos (principalmente a colheita) sejam feitos manualmente. Essa forma de colheita permite que seja realizada a derriça seletiva, onde só são colhidos os frutos em ponto de cereja madura, o que garante uma bebida mais rica em açúcares, além de garantir que não haja grãos passados e nem verdes, ambos considerados defeitos na classificação física e sensorial. Entretanto, este método de colheita pode ser mais demorado e/ou mais caro e isso pode acarretar produções significativamente menores (Guevara, 2020).

#### **4.4.2 Quanto às práticas agrícolas**

A escolha entre os sistemas de plantio convencional e orgânico deve considerar não apenas o impacto imediato na produção, mas também os benefícios a longo prazo. A sustentabilidade agrícola, a preservação dos recursos naturais e a qualidade do produto final são aspectos fundamentais a serem avaliados. Assim como a distância entre as plantas influencia o crescimento do café, a escolha entre os sistemas de cultivo define a relação do produtor com a terra, a natureza e a comunidade consumidora. É uma decisão que transcende os limites da lavoura, repercutindo nos valores e no legado que serão deixados para as gerações futuras.

Os sistemas convencionais são aqueles em que são usados fertilizantes minerais, defensivos químicos e não se faz controle da biodiversidade ou do solo. As

fontes minerais de adubação são fontes de rápida disponibilidade de nutrientes, porém de curta duração, sendo necessárias adubações mais frequentes. São sistemas muito dependentes dos manejos, seja na proteção contra plantas espontâneas, doenças e pragas quanto de fertilizantes minerais. Também podem ser usados fertilizantes orgânicos que venham de outras propriedades, aumentando, assim, o risco de novas pragas na lavoura (Lopes; Ferraz, 2009).

No entanto, o cultivo convencional permite o uso de tecnologias que ajudem a simplificar os tratos, como transgênicos ou defensivos e fertilizantes que exigem menos esforço para determinar seus usos e diminuir as perdas (Alimentos..., 2022)

A busca por alternativas sustentáveis na produção de café tem impulsionado a adoção de sistemas orgânicos entre os agricultores. O crescente interesse nesses métodos se deve à conscientização sobre a preservação ambiental e à demanda por produtos mais saudáveis, além de fornecerem outros produtos como lenha e uma ampla variedade de alimentos. O cultivo orgânico destaca-se por sua abordagem holística, substituindo insumos químicos por recursos naturais locais. Incorporar árvores para sombreamento, ciclagem de nutrientes e conservação do solo é uma prática comum nesse sistema (Aguiar-Menezes, 2007). Além de promover a biodiversidade, a cafeicultura orgânica também apresenta vantagens econômicas para pequenos produtores, permitindo a entrada em mercados com produtos de alto valor agregado (Theodoro et al., 2003). Contudo, desafios como custos de certificação, mão-de-obra intensiva e falta de orientação ainda podem ser obstáculos para sua adoção em larga escala (Souza et al., 2004). As certificações oferecem rastreabilidade e confiabilidade aos consumidores, protegendo a integridade do sistema orgânico (Lerner, 2019).

De acordo com Brasil (1999), só será considerado orgânico, aqueles produtos que usufruam dos recursos naturais e socioeconômicos, sem desrespeitar as culturas. Se enquadram nesse sistema de plantio, os produtos obtidos sem o uso de agrotóxicos, transgênicos e que minimizem o uso de fontes de energia não renováveis. Os produtos orgânicos devem privilegiar a saúde ambiental e humana. Também devem preservar e/ou ampliar a diversidade da fauna e flora locais, conservar as propriedades e condições do solo e bacias hidrográficas.

O café orgânico é mais facilmente associado ao café de qualidade pois requer um nível maior de atenção e cuidados. Muitas vezes os produtores optam por sistemas orgânicos com foco maior na qualidade do que na sustentabilidade (Souza, 2006).

O sistema organomineral é aquele em que não se usa defensivos químicos (agrotóxicos) de nenhuma espécie, mas ainda usam adubos minerais, sendo esse o principal impedimento para serem classificados como orgânicos. Possui conhecimento e estudos teóricos, porém, não existem legislações nem certificações para esse tipo de cultivo (Caixeta; Pedini, 2002).

Nesse sistema são usados adubos orgânicos como compostagens, restos culturais ou esterco em combinação com nutrientes minerais convencionais, sendo combinados antes da aplicação ou aplicados juntos. Dessa forma, os adubos orgânicos exercem a liberação lenta característica enquanto os minerais ficam disponíveis rapidamente, resultando em ação sinérgica entre esses dois tipos de adubo (Cavalcante et al., 2020).

De acordo com Almeida (2002) do ponto de vista conceitual, é notável que os Sistemas Agroflorestais (SAFs) apresentam uma ampla variedade de elementos, incluindo árvores, plantas frutíferas, culturas de adubação verde, além de culturas de longa duração. Esses elementos se combinam de maneira a permitir a produção de alimentos e matérias-primas, ao mesmo tempo em que contribuem para a restauração florestal e a recuperação de solos degradados. No entanto, também existem abordagens mais simplificadas, como o modelo de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF). Os SAFs de maior biodiversidade podem ser vistos como uma representação mais próxima, do ponto de vista ecológico, das florestas naturais. Isso os torna uma opção viável de produção, devido à maneira sustentável com que interagem com o ecossistema.

Também podem exercer papel na reestruturação do solo e controlar erosão ou melhorar a qualidade da água. Este é um sistema bastante sustentável, que conserva os recursos naturais e aumenta a diversidade, além de aumentar também a produtividade (Bernardes; Khatounian, 2013).

#### **4.5 Nutrição das plantas e efeito na qualidade do grão e bebida**

Toda a nutrição mineral das plantas e seus ganhos de peso são originais dos nutrientes disponibilizados. São dezessete nutrientes conhecidos até hoje em dia,

podendo ser subdivididos em macronutrientes primários, macronutrientes secundários e micronutrientes, conforme as quantidades em que são demandados. Ainda não se tem certeza de que há conhecimento de todos os micronutrientes existentes, mas com certeza há conhecimento da maioria deles (Carvalho, 2023).

Os grãos de café podem ser influenciados pela nutrição e adubação de duas formas, podendo ser diretamente, onde cada nutriente vai integrar moléculas de sabor, aroma, corpo ou outros aspectos da qualidade. Também tem-se influência indireta, quando os nutrientes participam de processos que melhorem ou piorem outros fatores que influenciam nos grãos, como tamanho de plantas, tamanho e quantidade de folhas, atração ou repulsão de insetos ou doenças, dentre outros (Martinez *et al.*, 2014)

É conhecido que a cultura do café possui baixas exigências nutricionais antes da primeira floração, exigência essa que pode até triplicar, uma vez que se inicia a produção. A principal forma de exportação de N por parte do cafeeiro é através dos frutos (Martinez; Neves, 2015).

#### **4.5.1 Macronutrientes primários**

Os macronutrientes primários são nutrientes que são necessários em maiores quantidades pelas plantas. O trio NPK (nitrogênio, fósforo e potássio) é quem constitui os macronutrientes primários. A ausência deles em níveis apropriados – variando conforme a cultura – pode causar problemas bastante críticos, muitas vezes irreversíveis como travamento do crescimento das plantas, má formação e, conseqüentemente, pode chegar a matar indiretamente as plantas (Manual..., 1998).

##### **4.5.1.1 Nitrogênio**

O nitrogênio, por natureza, possui um ciclo particular onde há interação com a atmosfera. Cerca de 80% da atmosfera terrestre é composta por nitrogênio, porém em forma de  $N_2$  – que não pode ser absorvido diretamente pelas plantas. Essa interação com a atmosfera acontece graças à microbiota do solo, que pode capturar o  $N_2$  do ar e transformá-lo em combinações amoniacais, nítricas ou orgânicas, combinações essas, absorvíveis pelas plantas (Macarthy; Leite; Oliveira, 2007).

A microbiota é natural do solo, composta por diversas espécies, mas com destaque agrônômico principalmente para bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Nitrobacter*, que se abrigam principalmente nos tecidos radiculares de leguminosas. É

possível estimular tal microbiota com objetivo agrícola (Macarthy; Leite; Oliveira, 2007).

Além da captura do nitrogênio atmosférico, a microbiota também pode disponibilizar nitrogênio na forma de amônia através da decomposição de resíduos nitrogenados orgânicos (Macarthy; Leite; Oliveira, 2007).

Este elemento está diretamente ligado à fotossíntese, uma vez que a molécula de clorofila – responsável pela fotossíntese – é composta por carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio e magnésio. É ele, o responsável pela coloração verde escura das folhas e outros tecidos verdes da planta. Além disso, o nitrogênio também compõe muitas das proteínas sintetizadas e atua no desenvolvimento radicular (Macarthy; Leite; Oliveira, 2007).

O nitrogênio é um nutriente exigido em grandes quantidades, sendo essencial para o crescimento das plantas. Geralmente é absorvido e transportado pelos vasos condutores nas formas de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), sendo o nitrato a forma mais comum absorvida pela maioria das culturas (Manual..., 1998). Os sintomas da deficiência de nitrogênio para o café se caracterizam pela clorose uniforme do limbo e das nervuras foliares, com posterior necrose e queda foliar, diminuição do porte da planta e queda prematura dos frutos e secamento dos ramos da ponta até a base (Mesquita et al., 2016).

O oposto também pode ser prejudicial; nitrogênio em excesso pode resultar em tecidos mais macios e suscetíveis a *Cercospora coffeicola* ou mancha Phoma (Pozza et al., 2001; Lima et al., 2010) ou apresentar efeitos negativos no desenvolvimento da planta, possivelmente devido às concentrações excessivas que aumentam a concentração de sais no solo, elevando a pressão osmótica e desidratando as plantas (Salazar-Arias, 1977). Outro efeito que pode ser atribuído ao excesso de N no solo é o crescimento vegetativo exacerbado, principalmente dos ramos plagiotrópicos (Mesquita et al., 2016).

Segundo Aguiar et al. (2014), quanto à adubação de plantio, deve-se aplicar 4 g de N por cova em coroa ao redor das plantas a cada 30 dias até o fim das águas. Em casos de plantio em cova, deve-se misturar o adubo nitrogenado – bem como todos os outros nutrientes, incluindo a calagem – à terra usada para fechamento das covas. Para a adubação de formação, são recomendadas quatro aplicações intervaladas com 45 dias começando em setembro contendo 8g de N cada. Por fim, para as adubações de

produção, o ideal é sempre realizar as adubações após as análises foliares, em função dos teores de nitrogênio. Usualmente aplica-se quantidades entre 50 e 450 kg.ha<sup>-1</sup>.

O nitrogênio é o nutriente mais exigido pelo cafeeiro. Segundo Martinez e Neves (2015), em 4,6 anos, o café extrai cerca de 490 kg.ha<sup>-1</sup> de N (com adensamento de cinco mil pés por hectare), com variação de até 25% dependendo da variedade. Em lavouras de mesmo adensamento e mesma idade, pode-se observar através de análises laboratoriais que cerca de 125kg.ha<sup>-1</sup> de nitrogênio são drenados através dos frutos.

É de suma relevância que se tenha uma adubação nitrogenada correta para obter um café de qualidade. Sabe-se que o principal alcalóide presente no café é a cafeína que, apesar de não afetar agudamente o sabor, causa efeito estimulante desejado e pode ter suas concentrações reduzidas em situações de carência de nitrogênio em até 18% (Mazzafera, 1999), portanto o nitrogênio se torna indispensável para uma bebida com teores desejados de cafeína.

#### **4.5.1.2 Fósforo**

O fósforo é um dos macronutrientes necessários em menores quantidades pelo cafeeiro, o que não significa que seja menos importante, até porque o Brasil possui solos com deficiências severas de fósforo ao longo de seu território. Exatamente por isso, a adubação fosfatada é extremamente importante para o bom desenvolvimento das plantas. Pode-se encontrar na forma orgânica, sendo proporcional aos teores de matéria orgânica do solo analisado, ou na forma mineral, podendo aparecer combinado com cálcio em solos neutros ou combinado com ferro ou alumínio em solos ácidos e a forma preferível para absorção é a de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (Faquin, 2005).

As concentrações na planta chegam a ser mais de mil vezes maiores do que as concentrações no solo, o que indica que a absorção é feita de forma ativa, isto é, com gasto de energia. Também é um elemento que facilmente se liga aos componentes minerais do solo, tornando mais difícil a adubação fosfatada. O magnésio pode ter sinergia com o fósforo, facilitando sua absorção pelas plantas (Faquin, 2005).

Este elemento é conhecidamente muito móvel dentro das plantas. O acúmulo dele é feito na forma inorgânica, dentro dos vacúolos das células. Assim, quando em casos de deficiência, a planta consegue reorganizar esses acúmulos e realocar o P para novos tecidos. Por este motivo, os sintomas de deficiência de fósforo são encontrados em folhas mais velhas enquanto as folhas novas tendem a ter seus teores de P

suficientes (Faquin, 2005). Entretanto, o fósforo é um elemento que se move através de difusão no solo – processo lento, dependente de água e pouco eficiente de transporte, sendo necessária sua adubação nas áreas próximas às raízes (Santos, 2020) e imprescindível nas adubações de plantio e formação, visto que as raízes ainda não se desenvolveram o suficiente para explorar grandes volumes de solo (Martinez; Neves, 2015). O café é uma cultura que indica o alcance de seu sistema radicular através de sua copa – o raio da copa é igual ao raio das raízes -, portanto, deve-se realizar a adubação fosfatada embaixo da chamada “saia” do cafeeiro nas adubações de produção e em profundidade nas adubações de plantio (Santos, 2020).

Ainda quanto à absorção do fósforo, o pé de café depende das associações com fungos micorrízicos arbusculares (FMA) para uma melhor exploração de volume do solo. Com importância extrema nas fases de desenvolvimento da planta, as associações com FMAs permitem que as raízes consigam obter o fósforo necessário, atuando como uma extensão das próprias raízes, enquanto as plantas fornecem energia aos fungos, caracterizando a relação simbiótica que formam (Matiello, 2021).

As formas mais comuns de identificar a deficiência de fósforo são analisando o crescimento da planta e as folhas mais antigas. No caso, há redução do ritmo de crescimento das plantas e folhas velhas cloróticas e reduzidas em tamanho (Santos, 2020) Nos processos reprodutivos do café, a falta de P resulta em abertura insatisfatória de novas gemas, com desenvolvimento insuficiente de frutos e sementes (Martinez; Neves, 2015).

O excesso de fósforo também pode ser um problema bastante grave pois vai afetar a absorção e translocação de outros nutrientes tais como ferro, cobre e zinco (Martinez; Neves, 2015).

A função mais importante do fósforo nas plantas é no ciclo energético. As plantas usam o fósforo na forma de adenosina trifosfato (ATP) ou adenosina difosfato (ADP). Quando se faz a quebra das ligações dos fosfatos é liberada uma grande quantidade de energia para as plantas, o que transforma o ATP em ADP, permitindo a analogia onde o ATP é uma bateria carregada e o ADP, descarregada. Outra função essencial é na estrutura molecular das plantas. O fósforo é componente essencial tanto para a formação de ácidos ribonucleicos (RNA) quanto para ácidos desoxirribonucleicos (DNA) (Santos, 2020).

Semelhantemente à falta de nitrogênio, a falta de fósforo pode resultar em menores concentrações de cafeína (Mazzafera, 1999), o que implica em uma bebida abaixo do que se espera de tal.

De acordo com o Manual... (1998), o fósforo é um nutriente essencial para o crescimento das plantas, absorvido principalmente como íon ortofosfato primário ( $H_2PO_4^-$ ) e em pequenas quantidades em íon ortofosfato secundário ( $HPO_4^{2-}$ ), atua em diversos processos fisiológicos das plantas, atuando na formação e crescimento das raízes, favorecendo um crescimento mais rápido e aumentando a resistência aos rigores do inverno, a eficiência do uso da água e a resistência a certas doenças. Os sintomas comuns de deficiência de fósforo são o decréscimo na taxa de crescimento, morte de tecidos nas folhas, pecíolos e frutos.

#### **4.5.1.3 Potássio**

O potássio é o elemento mais exigido pelas culturas em geral depois do nitrogênio e sua carência por parte das plantas aumenta com o decorrer dos anos e do aumento da produtividade (Martinez; Neves, 2015). Juntamente com o fósforo, o potássio é um dos elementos mais utilizados nas adubações no Brasil (Faquin, 2005).

A forma mineral estrutural do potássio é a mais comum nos solos, sendo mais abundante em solos menos intemperizados ou mais jovens, que possuem teores mais elevados de minerais primários como feldspatos e micas ou em minerais secundários como as argilas 2:1, vermiculitas e ilitas, visto que estas moléculas possuem potássio em suas composições. Em solos mais intemperizados, estes minerais dão lugar à caulinita, que não tem potássio em sua estrutura, implicando em menor disponibilidade de potássio no solo. Em casos de baixas concentrações de potássio estrutural, os solos dependem ainda mais da forma iônica deste elemento;  $K^+$  (Faquin, 2005).

Todo o potássio absorvível pelas plantas se encontra na solução de solo em sua forma catiônica ( $K^+$ ) e pode ocorrer efeito sinérgico quando há concentrações baixas de  $Ca^{2+}$  disponíveis, porém, efeito antagônico quando existirem altas concentrações de  $Ca^{2+}$  e/ou  $Mg^{2+}$  - sendo estes os dois outros cátions trocáveis mais importantes (Raij, 1983). Esta forma catiônica do potássio é altamente solúvel em água, sendo um elemento facilmente absorvível e translocado no interior das plantas. Sendo um elemento muito móvel dentro das plantas, em casos de escassez, as plantas conseguem administrar o potássio de folhas velhas para tecidos novos (Faquin, 2005).

O potássio também depende da difusão para movimentar-se dentro do solo, entretanto, os sais de potássio podem se diluir em água, garantindo uma mobilidade bastante superior à do fósforo, bem como maior lixiviação dos mesmos (Raij, 1983).

Apesar da alta demanda geral por potássio, este elemento não tem nenhuma função estrutural nas plantas. Suas funções estão mais relacionadas às funções do metabolismo da planta (Veloso, 2021). Também participa da ativação de mais de cinquenta enzimas relacionadas à fotossíntese, além de controlar o potencial osmótico das células, contribuindo para a resistência à escassez hídrica. Sua presença contribui para o desenvolvimento radicular, conferindo maior volume e resistência às mesmas (Taiz et al., 2017).

A presença de potássio em níveis ideais permite o espessamento das cutículas e das paredes celulares das plantas, fatos estes que contribuem para a resistência geral das plantas, sendo em escassez hídrica ou suscetibilidade a infecção por patógenos. Segundo o estudo realizado por Cruz (2018), a adubação com potássio permite aumento do período de latência do patógeno da antracnose foliar (*Colletotrichum graminicola*) em até 21,7%. Também é possível concluir que o potássio diminui o ponto de solidificação da seiva, conferindo maior resistência às geadas.

O desenvolvimento radicular pode ser positivamente influenciado pelo potássio pois seus meristemas são controlados por fitohormônios, compostos também por potássio (Veloso, 2021).

A atividade estomática depende intensamente da presença de potássio para a abertura e fechamento dos orifícios, atuando no controle hidrostático e trocas gasosas das plantas (Faquin, 2005).

O potássio é um macronutriente primário absorvido pelas plantas na forma de íon  $K^+$ , sendo essencial aos processos fotossintéticos e de uso de água. A deficiência desse mineral diminui a taxa fotossintética da planta, conseqüentemente aumentando sua respiração, o que diminui o suprimento de carboidrato nas plantas. Sintomas típicos de deficiência de potássio são a murcha e queima da margem foliar, retardo no crescimento e desenvolvimento radicular, diminuição de frutos e sementes e aumento da suscetibilidade a doenças (Manual..., 1998).

O potássio atua na formação de grãos de café maduros, estimulando atividades enzimáticas, síntese e translocação de carboidratos, melhorando assim a qualidade da

bebida (Malavolta; Vitti; Oliveira, 1997). De acordo com Martinez et al. (2014), combinado com o nitrogênio, o potássio pode ainda apresentar efeitos positivos na produção de grãos, teor de cafeína, açúcares totais e redutores e fenóis totais.

O papel do potássio na formação e qualidade dos grãos se explica na influência que este elemento exerce na translocação de substâncias produzidas na folha para os frutos (Velo, 2021). Nos experimentos realizados por Matiello e Carvalho (2012), podem ser observados frutos até 13% maiores em plantas que receberam aplicações foliares de nitrato de potássio.

#### **4.5.2. Macronutrientes secundários**

Essa categoria é composta pelos elementos enxofre, cálcio e magnésio e são chamados macronutrientes secundários devido às quantidades em que são requeridos pelas plantas. Comparado aos macronutrientes primários, são necessários em quantidades significativamente menores, fato que não faz deles não essenciais para as plantas cultivadas (Reetz Junior, 2017).

##### **4.5.2.1 Cálcio**

O cálcio é um elemento estrutural das plantas. São empregados nas membranas celulares das plantas, permitindo o funcionamento perfeito da permeabilidade celular. Esta permeabilidade depende das concentrações de cálcio e hidrogênio (em suas formas iônicas:  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{H}^+$ ) (Faquin, 2005).

Por se tratar de um elemento considerado imóvel dentro das plantas, as deficiências de cálcio podem ser observadas nas partes novas das plantas – zonas meristemáticas do sistema radicular ou de parte aérea, podendo mostrar sintomas nas folhas novas. São os principais sintomas: a morte dos meristemas apicais – tanto de raízes quanto de caules quanto de ramificações, deformações em folhas novas como bordas atípicas e aspecto coriáceo; esbranquiçamento marginal das folhas novas, podendo se desenvolver em clorose, porém mantendo as nervuras com sua coloração normal verde escuro (Martinez; Neves, 2015).

É relevante ressaltar que deficiências de cálcio são pouco comuns e praticamente só acontecem em solos altamente ácidos, visto que este é o tipo de solo onde pode ocorrer a deficiência deste nutriente. Fato este facilmente corrigido com calagens bem executadas, que podem suprir todo o cálcio demandado, além de corrigir a acidez do solo (Raij et al., 1997).

Martinez e Neves (2015) enfatizaram a importância da concentração ideal de Cálcio no solo, visto que quando em carência, podem significar menor desenvolvimento radicular, o que vai resultar em menor volume de solo explorado, menor sustentação física da planta e menor resistência a estresse hídrico. Por outro lado, o excesso de Ca vai resultar em limitação da absorção de ferro e zinco. A disponibilidade ideal de cálcio pode, inclusive, atuar como barreira, limitando fisicamente a entrada de fitopatógenos como *Cercospora coffeicola*, causador da cercosporiose ou mancha de olho pardo.

As formas mais indicadas para suprir as demandas de cálcio são a calagem e a gessagem. O fato dessas serem práticas comumente empregadas na agricultura brasileira combinado ao fato de que a deficiência de cálcio é algo raro de ocorrer em solos brasileiros – até porque os níveis de cálcio exigidos pelo cafeeiro não são elevados (Raij, 1983).

A calagem é uma prática constituída por aplicar corretivos como calcário dolomítico, calcítico, magnésiano, cal, carbonato de cálcio ou outros no solo a lanço, seguido pela incorporação deste material a até 20cm. Executá-la trará elevação do pH do solo (comumente acidificados pelas adubações nitrogenadas ou naturalmente ácidos), neutralização do alumínio (elemento tóxico para as plantas) e suprimento das necessidades de cálcio e magnésio (Brandão, 2019).

A gessagem é feita aplicando o gesso agrícola ( $\text{CaSO}_4$ ) em cobertura no solo, sem a necessidade de incorporação, visto que o gesso é altamente móvel dentro do perfil do solo. O gesso é um condicionador do solo, isto é, proporciona condições físicas, físico-químicas e microbiológicas mais interessantes à agricultura.

De acordo com o Manual... (1998), o cálcio é um macronutriente absorvido pelas plantas na forma de cátion ( $\text{Ca}^{2+}$ ), sendo essencial no desenvolvimento radicular e foliar, estruturação das plantas, fixação do nitrogênio e na ativação de vários sistemas enzimáticos é importante principalmente na fase de implantação das lavouras de café, e sua presença nas camadas mais profundas permite um maior aprofundamento e conseqüentemente maior resistência à déficits hídricos. Além disso, o cálcio demonstra-se importante no desenvolvimento das gemas do cafeeiro, maturação dos frutos e formação de proteínas (Mesquita et al., 2016).

#### 4.5.2.2 Magnésio

O magnésio é bastante presente nas frações minerais do solo, integrando a biotita, dolomita, clorita, serpentina e olivina, principalmente, podendo, assim, causar o aprisionamento do elemento nas frações minerais. Felizmente, por serem minerais pouco comuns em solos brasileiros, não expressam problemas consideráveis. Em solos antigos e intemperados, a ocorrência do magnésio tende a ser proporcionalmente menor. Entretanto, o magnésio ainda pode ser encontrado adsorvido nos colóides do solo e na matéria orgânica presente em sua forma trocável, que são as formas interessantes à agricultura pois são absorvíveis pelas raízes do solo (Raij, 1983; Faquin, 2005).

Segundo Faquin (2005), o magnésio é componente essencial da clorofila, pigmento responsável pela captação da luz e garantir a fotossíntese e se encontra majoritariamente nas folhas. Porém, também possui outras funções indispensáveis ao metabolismo vegetal, principalmente na ativação de enzimas. O magnésio é o elemento mais expressivo nas ativações enzimáticas e é justamente ele quem liga as moléculas de ATP ou ADP com as enzimas.

Por se tratar de um elemento comumente disponível no solo – tanto naturalmente quanto como consequência da calagem, a deficiência por magnésio é mais comum devido a fatores inibidores. A forma absorvível do magnésio é  $Mg^{2+}$ , que se encontra na solução do solo. Sua disponibilidade depende também das concentrações de  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  e  $NH_4^+$  pois ocorre competição e inibição quando se encontram em concentrações excessivas. Solos excessivamente ácidos possuem deficiência natural de magnésio, o que pode ser agravado pela presença de  $H^+$  e/ou  $Al^{3+}$  (Faquin, 2005). Segundo Martinez e Neves (2015), a disponibilidade de magnésio nos solos de café ainda pode ser comprometida pelas adubações com altas concentrações de potássio, comumente realizadas na cultura.

A absorção de  $Mg^{2+}$  acontece através de interceptação radicular ou por fluxo de massa, pois se trata de um íon altamente solúvel em água. A forma mais comum de fornecimento de magnésio aos solos é através da calagem com boas concentrações de magnésio (Raij, 1983).

As deficiências de magnésio se expressam mais em folhas mais velhas pois, assim como no solo, o magnésio possui alta mobilidade dentro da planta. O sintoma mais observado de deficiência de magnésio é a clorose internerval nas folhas mais

velhas, podendo ocorrer também cloroses alaranjadas seguidas por necroses (Martinez; Neves, 2015).

O magnésio é um nutriente secundário absorvido em forma de cátion ( $Mg^{++}$ ) pelas plantas, exercendo várias funções como a ativação de sistemas enzimáticos, participação no metabolismo do fosfato, respiração da planta e principalmente estar ativamente envolvido no processo de fotossíntese, sendo o átomo central na molécula da clorofila (Manual..., 1998), possui alta mobilidade, portanto os sintomas de deficiência para a cultura do cafeeiro se iniciam nas folhas mais velhas e também nas folhas mais próximas aos frutos com aparecimento de clorose entre as nervuras evoluindo para queda prematura das folhas. Ainda por ser um nutriente fundamental na fotossíntese, sua deficiência se reflete no reduzido crescimento geral do cafeeiro (Mesquita et al., 2016).

#### **4.5.2.3 Enxofre**

De acordo com Mesquita et al. (2016), o enxofre é um nutriente secundário absorvido no solo pelas plantas em forma de ânion ( $SO_4^{2-}$ ) ou em forma de gás dióxido de enxofre ( $SO_2$ ) pelas folhas. Para a cultura do café é um importante constituinte de aminoácidos, proteínas e é essencial no desenvolvimento radicular da cultura. O enxofre possui baixa mobilidade na planta, sendo sua deficiência caracterizada por um amarelecimento nas folhas mais novas, avançando para uma clorose generalizada na planta com posterior desfolhamento e encurtamento dos internódios

Estudos relatados por Yeretian et al. (2019), compostos contendo enxofre como trissulfeto de dimetilo e bis(2-metil-3-furil) dissulfeto, juntamente com fenóis e furanonas são de grande importância para o aroma do café torrado. De acordo com estudos descritos por Uekane, Rocha-Leão e Rezende (2013), são quatro as principais substâncias sulfuradas mais importantes no aroma do café torrado, sendo elas 2-furfuriltiol, dimetil sulfeto, dimetil dissulfeto e tiofeno, tendo origem na degradação direta de aminoácidos sulfurados como a cisteína, cistina e metionina, e relacionadas com a interação dos aminoácidos com açúcares redutores e intermediários da reação de *Maillard* e a degradação de *Strecker*.

### **4.5.3 Micronutrientes**

Os micronutrientes das plantas são necessários em quantidades muito pequenas para garantir um crescimento e reprodução adequados. Tais elementos possuem importância equivalente a qualquer outro macronutriente quanto a nutrição das plantas. A diferença está principalmente nas quantidades expressivamente menores. Os micronutrientes exercem papéis estruturais, metabólicos, enzimáticos, fotossintéticos, dentre outros (Reetz Junior, 2017).

#### **4.5.3.1 Ferro**

O ferro é um micronutriente que participa da formação da clorofila, agindo como um carregador de oxigênio e auxiliando na formação de determinados sistemas respiratórios que envolvem enzimas. O ferro é mais acumulado pelo cafeeiro em virtude da alta disponibilidade nos solos. Atua principalmente no sistema enzimático das plantas, ativando diversas reações metabólicas com ação direta na fotossíntese e síntese de clorofila. Faz parte do processo de aceleração da germinação e maturidade das plantas e possui relação com a disponibilidade de fósforo e cálcio (Manual..., 1998).

#### **4.5.3.2 Boro**

De acordo com Manual... (1998), o boro é um micronutriente que exerce influência no desenvolvimento reprodutivo das plantas, sendo essencial no crescimento do tubo polínico e germinação dos grãos de pólen. É importante na formação das proteínas e na translocação de açúcares na planta. O boro junto com o zinco é o micronutriente mais limitante na produção do cafeeiro, atuando na alongação e divisão celular é muito exigido no ápice, ponta dos ramos laterais e meristemas radiculares (Mesquita et al., 2016).

#### **4.5.3.3 Cloro**

O cloro tem uma peculiaridade quanto a sua concentração nos tecidos. Apesar de ser um nutriente exigido em baixas quantidades, ele aparece em altas quantidades nos tecidos, equiparavelmente aos macronutrientes (Kirby; Römheld, 2007). O ponto de conforto do cloro está na sua oferta naturalmente abundante, se fazendo pouco necessário suplementar este nutriente.

Nos raros casos onde o cloro possa estar em falta, os sintomas são murchas das folhas, enrolamento dos folíolos, bronzeamento e clorose semelhantes à deficiência de manganês e inibição do crescimento radicular (Bergmann, 1992).

As funções do cloro nas plantas estão atreladas à fotossíntese, transpiração, regulação do fluxo de água e imunidade a determinadas doenças (Kirby; Römheld, 2007).

Por outro lado, o cloro pode causar problemas tanto para as plantas quanto para a qualidade do café. Esse fato se dá devido ao cloro ser um elemento que reduz as atividades da enzima polifenoloxidase (PPO) (Silva; Nogueira; Guimarães, 2002), que se relaciona diretamente com a qualidade do produto. A influência negativa do cloro na atividade do PPO acontece porque o cloro é um integrante dessas moléculas e seu excesso faz com que haja precipitação dos íons  $\text{Cl}^-$  e  $\text{Cu}^{2+}$ , reduzindo substancialmente sua atividade (Veloso, 2021).

#### **4.5.3.4 Cobre**

O cobre é um micronutriente responsável pela catalisação de vários processos no metabolismo das plantas, pela formação da clorofila e é fundamental para a promoção de variadas reações (Martinez et al., 2014). Normalmente é encontrado em quantidades insuficientes para a cultura do cafeeiro e diversos fatores contribuem para isso, como calagem excessiva e alto teor de matéria orgânica. A deficiência de cobre é observada em folhas mais novas, com o encurvamento do limbo e necrose começando das bordas das folhas (Martinez et al., 2014; Mesquita et al., 2016).

O cobre ainda é um integrante central da enzima PPO, responsável por catalisar a oxidação de compostos fenólicos. Ou seja, altas concentrações de PPO podem oxidar os compostos responsáveis pelo aroma e cor do café, sendo algo a se evitar. Concentrações corretas de cobre resultam em atividade equilibrada de tal enzima, não prejudicando a qualidade dos grãos (Martinez et al., 2014).

#### **4.5.3.5 Zinco**

O zinco é um dos micronutriente mais importantes para as plantas, pois é um dos principais limitantes na produção das culturas, auxiliando na síntese de substâncias atuantes no crescimento e no sistema enzimático, sendo fundamental na produção de clorofila, carboidratos e ativação de algumas reações metabólicas (Manual..., 1998) e pode limitar a produção do café, está diretamente ligado ao

crescimento e reprodução da planta, influenciando o tamanho dos frutos e pegamento da florada. Os sintomas de deficiência de zinco no cafeeiro aparecem nas folhas mais novas, ocorrendo um estreitamento e um maior desenvolvimento das nervuras em comparação com o parênquima (Mesquita et al., 2016).

Lacerda (2014) observou doses de zinco para diversos atributos, incluindo atividade da polifenoloxidase, enzima de grande importância para o paladar da bebida, sendo menores doses de zinco resultando em bebida dura e maiores doses resultando em bebida mole. o amarelecimento entre as nervuras que permanecem verdes (Mesquita et al., 2016).

#### **4.5.3.6 Manganês**

A principal função do manganês é integrar enzimas envolvidas no processo de quebrar as moléculas de água durante a fotossíntese, num processo chamado de reação de Hill. A ausência deste nutriente na planta pode ser sentida até mesmo quando falta em quantidades mínimas, reduzindo a quantidade de carboidratos solúveis na planta, fato que pode ser facilmente revertido com a suplementação de manganês. Entretanto, existe um ponto crítico de deficiência do qual, quando a planta ultrapassa, os danos se tornam irreversíveis (Kirby; Römheld, 2007).

O manganês expressa função importante na fotossensibilidade, bem como as outras funções relacionadas com o transporte de elétrons, como a redução de nitrito e sulfito. O manganês é essencial como cofator para enzimas na via do ácido chiquímico em plantas. Sua falta resulta em menor produção de compostos fenólicos, lignina e flavonoides, aumentando a suscetibilidade a doenças (Graham, 1983; Burnell, 1988).

#### **4.5.3.7 Molibdênio**

As maiores peculiaridades do molibdênio estão na sua forma: está disponível em forma de ânion e é o único micronutriente a expressar sua deficiência em condições de acidez. Também é o elemento presente em menores quantidades nas plantas (Kirby; Römheld, 2007).

Apesar de menos expressivamente, também participam de atividades enzimáticas. A principal função do molibdênio é participar do metabolismo do nitrogênio. O molibdênio fornece elétrons para a redução de nitrato a nitrito, ou seja, o molibdênio é mais necessário em plantas nutridas com nitrato do que plantas

nutridas com amônia. Este elemento também integra enzimas envolvidas na fixação de nitrogênio (Kirby; Römheld, 2007).

#### **4.5.4 Outros compostos**

Apesar de não serem considerados nutrientes, os elementos tóxicos também ficam no solo disponíveis e até mesmo nos fertilizantes e podem ser absorvidos pelas plantas da mesma forma que os nutrientes. A sua diferença está nos efeitos causados às plantas quando são absorvidos. Vale ressaltar que nem sempre que esses elementos estão presentes no solo, representam prejuízos às culturas, visto que podem estar de forma não disponível ou neutralizada, a toxicidade atua dentro de determinado pH e podem ter efeitos diferentes em culturas diferentes (Kurihara; Hernani, 2021).

##### **4.5.4.1 Alumínio**

O alumínio, quando ocorre em solos mais ácidos, pode aparecer na sua forma tóxica:  $Al^{3+}$ , que em concentrações suficientemente elevadas (uma concentração vai ser considerada elevada ou não com base na cultura em questão) pode causar danos e sintomas, o que pode ser mais intenso em plantios onde há pH mais ácido ou excesso de matéria orgânica (que também acidifica o solo) ou em sistemas de plantio direto que, além do pH, ainda concentram o alumínio no decorrer dos anos (Kurihara; Hernani, 2021).

Os sintomas de toxidez por alumínio começam a ser notados nas raízes, o que dificulta a correção no melhor momento. O alumínio também pode trazer prejuízos na absorção de fosforo e cálcio.

No entanto, o alumínio pode ter seus efeitos atenuados quando o pH do solo se aproxima de 7 e maior for o teor de matéria orgânica do solo, pois se torna menos disponível às plantas (Kurihara; Hernani, 2021).

Nos experimentos conduzidos por Pavan e Bingham (1982) a respeito das concentrações e efeitos do alumínio no café, foram observados sintomas foliares como redução do tamanho de folhas, cloroses, necroses e enrolamento de folhas. Também observaram que o retardamento do crescimento radicular resulta em redução do porte das plantas. Portanto, em presença de altas concentrações de alumínio, a produtividade é prejudicada pelo menor tamanho das plantas e redução das áreas fotossintéticas.

#### **4.5.4.2 Chumbo, cromo e cádmio**

O chumbo, cromo e o cádmio são dois metais pesados que podem ocorrer em solos originados de basalto e arenito. Os adubos minerais comercializados são fontes de nutrientes essenciais, com concentrações específicas de cada um variando de fertilizante para fertilizante. No entanto, esses fertilizantes podem conter metais pesados tóxicos, como chumbo, cromo e cádmio (Gonçalves; Pessoa, 2002). Esses metais estão mais associados a propriedades mais próximas a rodovias e cidades (Schmidt et al., 2009).

Segundo os experimentos de Guarçoni et al. (2009), os metais pesados podem ser prejudiciais às plantas e atrapalhar seu desenvolvimento e até ser tóxico para a saúde humana. No entanto, em seus experimentos com resíduos de beneficiamento de granito como fonte de nutrientes, os autores não observaram aumento de acúmulo de metais pesados nas partes aéreas dos cafeeiros.

## **5 CONCLUSÃO**

A adubação é um fator importante para a qualidade do grão e bebida de café. Através da revisão bibliográfica realizada, foi possível identificar que a adubação pode influenciar diretamente na produtividade da lavoura, bem como na qualidade do café produzido. É estabelecido que todos os nutrientes precisam estar presentes em quantidades ideais para garantir uma boa bebida. Dentre os nutrientes necessários para o desenvolvimento do café, destacam-se o nitrogênio, fósforo e potássio por serem os nutrientes que expressam seus sintomas de deficiência e excesso mais nítido e visivelmente. Além disso, a adubação pode afetar o aroma e sabor do café, sendo necessário um equilíbrio entre a quantidade de nutrientes fornecidos e a qualidade final do produto. Portanto, é fundamental que os produtores de café estejam atentos à adubação do solo, buscando sempre aprimorar suas técnicas para obter um café de qualidade superior.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIC. Associação Brasileira da Indústria de Café. **Indicadores da indústria de café 2022**. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em:

<https://estatisticas.abiCcom.br/estatisticas/indicadores-da-industria/indicadores-da-industria-de-cafe-2022/>. Acesso em: 31 ago 2023.

AGUIAR, A. T. E. et al. **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas**. 7. ed. rev. e atual. Campinas: Instituto Agrônomo, 2014. 452 p. (Boletim IAC, n. 200). Disponível

em: <https://www.iaCsp.gov.br/publicacoes/arquivos/iacboletim200.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2022.

AGUIAR-MENEZES, E. de L. **Susceptibilidade de cultivares de café a insetos-pragas e doenças em sistema orgânico com e sem arborização**. Seropédica:

Embrapa Agrobiologia, 2007. 34p. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAB-2010/34891/1/bot024.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2023.

ALIMENTOS orgânicos e convencionais: afinal, quais são as diferenças? São Paulo, 20 jun. 2022. Nutritotal. Disponível em: <https://nutritotal.com.br/pro/organicos-e-convencionais/>. Acesso em: 15 ago. 2023.

ALMEIDA, C. et al. Sistemas agroflorestais com o cacauero como alternativa sustentável para uso em áreas desmatadas no Estado de Rondônia Brasil. **Agrotropica**, Porto Velho - RO, v. 14, n. 3, p. 109-120, 2002.

ALVES, E. A.; COSTA, J. N. M.; SANTOS, J. C. F. Procedimentos de colheita do café. In: MARCOLAN, A. L.; SPINDULA, M. C. (ed.) **Café na Amazônia**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 345-358, cap. 15. Disponível em:

[http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/publicacoes\\_tecnicas/Livro\\_Cafe\\_na\\_Amazonia\\_2015.pdf](http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/publicacoes_tecnicas/Livro_Cafe_na_Amazonia_2015.pdf). Acesso em: 26 jul. 2023.

BAPTISTELLA, J. L. C. **Plantação de café: 7 passos fundamentais + planilhas grátis**. Porto Alegre, 16 out. 2019. Blog da Aegro para negócios rurais. Disponível em: <https://blog.aegro.com.br/plantacao-de-cafe/#:~:text=11%20Conclusão,Plantação%20de%20café%3A%20importância%20de%20um%20plântio%20bem%20feito,podem%20causar%20danos%20na%20cultura.> Acesso em: 13 jul. 2023.

BAPTISTELLA, J. L. C. **Bienalidade e o ciclo produtivo do cafeeiro**. Elevagro. [Porto Alegre], 17 fev. 2022. Disponível em:

<https://elevagro.com/conteudos/materiais-tecnicos/producao-de-cafe>. Acesso em: 25 jul. 2023.

BARROS, D. **Dados sobre café no Brasil: consumo, produção e exportação**. Review café. Americana, 21 ago. 2022. Disponível em: <https://reviewcafe.com.br/dicas-e-receitas/dados-sobre-cafe-no-brasil/>. Acesso em: 11 nov. 2022.

BASTOS, G. **Os impactos da geada no café do Brasil**. Crowborough, 27 jul. 2021a. Perfect Daily Grind. Disponível em: <https://perfectdailygrind.com/pt/2021/07/27/impacto-geada-no-cafe-brasil/>. Acesso em: 13 jul. 2023.

BASTOS, G. **Raio-X do Café no Brasil: produção, indústria, consumo, informações relevantes sobre o mercado do país**. Crowborough, 24 maio 2021b. Perfect Daily Grind. Disponível em: <https://perfectdailygrind.com/pt/2021/05/24/raio-x-do-cafe-no-brasil-producao-industria-consumo-informacoes-relevantes-sobre-o-mercado-do-pais/#:~:text=No%20total%2C%20consumimos%20814%20mil,consumidas%20no%20Brasil%20em%202020>. Acesso em: 8 maio 2023.

BERGMANN, W. **Nutritional disorders of plants: development, visual and analytical diagnosis**. Stuttgart: Gustav Fisher Verlag, 1992. 741p.

BERNARDES, M. S.; KHATOUNIAN, C. A. Cafeicultura a pleno sol supera o vantajoso sistema agroflorestal. **Visão Agrícola**, Piracicaba, n. 12, p. 85-87, jan./jul. 2013. Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/va12-ambiente-e-producao01.pdf>. Acesso em: 15 ago 2023.

BESSA, F. **Café é a segunda bebida mais consumida no Brasil**. Brasília, DF, 19 mar. 2015. EMBRAPA Café. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2574254/cafe-e-a-segunda-bebida-mais-consumida-no-brasil>. Acesso em: 14 ago. 2023.

BRANDÃO, A. **Calagem e gessagem de solos ácidos garantem maior produtividade para pastagens e grãos**. Brasília, DF, 2 set. 2019. EMBRAPA Transferência de tecnologias. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/46245159/calagem-e-gessagem-de-solos-acidos-garantem-maior-produtividade-para-pastagens-e-graos#:~:text=A%20gessagem%20consiste%20em%20empregar,plantas%20de%20cálcio%20e%20enxofre>. Acesso em: 8 jan. 2023.

CONAB. **Primeiro levantamento da safra 2023 de café indica uma produção de 54,94 milhões de sacas**. Brasília, DF, 19 jan. 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4890-primeiro-levantamento-da-safra-2023-de-cafe-indica-uma-producao-de-54-94-milhoes-de-sacas>. Acesso em: 20 jun. 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Instrução normativa n. 007 de 17 de maio de 1999**. Dispõe sobre normas para a produção de produtos orgânicos vegetais e animais. Brasília, DF, 17 maio 1999. Disponível em: [http://www3.servicos.ms.gov.br/iagro\\_ged/pdf/489\\_GED.pdf](http://www3.servicos.ms.gov.br/iagro_ged/pdf/489_GED.pdf). Acesso em: 9 maio 2023.

BURNELL, J. N. The biochemistry of manganese in plants. *In*: GRAHAM, R. D.; ANNAM, R. J.; UREN, N. C. **Manganese in soils and plants**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1988. p. 25-137.

CAFÉ: formação da lavoura. Brasília: SENAR, 2017. 91 p. Disponível em: [https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/188\\_Cafe\\_formacao\\_da\\_lavoura.pdf](https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/188_Cafe_formacao_da_lavoura.pdf). Acesso em: 24 jul. 2023.

CAIXETA, I. F.; PEDINI, S. Cafeicultura orgânica: conceitos e princípios. **Informe Agropecuário**, v. 23, n. 214/215, p. 87-96, 2002.

COFFEE: world markets and trade. [Washington, DC]: USDA, 2022. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/coffee.pdf>. Acesso em: 9 dez. 2022.

CRUZ, I. H. C. Geada nos cafezais: como evitar prejuízos na propriedade. **Revista Cafeicultura**, Rio Paranaíba, 26 jul. 2018. Disponível em: <https://revistacafeicultura.com.br/index.php?tipo=ler&mat=66550>. Acesso em: 13 jul. 2023.

CARVALHO, M. C. S. **Micronutrientes**. Brasília, DF, 4 ago. 2023. Embrapa Arroz e Feijão. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao/producao/micronutrientes>. Acesso em: 7 ago. 2023.

CAVALCANTE, V. S. et al. Adubação organomineral na nutrição e produtividade de café arábica. *In*: SIMPÓSIO MINEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 5., 2020, Viçosa, MG. **Anais [...]**. Viçosa: Associação Brasileira de Agroecologia, 2020. p. 1-5.

COCATO, L.; OLIVEIRA, J. **Coffea arabica e Coffea canephora**: quais são as diferenças das espécies? Belo Horizonte, 2021. Rehagro Blog. Disponível em: <https://rehagro.com.br/blog/diferencas-das-especies-coffee-arabica-e-coffee-canephora-2/>. Acesso em: 11 jul. 2023.

CONAB. **Produção de café está estimada em 50,38 milhões de sacas na safra 2022**. Brasília, DF, 20 set. 2022. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4758-producao-de-cafe-esta-estimada-em-50-38-milhoes-de-sacas-na-safra-2022#:~:text=e%20Promoção%20Institucional-Produção%20de%20café%20está%20estimada%20em%2050%2C38,de%20sacas%20na%20safra%202022&text=Os%20produtores%20brasileiros%20de%20café,Nacional%20de%20Abastecimento%20\(Conab\)](https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4758-producao-de-cafe-esta-estimada-em-50-38-milhoes-de-sacas-na-safra-2022#:~:text=e%20Promoção%20Institucional-Produção%20de%20café%20está%20estimada%20em%2050%2C38,de%20sacas%20na%20safra%202022&text=Os%20produtores%20brasileiros%20de%20café,Nacional%20de%20Abastecimento%20(Conab)). Acesso em: 11 nov. 2022.

DIAS, R. C. E.; SCHOLZ, M. B. S.; BENASSI, M. T. Diferenciação de café arábica (*Coffea arabica*) e conilon (*Coffea canephora*) com diferentes graus de torra. *In*: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 4., 2005, Londrina. **Anais [...]**. Brasília, D.F.: Embrapa Café, 2005. Disponível em: [http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/2116/166733\\_Art222f.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/2116/166733_Art222f.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 7 ago. 2023.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 186 p.

FERREIRA, B. N. et al. Análise físico-química e sensorial do café torrado e moído tradicional e extraforte. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Curitiba - PR, v. 17, n. 1, 2023.

FERREIRA, L. T.; CAVATON, T. **Produção de café arábica corresponde a 64% e café conilon a 36% da safra total dos cafés do Brasil em 2022**. Brasília, DF, 22

set. 2022. EMBRAPA Notícias. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/73940564/producao-de-cafe-arabica-corresponde-a-64-e-cafe-conilon-a-36-da-safra-total-dos-cafes-do-brasil-em-2022>. Acesso em: 11 nov. 2022.

GAVLAK, E. **Tendência de consumo de café para 2023**. [S. l.], 30 dez. 2022. Cafe.i.n.ção. Disponível em: [https://cafeinacao.com.br/tendencias-de-consumo-de-cafe-para-2023/#:~:text=Consumo%20de%20caf%C3%A9%20no%20Brasil%20deve%20voltar%20a%20crescer%20em%202023&text=A%20tend%C3%Aancia%20%C3%A9%20de%20que,no%20Brasil\)%20tende%20a%20diminuir](https://cafeinacao.com.br/tendencias-de-consumo-de-cafe-para-2023/#:~:text=Consumo%20de%20caf%C3%A9%20no%20Brasil%20deve%20voltar%20a%20crescer%20em%202023&text=A%20tend%C3%Aancia%20%C3%A9%20de%20que,no%20Brasil)%20tende%20a%20diminuir). Acesso em: 06 nov. 2022.

GONÇALVES, J. A. C.; PESSOA, A. C. dos S. Fitodisponibilidade de cádmio, chumbo e crômio, em soja cultivada em argissolos vermelho eutrófico a partir de adubos comerciais. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 3, n. 1-2, p. 19-23, 2002.

GRAHAM, R. D. Effect of nutrient stress on susceptibility of plants to disease with particular reference to the trace elements. **Advances in Botanical Research**, London, v. 10, p. 221-276, 1983.

GUARÇONI, M. A. et al. Teores de micronutrientes e metais pesados na parte aérea de plantas de café conilon após aplicação de resíduo de beneficiamento do granito como fertilizante natural. *In*: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 6., 2009, Vitória. **Anais [...]**. Vitória: Consórcio Pesquisa Café, 2009. Não paginado.

GUEVARA, J. **Colheita manual de café versus mecanizada**. Crowborough, 28 abr. 2020. Perfect Daily Grind. Disponível em: <https://perfectdailygrind.com/pt/2020/04/28/colheita-manual-de-cafe-versus-mecanizada/>. Acesso em: 10 jul. 2023.

GUTIERREZ, N.; BARRERA, O. Selección y entrenamiento de un panel en análisis sensorial de café *Coffea arabica* L. **Revista de Ciências Agrícolas**, San Juan de Pasto, v. 32, n. 2, p. 77-87, 2015.

KIRBY, E. A.; RÖMHELD, V. Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade. **Informações Agronômicas**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, n. 118, jun. 2007. Encarte técnico. Disponível em: [http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/8A79657EA91F52F483257AA10060FACB/\\$FILE/Encarte-118.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/8A79657EA91F52F483257AA10060FACB/$FILE/Encarte-118.pdf). Acesso em: 10 ago. 2023.

KURIHARA, C. H.; HERNANI, L. C. **Elementos tóxicos**. Brasília, DF, 22 dez. 2021. EMBRAPA. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/sistema-plantio-direto/fundamentos/beneficios/ao-solo/quimica-do-solo/elementos-toxicos>. Acesso em: 30 jun. 2023.

LACERDA, J. S. **Produção, composição química e qualidade da bebida de café arábica em razão da dose de cobre e zinco**. 2014. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2014.

LERNER, B. L. **A diversificação do mercado de café no Sul de Minas Gerais**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônoma) -

Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

LIMA, L. M. *et al.* Relação nitrogênio/potássio com mancha de Phoma e nutrição de mudas de cafeeiro em solução nutritiva. **Tropical Plant Pathology**, Lavras - MG, v. 35, n. 4, p. 223-228, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/tpp/a/MN93B4b6nDDhmr666zG4JFc/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 8 maio 2023.

LOBATO, B. **Recomendações inéditas promovem recuperação do cafeeiro após poda drástica**. Brasília, DF, 7 jul. 2020. Embrapa Cerrado. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/53885129/recomendacoes-ineditas-promovem-recuperacao-do-cafeeiro-apos-poda-drastica#:~:text=diferenciados%20de%20umidade,-,O%20que%20é%20a%20recepta%3F,apresenta%20alta%20desuniformidade%20entre%20plantas>. Acesso em: 10 jul. 2023.

LOPES, P. R.; FERRAZ, J. M. G. Caracterização do manejo de agroecossistemas cafeeiros convencional, orgâno-mineral, orgânico e agroflorestal em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Brasília, DF, v. 4, n. 2, p. 805-809, 2009.

MACARTHY, V. F. ; LEITE, C. C.; OLIVEIRA, B. **Ciclo do nitrogênio**. Pelotas: UFPel, 2007. [12] p. Disponível em: [http://www2.ufpel.edu.br/iqg/livrovirtual/estanteamb\\_arquivos/nitrogenio.pdf](http://www2.ufpel.edu.br/iqg/livrovirtual/estanteamb_arquivos/nitrogenio.pdf). Acesso em: 20 dez. 2022.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 319 p.

MALTA, M. R. et al. Characterization of coffee crops cultivated on organic system in the south of Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1402-1407, 2008.

MANUAL internacional de fertilidade do solo. 2 ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1998. 177p.

MARTINEZ, H. E. P. *et al.* Nutrição mineral do cafeeiro e qualidade da bebida. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, p. 838-848, 2014.

MARTINEZ, H. E. P.; NEVES, J. C. L. Nutrição mineral, calagem, gessagem e adubação. *In*: SAKIYAMA, N. S. et al. **Café arábica**: do plantio à colheita. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2015. p. 64-103.

MATIELLO, J. B. **É preciso mais atenção à simbiose de micorrizas com o cafeeiro**. São Paulo, 16 jun. 2021. Café Point. Disponível em: <https://www.cafepoint.com.br/colunas/folha-procafe-jose-braz-matiello/e-preciso-mais-atencao-a-simbiose-de-micorrizas-com-o-cafeeiro-225963/#>. Acesso em: 5 jan. 2023.

MATIELLO, J. B.; CARVALHO, M. L. Efeito da aplicação de nitrato de potássio sobre o rendimento de frutos de cafeeiros. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE

PESQUISAS CAFEEIRAS, 38., 2012, Caxambu. **Anais [...]**. Brasília, DF: Embrapa Café, 2012. Disponível em: [http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/6013/34\\_38-CBPC-2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/6013/34_38-CBPC-2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 22 ago. 2023.

MATIELLO, J. B. et al. **Chuva e frio prejudicam lavouras de café. técnicas de produção**. São Paulo, 29 jun. 2016. Café Point. Disponível em <https://www.cafepoint.com.br/noticias/tecnicas-de-producao/chuva-e-frio-prejudicam-lavouras-de-cafe-100836n.aspx#>. Acesso em: 11 jul 2023.

MAZZAFERA, P. Mineral nutrition and caffeine content in coffee leaves. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n. 387-391, p. 388-391 1999.

MERCADO mundial do café: consumo, produção e preço (atualizado). São Paulo, 27 ago. 2019. Site da FIA Business School/USP. Disponível em: <https://fia.com.br/blog/mercado-mundial-do-cafe/#:~:text=A%20popularidade%20e%20o%20consumo,no%20mundo%20durante%20o%20período>. Acesso em: 11 nov. 2022.

MESQUITA, C. M. de et al. **Manual do café: manejo de cafezais em produção**. Belo Horizonte: EMATER-MG, 2016. 72p.

PAIVA, L. **Grãos de café: principais espécies e variedades**. Americana, 23 ago. 2023. ReviewCafe. Disponível em: <https://reviewcafe.com.br/dicas-e-receitas/graos-de-cafe/>. Acesso em: 18 jul. 2023.

PAVAN, M. A.; BINGHAM, F. T. Toxidez de alumínio em cafeeiros cultivados em solução nutritiva. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 17, n. 9, p. 1293-1302, 1982.

PETRY, J. F.; BORGES, G. R.; AURELIANO-SILVA, L. Hedonics effects on coffee consumption in Brazil. **REMark - Brazilian Journal of Marketing**, v. 18, n. 2, p. 80-109, abr./jun. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.5585/remark.v18i2.3903>. Disponível em: <https://periodicos.uninove.br/remark/article/view/14890/7116>. Acesso em: 06 nov. 2022.

POZZA, A. A. A. et al. Influência da adubação mineral na intensidade da mancha olho pardo em mudas de cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 53-60, jan. 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/6tyKpPy8nrGB6H4C7HWSCgc/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 8 maio 2023.

RAIJ, B. van. **Avaliação da fertilidade do solo**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1983. 142 p.

RAIJ, B. van. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100).

REETZ JUNIOR, H. F. **Fertilizantes e seu uso eficiente**. São Paulo: ANDA, 2017. 178 p. Disponível em: <https://ufla.br/dcom/wp-content/uploads/2018/03/Fertilizantes-e-seu-uso-eficiente-WEB-Word-Ouubro-2017x-1.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2023.

ROSA, G. N. G. P. et al. Sistema de plantio adensado em café. **Cultivar Grandes Culturais**, Pelotas, 7 abr. 2020. Disponível em <https://revistacultivar.com.br/artigos/sistema-de-plantio-adensado-em-cape>. Acesso em: 10 jul. 2023.

RUIZ-CÁRDENAS, R. **A cafeicultura e sua relação com o clima**. Lavras: HRN Stiftung, 2015. 22 p. Disponível em: <https://toolbox.coffeeandclimate.org/wp-content/uploads/Folheto-Cartilha-cape-y-clima-Brasil.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2023.

SALAZAR-ARIAS, N. Respuesta de plántulas de café a la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio. **Cenicafe**, Chinchina, v. 28, n. 2, p. 61-66, 1977. Disponível em <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/4305/1/arc028%2802%29061-066.pdf>. Acesso em: 9 maio 2023.

SANMAX, I. M. **What is excelsa coffee?** Crowborough, 12 may 2021. Perfect Daily Grind. Disponível em: <https://perfectdailygrind.com/2021/05/what-is-excelsa-coffee/>. Acesso em: 18 jul. 2023.

SANTINATO, F.; SANTINATO R. **Boletim técnico do cafeeiro: geada em cafezais, efeitos, recuperação e condução dos cafeeiros**. [São João da Boa Vista]: Santinato & Santinato Cafés, 2021. 81 p. Disponível em: <https://www.santinatocafes.com/up/anexo/163261319485.pdf>. Acesso em: 9 mai. 2023.

SANTOS, M. S. **Fósforo: importância, manejo e sintomas de deficiência**. [S. l.], 2020. Portal Mais Soja. Disponível em: <https://maissoja.com.br/fosforo-importancia-manejo-e-sintomas-de-deficiencia2/#:~:text=Nas%20plantas%2C%20o%20Fósforo%20desempenha,de%20a%20ssimilados%20e%20carga%20genética>. Acesso em: 5 jan. 2023.

SCHMIDT, C. A. P. et al. Concentrações de metais pesados em grãos de café produzidos em lavouras sobre solos originados do basalto e do arenito Caiuá. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 5, p. 1590-1593, ago. 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/cddvcdBRrhCMYZFMcF5LXrh/>. Acesso em: 15 ago. 2023.

SILVA, E. B.; NOGUEIRA, F. D.; GUIMARÃES, P. T. G. **Qualidade de grãos de café beneficiados em resposta à adubação potássica**. Lavras: EPAMIG/CTSM, 2002. p. 173-179.

SOUZA, F. de F.; SANTOS, J. C. F.; COSTA, J. N. M.; SANTOS, M. M. dos. **Características das principais variedades de café cultivadas em Rondônia**. Porto Velho, RO: EMBRAPA, 2004. 21 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/54346/1/Doc93-cape.pdf>. Acesso em: 9 mai. 2023.

SOUZA, H. N. **Sistematização da experiência participativa com sistemas agroflorestais: rumo à sustentabilidade da agricultura familiar na Zona da Mata Mineira**. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal: nutrição mineral**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888p.

THEODORO, V. C. de A. *et al.* Avaliação do estado nutricional de agroecossistemas de café orgânico no estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 6, p. 1222-1230, 2003.

UEKANE, T. M.; ROCHA-LEÃO, M. H. M.; REZENDE, C. M. Compostos sulfurados no aroma do café: origem e degradação. **Revista Virtual de Química**, Rio de Janeiro - RJ, v. 5, n. 5, p. 891-911, 2013.

VELOSO, C. **Como a qualidade do café é influenciada pelas doses de potássio?** [São Gotardo], 3 dez. 2021. Blog Verde. Disponível em: <https://blog.verde.ag/pt/nutricao-de-plantas/como-a-qualidade-do-cafe-e-influenciada-pelas-doses-de-potassio/#:~:text=O%20potássio%20exerce%20funções%20importantes,qualidade%20dos%20grãos%20do%20café>. Acesso em: 22 ago. 2023.

VELOSO, C. **Como o potássio pode auxiliar na diminuição dos danos da geada no café?** [São Gotardo], 13 jul. 2022. Blog Verde. Disponível em: <https://blog.verde.ag/pt/nutricao-de-plantas/potassio-auxilio-contradanos-da-geada-no-cafe/>. Acesso em: 13 ago. 2023.

YERETZIAN, C. et al. Coffee volatile and aroma compounds: from the green bean to the cup. In: FARAH, A. (ed.). **Coffee: production, quality and chemistry**. Chapter 33, 2019. 726-770p.