

RELAÇÕES ENTRE NUTRIENTES DO SOLO E ASPECTOS
QUÍMICOS, FÍSICOS E SENSORIAIS DO CAFÉ ARÁBICA DO
CAPARAÓ

RICHARDSON SALES ROCHA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
MARÇO – 2024

RELAÇÕES ENTRE NUTRIENTES DO SOLO E ASPECTOS
QUÍMICOS, FÍSICOS E SENSORIAIS DO CAFÉ ARÁBICA DO
CAPARAÓ

RICHARDSON SALES ROCHA

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e
Tecnologias Agropecuárias da Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,
como parte das exigências para obtenção do
título de Doutor em Produção Vegetal”

Orientador: Prof. Geraldo de Amaral Gravina

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
MARÇO – 2024

RELAÇÕES ENTRE NUTRIENTES DO SOLO E ASPECTOS QUÍMICOS, FÍSICOS E SENSORIAIS DO CAFÉ ARÁBICA DO CAPARAÓ

RICHARDSON SALES ROCHA

Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Doutorado em Produção Vegetal

Aprovada em 01 de março de 2024

Comissão Examinadora

Documento assinado digitalmente
 **ALEXANDRE GOMES DE SOUZA**
Data: 14/05/2024 00:46:22-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Alexandre Gomes de Souza (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF

Documento assinado digitalmente
 **DERIVALDO PUREZA DA CRUZ**
Data: 13/05/2024 20:07:42-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Derivaldo Pureza da Cruz (D.Sc., Genética e Melhoramento de Plantas) – UENF

Documento assinado digitalmente
 **JOAO BATISTA PAVESI SIMAO**
Data: 13/05/2024 18:55:57-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

João Batista Pavesi Simão (D.Sc. Professor do IFES aposentado em 01.02.2024)
Laboratório de Classificação e Degustação de Café – IFES

Documento assinado digitalmente
 **GERALDO DE AMARAL GRAVINA**
Data: 13/05/2024 19:32:02-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Geraldo de Amaral Gravina (D.Sc., Fitotecnia) – UFV
(Orientador)

FICHA CATALOGRÁFICA

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pelo autor.

R672 Rocha, Richardson Sales.

RELAÇÕES ENTRE NUTRIENTES DO SOLO E ASPECTOS QUÍMICOS, FÍSICOS E SENSORIAIS DO CAFÉ ARÁBICA DO CAPARAÓ / Richardson Sales Rocha. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2024.

82 f.

Bibliografia: 52 - 66.

Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2024.

Orientador: Geraldo de Amaral Gravina.

1. *Coffea arabica*. 2. Cafés especiais. 3. Denominação de origem. 4. *Terroir*. 5. Grãos do Caparaó. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 630

Dedico

A Deus, pois sem Ele eu não teria chegado até aqui;

Aos meus pais, Manoel Márcio e Sônia Regina;

À Empresa Júnior de Cafeicultura do IFES - Campus de Alegre, Caparaó

Jr;

A todos os membros e servidores que estiveram envolvidos com essa pesquisa;

Ao Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre;

Ao Instituto Federal Sul de Minas – Campus Muzambinho, aos servidores e alunos que contribuíram com essa pesquisa;

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF;

Ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da UENF;

Ao Laboratório de Engenharia Agrícola – LEAG;

A todos aqueles a quem esta pesquisa possa contribuir de alguma forma.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal e ao Laboratório de Engenharia Agrícola (LEAG) pela oportunidade de realização deste curso;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) –, código de financiamento 001, pela concessão da bolsa de estudos;

Ao Instituto Federal do Espírito Santo e à Caparaó Jr. pela parceria;

Ao professor João Batista Pavesi Simão pela confiança;

Ao professor Geraldo de Amaral Gravina pela orientação no Mestrado e Doutorado;

Ao professor Rogério Figueiredo Daher pela parceria e pelas contribuições na defesa do projeto de tese;

À Tâmara Rebecca Albuquerque de Oliveira pela ajuda nas análises estatísticas e demais contribuições no projeto de tese;

Ao Alexandre Gomes de Souza pelas contribuições na defesa de qualificação e defesa de tese;

Ao Derivaldo Pureza da Cruz pelas importantes contribuições durante o meu período na Pós-Graduação.

SUMÁRIO

RESUMO	viii
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1 Importância econômica da cafeicultura	5
2.2 Fertilidade do solo em lavouras cafeeiras	6
2.3 Fenologia do café arábica	9
2.4 Fatores que afetam a qualidade do café	13
2.5 Classificação física do café arábica	16
2.6 Classificação sensorial do café arábica	19
2.7 Nutrição do cafeeiro	21
2.8 Análise de Correlação de Pearson	23
3. MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1 Localização	25
3.2 Coleta das amostras de solo	26
3.3 Análise química do solo	26
3.4 Recomendação de fertilizantes	27
3.5 Coleta das amostras de café	27
3.6 Processamento dos grãos	27

3.7 Classificação física dos grãos	28
3.8 Classificação sensorial dos grãos	28
3.9 Análise química dos grãos	29
3.10 Análises estatísticas	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1 Análise descritiva	31
4.1.1 Química do solo	31
4.1.2 Química do grão	34
4.1.3 Granulometria/Peneira	34
4.1.4 Análise Sensorial	37
4.2 Correlações	40
4.2.1 Fertilidade do solo e nutrição do Cafeeiro	40
4.2.2 Influência da nutrição do grão em aspectos sensoriais	45
4.2.3 Relações entre nutrição do grão e Granulometria/Peneira	47
5. RESUMO E CONCLUSÕES	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
APÊNDICE	67

RESUMO

ROCHA, Richardson Sales; D.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; Março de 2024; Relações entre nutrientes do solo e aspectos químicos, físicos e sensoriais do café arábica do Caparaó. Orientador: D.Sc. Geraldo de Amaral Gravina.

A denominação de origem Caparaó é uma das mais importantes regiões produtoras de café do Brasil, em altitudes que chegam a superar 1.400 m no entorno do Parque Nacional do Caparaó. Os cafés aí produzidos destacam-se pelos aspectos sensoriais diferenciados, descritos por apresentarem *terroir* específico, de bebida com alta doçura. Apesar da evolução registrada na cafeicultura do Caparaó, muito pouco se conhece a respeito da influência da fertilidade dos seus solos nos aspectos gerais dos grãos de café e na qualidade de sua bebida. O objetivo deste trabalho foi identificar as relações entre a fertilidade do solo e aspectos físicos, químicos e sensoriais de café arábica da região do Caparaó em complementação de estudos desenvolvidos no projeto Grãos do Caparaó, coordenado pelo Instituto Federal do Espírito Santo, nos anos de 2014 e 2015. Neste estudo participaram 110 propriedades de cafeicultores com amostras contendo 40 L de café maduro e amostras de solo obtidas nos respectivos talhões participantes da pesquisa a cada ano. A partir da obtenção dos dados experimentais brutos, procederam-se as análises de correlação de Pearson, de modo a checar a influência da fertilidade do solo em aspectos nutricionais, físicos e sensoriais dos grãos de café. Correlação moderada entre

teor de Zn no solo com teor de Mn no grão, com 0,41, sugere uma boa disponibilidade de Zn no solo. Possivelmente, isso ocorre em função do baixo pH dos solos nos dois anos de estudo, entre 5,1 e 5,35, respectivamente, contribuindo para uma boa disponibilidade de Mn e Zn. O Mn, por sua vez, é um dos micronutrientes mais presentes no tecido foliar de cafeeiro, seguido do Fe, o que ocorre espontaneamente em lavouras do Caparaó. Isso explica a maior correlação entre o teor de Mn no solo com teor de Mn no grão, nos dois anos de pesquisa, que foram iguais a 0,58 e 0,42, respectivamente. Os resultados sugerem que não há correlação de maior magnitude entre parâmetros de fertilidade do solo, composição química dos grãos crus, análises físicas (peneira) e análises sensoriais.

ABSTRACT

ROCHA, Richardson Sales; D.Sc.; State University of North Fluminense Darcy Ribeiro; March 2024; Relationships between soil nutrients and chemical, physical and sensory aspects of Caparaó Arabica coffee; Advisor: D.Sc. Geraldo de Amaral Gravina.

The Caparaó denomination of origin is one of the most important coffee producing regions in Brazil, at altitudes that exceed 1,400 m, surrounding the Caparaó National Park. The coffees produced there stand out for their differentiated sensorial aspects, described as having a specific terroir, a drink with high sweetness. Despite the evolution recorded in coffee farming in Caparaó, very little is known about the influence of soil fertility on the general aspects of coffee beans and the quality of their drink. The objective of this work was to identify the relationships between soil fertility and physical, chemical and sensorial aspects of Arabica coffee from the Caparaó region, in addition to studies developed in the Caparaó Grains project, coordinated by the Federal Institute of Espírito Santo, in the years 2014 and 2015, in which 110 coffee grower properties participated with samples containing 40 L of ripe coffee and soil samples obtained from the respective plots participating in the research each year. After obtaining the raw experimental data, Pearson correlation analyzes were carried out in order to check the influence of soil fertility on nutritional, physical and sensory aspects of coffee beans. Moderate correlation between Zn content in the soil and Mn content in the grain, with 0.41, suggests good availability of Zn in the soil. This is possibly due to

the low pH of the soils in the two years of study, between 5.1 and 5.35, respectively, contributing to a good availability of Mn and Zn. Mn, in turn, is one of the micronutrients most present in coffee leaf tissue, followed by Fe, which occurs spontaneously in crops in Caparaó. This explains the greater correlation between the Mn content in the soil and the Mn content in the grain, in the two years of research, which were equal to 0.58 and 0.42, respectively. The results suggest that there is no correlation of greater magnitude between soil fertility parameters, chemical composition of raw grains, physical analyzes (sieve) and sensory analyses.

1. INTRODUÇÃO

A denominação de origem Caparaó, composta por 16 municípios, está localizada em dois estados brasileiros, sendo uma parte no sudoeste do Espírito Santo e outra, em Minas Gerais, na Zona da Mata. Nela, a atividade econômica principal do setor primário é a cafeicultura de montanha, a qual desempenha papel fundamental no desenvolvimento socioeconômico.

De acordo com o Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural – INCAPER, a região Sul – Caparaó, no estado do Espírito Santo, representa cerca de 57% da área cultivada com café arábica (85,5 mil ha em produção) e 52,0% da produção estadual (1,82 milhões de sacas/ano), com uma produtividade média de 21,30 sacas/ha (INCRA; IBGE, 2023). Ao se considerar os 16 municípios da denominação de origem Caparaó, a produção anual média chega a 2,4 milhões de sacas de café arábica (IBGE, 2023).

A região do Caparaó é conhecida por ser uma das mais importantes origens de cafés especiais do Brasil, com lavouras implantadas em altitudes superiores a 1.000 m, chegando a 1.550 m (Rocha et al., 2019). Esses cafezais, localizados no entorno do Parque Nacional do Caparaó, vêm se destacando pelos aspectos sensoriais diferenciados dos grãos, deixando para trás a tradição em cafés de bebida inferior.

A melhoria da qualidade do café da região do Caparaó foi possível porque, a partir de 2014, os produtores passaram a realizar colheita seletiva, preservando os frutos ainda verdes nas plantas para colheitas posteriores e até

tardias, geralmente entre os meses de outubro e dezembro. Nesse mesmo ano, os pesquisadores do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre deram início ao projeto Grãos do Caparaó, quando foi possível realizar uma investigação a partir de 110 lavouras de café em comunidades de treze municípios do entorno do Parque Nacional, tanto no Espírito Santo quanto em Minas Gerais.

Apesar do destaque do café do Caparaó em termos qualitativos, poucos trabalhos científicos foram produzidos com foco na investigação das características físicas e sensoriais dos grãos. Barbosa e Figueiredo (2016), comparando períodos de colheita seletiva de café do Caparaó, relatam que os cafés colhidos tardiamente apresentaram notas sensoriais superiores aos da colheita tradicional, porém com aspectos físicos inferiores. Há que se destacar que não são apenas fatores ambientais que influenciam na qualidade final da bebida. Fatores genéticos, culturais, métodos de colheita, processamento, armazenamento e terra influenciam a composição química dos grãos de café, afetando diretamente a qualidade sensorial da bebida. Para Mendonça et al. (2005), o manejo da adubação e o estado nutricional da planta influenciam tanto a produção de grãos quanto a composição química do grão cru e, conseqüentemente, na qualidade da bebida.

Pouco se sabe sobre as relações entre nutrientes do solo e atributos de qualidade dos grãos de café. Rocha et al. (2019), estudando dois tipos de parcelamentos de fertilizantes, um com a dose recomendada e outro com acréscimo de um terço da dose recomendada concluíram que a adição extra de fertilizantes proporcionou redução na nota média dos atributos sensoriais fragrância/aroma e geral dos grãos da colheita tradicional. Por outro lado, a quantidade extra de fertilizantes adicionada, de forma isolada, melhorou os aspectos físicos dos grãos, reduzindo-lhes os defeitos/imperfeições.

Muitos estudos neste sentido já foram realizados em outros países, como Guatemala (Menchu e Ibarra, 1968), Costa Rica (Gialluly, 1958) e Quênia (Jones, 1964; Blore, 1965; Northemore, 1965, 1967). De modo geral, os resultados obtidos mostraram haver relações entre adubação e qualidade da bebida. No Brasil, trabalhos mais antigos realizados por Amorim et al. (1965, 1967) demonstraram haver certas relações, confirmando, em parte, as observações realizadas em outros países produtores. Segundo Amorim et al. (1970), a

influência do estado de equilíbrio de bases do solo na qualidade do café pode ser significativa, porém, não são obtidas correlações de alta magnitude. Para esses autores, correlações de alta magnitude envolvendo variáveis de qualidade do grão são obtidas quando os grãos passam por “despolpa” no pós-colheita. Isso mostra que a melhor qualidade da bebida do café depende, principalmente, de um manejo pós-colheita ideal. Dessa forma, identificar alterações na qualidade da bebida causadas pelo manejo de fertilidade do solo ainda é um desafio para os pesquisadores.

As adubações e o estado nutricional das plantas influenciam tanto a produção quanto a composição dos grãos crus e a qualidade da bebida (Mendonça et al., 2005). Para Amorim (1970), existe relação entre desequilíbrio nutricional e a consequente piora na qualidade da bebida do café.

Ao se objetivar qualidade, é importante que haja equilíbrio dos elementos nutrientes no solo, sendo que alguns, denominados macronutrientes essenciais, são exigidos em maiores quantidades, a exemplo do nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S). Por outro lado, nutrientes essenciais menos exigidos, mas tão importantes quanto os demais, são denominados micronutrientes, descritos a seguir: ferro (Fe), zinco (Zn), cobre (Cu), manganês (Mn), boro (B), cloro (Cl) e molibdênio (Mo). À medida em que eventualmente ocorra deficiência de ao menos um deles, há a necessidade de adição por meio da adubação.

O N é considerado o nutriente mais importante para o crescimento vegetativo e é o segundo mais exportado pelos grãos (Catani e Moraes, 1958; Moraes e Catani, 1964). Clemente (2010), trabalhando com duas doses de N, sendo uma baixa e outra elevada, identificou que as plantas cultivadas com dose elevada de N apresentaram maiores teores de cafeína nas folhas. O mesmo autor analisou os grãos e observou que os teores de cafeína foram inferiores nas plantas cultivadas com N elevado.

No cafeeiro, as exigências em K são muito semelhantes às de N, as mais altas dentre todos os nutrientes obtidos do solo. O K influencia em características de crescimento vegetativo e reprodutivo, como no tamanho dos grãos (Clemente et al., 2013). Para Silva et al., (2002), a dose de 266 kg.ha⁻¹ de K₂O resultou na obtenção da qualidade máxima dos grãos de café. Além disso, os autores defendem a importância do planejamento do manejo nutricional. Por outro lado,

como a principal fonte de K_2O é o cloreto de potássio, é afirmado que seu uso pode levar a excesso de cloro no solo, o que pode interferir negativamente na qualidade do café (Silva et al., 2002).

Catani et al. (1989) estabeleceram a ordem de acúmulo de micronutrientes em cafeeiro, apontando a seguinte sequência decrescente: $Fe > Mn > B > Zn > Cu > Mo$. Conforme Martinez et al. (2014), o Mo é o micronutriente menos exigido pelo cafeeiro, o que explica o maior interesse dos pesquisadores no estudo dos micronutrientes B, Zn e Cu, que, ao mesmo tempo em que não são encontrados em teores suficientes na maioria dos solos brasileiros, são considerados de grande importância, tanto para o crescimento quanto para a produção do cafeeiro.

O aumento nas doses de sulfato de zinco, por via foliar proporcionou maior número de grãos retidos nas peneiras de maior diâmetro durante a classificação física (Mello et al., 1999). Maior porcentagem de grãos de café retidos em peneiras de maior diâmetro contribui para um melhor valor de mercado (Martinez et al., 2014). Além disso, a separação dos grãos por tamanho, através da classificação por peneiras, contribui para uma maior uniformidade na torra, além de proporcionar melhor qualidade do produto final (Nasser e Chalfoun, 2000).

O objetivo deste trabalho foi identificar as relações entre nutrientes do solo e aspectos químicos, físicos e sensoriais de qualidade do café arábica do Caparaó.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância econômica da cafeicultura

O Brasil possui uma variedade de climas, relevos, altitudes e latitudes que permitem a produção de uma ampla gama de tipos e qualidades de cafés (BRASIL, 2003). Do ponto de vista fundiário e socioeconômico, a cafeicultura brasileira tem na agricultura familiar números que impressionam pela importância da atividade: emprega em torno de 1,8 milhão de pessoas, produz 38% do café brasileiro e ocupa 44% da área colhida no Brasil (Costa e Bessa, 2014). Segundo o Conselho dos Exportadores de Café do Brasil (CECAFÉ), as exportações no biênio 2015 e 2016 atingiram um total de 37 milhões e 34 milhões de sacas de 60 kg, respectivamente. Só as vendas no ano de 2016 renderam ao país, a cifra de US\$ 5,4 bilhões. As exportações de café arábica representaram 88% do total.

Há, pelo menos, 150 anos, o Brasil é considerado o maior produtor de café do mundo. É, também, o maior exportador do grão no mundo sendo o 5º produto na pauta de exportação brasileira, onde, apenas em 2017, movimentou US\$ 5,2 bilhões segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – BRASIL (BRASIL, 2003). Além disso, o país é considerado o segundo maior consumidor de café do mundo, ficando atrás dos Estados Unidos da América. Conforme a Companhia Nacional de Abastecimento – Conab, em 2018, a safra brasileira foi de 59,90 milhões de sacas de 60 kg de café beneficiado provindos dos estados do Pará, Amazonas, Mato Grosso, Goiás, Rio de Janeiro, Paraná,

Rondônia, Bahia, Espírito Santo, São Paulo e Minas Gerais. Desde sua chegada, em 1727, o café tem sido maior gerador de riquezas.

A cafeicultura no Brasil ocupa uma área de 2 milhões de hectares e conta com mais de 300 mil pequenos agricultores. A produtividade média (conilon e arábica) é de 32,17 sacas por hectare. São cerca de 1.900 municípios, distribuídos em 11 estados da Federação. A espécie arábica está mais concentrada nos estados de Minas Gerais, como maior produtor, seguido do Espírito Santo, São Paulo, e Bahia. Segundo a Conab, esses quatro estados concentram 85% da produção nacional da espécie arábica. Nos estados do Espírito Santo, Bahia e Rondônia estão concentrados 95% da produção nacional da espécie Conilon. Em 2018, a produção de café conilon alcançou 13,97 milhões de sacos de 60 kg.

No mundo, são meio bilhão de pessoas envolvidas desde a produção ao consumo final, cerca de 8% da população mundial. A cadeia produtiva do café gera mais de 8 milhões de empregos no Brasil, sendo este, o setor da agropecuária que mais emprega no país. Para chegar neste nível, o setor conta com aporte tecnológico das instituições de pesquisa e desenvolvimento reunidas no Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café - CBPD/Café. São mais de 40 instituições reunidas e mais de 1.300 pesquisadores e extensionistas atuando em todos os segmentos da cadeia produtiva cafeeira.

No estado do Espírito Santo, mais de 75% da cafeicultura é composta por agricultores de base familiar. Além disso, a atividade gera cerca de 400 mil postos de trabalho diretos e indiretos respondendo por 43,26% do Produto Interno Bruto (PIB) capixaba. Os números sugerem que a cafeicultura no estado possui grande importância social e econômica (Ferrão et al., 2008).

2.2 Fertilidade do solo em lavouras cafeeiras

Analisando a fertilidade de uma área experimental com base em atributos químicos do solo e sua relação com a produtividade do café conilon, Silva et al. (2010) encontraram relação espacial positiva entre fertilidade com a produtividade da cultura. Além disso, a geoestatística e o sistema de classificação Fuzzy permitiram visualizar as mudanças gradativas das classes de fertilidade do solo. A possibilidade de produção de café na área foi média, devido aos níveis

insatisfatórios dos nutrientes. Existe relação entre fertilidade do solo com a produtividade das plantas quando todos os fatores de produção estão em níveis adequados (Malavolta, 2006).

Com a expansão das lavouras cafeeiras para solos com baixa fertilidade natural, bem como a crescente demanda de nutrientes para cultivares mais produtivos, a dinâmica dos nutrientes na cultura necessita de estudos para melhorar a eficiência na recomendação de adubação, evitando problemas de deficiência nutricional (Reis Jr. e Martinez, 2002). Conforme Silva et al. (2010) as alterações provocadas pelo manejo agrícola, os processos erosivos e as diversas formas de relevo alteram os atributos químicos do solo (macro e micronutrientes). Em uma área cultivada, os atributos químicos apresentam maior variação que os físicos (Silva e Chaves, 2001).

Para Martinez e Clemente (2011) reações complexas acontecem nos solos caracterizando-os como heterogêneo. Essa heterogeneidade muitas vezes é causada pelas adubações, onde os nutrientes podem não estar disponíveis para a absorção pelas raízes, mesmo sendo adicionados em quantidades ideais. Para Prezotti e Zambolim (2001), a idade do cafeeiro é um fator determinante para o aproveitamento de nutrientes no solo, tendo em vista que o sistema radicular tende a explorar volumes maiores com o passar do tempo. Conforme Malavolta et al. (2002), em anos de baixa frutificação, a formação de folhas e o crescimento de novos ramos tendem a substituir o fruto como dreno de carboidratos e nutrientes. Partindo desse pressuposto, a demanda por nutrientes não deveria variar ao longo dos anos em virtude da produção do cafeeiro.

Machado et al. (2014), estudando um Latossolo Vermelho-Amarelo no Espírito Santo, observaram alterações na fertilidade do solo quando foi feita a substituição da floresta por cultivos de café. Ainda conforme Machado et al. (2014), a cafeicultura provoca redução no teor e estoque de nitrogênio e carbono no solo. Além disso, a floresta apresentou equilíbrio na liberação de N e outros nutrientes (P e K) através da serapilheira no solo. O desequilíbrio nos atributos químicos dos solos em sistemas convencionais de cultivo tem sido atribuído ao uso indiscriminado de fertilizantes agrícolas e ao intenso uso do solo (Lourente et al., 2011).

Segundo Matiello et al. (2005), os solos Brasileiros possuem baixos teores de matéria orgânica, acidez elevada, baixa disponibilidade de micro e

macronutrientes (P, Ca e K) e altos teores de Al e Mn. Apenas em Rondônia, Paraná e São Paulo é possível encontrar pequenas áreas com solos férteis naturalmente. Ferreira et al. (2013), avaliaram a fertilidade dos solos no município de Santa Teresa, norte do Espírito Santo. Foram encontradas distintas condições de fertilidade e entre os cátions trocáveis estudados, o Ca^{+2} foi o mais limitante na produtividade do café conilon. No estado do Espírito Santo, os solos apresentam baixa fertilidade natural, porém, possuem grande potencial para produção com a utilização de práticas de correção (Prezotti et al., 2013). Ferreira et al. (2013) sugerem que as práticas de manejo das lavouras sejam feitas com a melhor eficiência possível, para que ocorra uma máxima otimização no uso de corretivos e fertilizantes.

Para Effgen et al. (2008), o causador da baixa fertilidade das lavouras cafeeiras nos últimos anos tem sido a substituição de cultivos antigos e novos plantios em áreas que antes eram pastagem, ambas sem se atentarem para a reposição racional dos elementos nutrientes. Os manejos inadequados e a exportação de nutrientes pelos grãos fazem com que a reposição de nutrientes seja necessária. De acordo com Malavolta (2006), são treze os elementos minerais essenciais exigidos pelo cafeeiro: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), que correspondem aos macronutrientes, exigidos em quantidades proporcionalmente maiores, e boro (B), zinco (Zn), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo) e cloro (Cl), que correspondem aos micronutrientes, exigidos em menores quantidades.

Sabe-se que as lavouras cafeeiras exigem aporte de nutrientes no solo para repor o volume exportado nos grãos (Malavolta, 2006; Effgen et al., 2008). Dessa forma, para que sejam mantidos, anualmente, os níveis de produtividade pretendidos, a fertilidade do solo precisa ser manejada (Lani et al., 2007). A melhoria e a manutenção da fertilidade do solo podem ser alcançadas por meio das adubações (Guimarães et al., 1999). Vários autores estabelecem níveis críticos de nutrientes no solo para diferentes culturas que permitem um desenvolvimento vegetal mais rentável e produtivo. No Brasil, os maiores produtores de café que são os estados de Minas Gerais e Espírito Santo, possuem manual de interpretação dos níveis de fertilidade e recomendações de fertilizantes para café que podem ser compreendidos por meio de tabelas (Guimarães et al., 1999; Lani et al., 2007).

Da mesma maneira, a condição nutricional dos cafeeiros pode ser determinada por meio de análises foliares. De acordo com Raij et al. (1997), os teores totais de macronutrientes considerados adequados para o cafeeiro, de acordo com a análise foliar são: 26-32 g kg⁻¹ de N; 1,2-2,0 g.kg⁻¹ de P; 18-25 g.kg⁻¹ de K; 10-15 g.kg⁻¹ de Ca; 3,0-5,0 g.kg⁻¹ de Mg e, 1,5-2 g.kg⁻¹ de S. Para os micronutrientes, os teores são: 50-80 mg.kg⁻¹ B; 10-20 mg.kg⁻¹ de Cu; 50-200 mg.kg⁻¹ de Fe e Mg; 0,10-0,20 mg.kg⁻¹ de Mo e, 10-20 mg.kg⁻¹ de Zn.

2.3 Fenologia do café arábica

Sabe-se que, no café arábica, as fases fenológicas podem ser observadas e caracterizadas através dos seus dois períodos de desenvolvimento, o vegetativo e o reprodutivo. Nessa observação, são considerados vários órgãos da planta, tais como: os caules, as gemas, as folhas, as flores e os frutos. Nos frutos, especificamente, algumas variáveis podem ser verificadas, a saber: tamanho, cor, quantidade de água e teores de compostos orgânicos, como os açúcares. O acúmulo de proteínas, sacarose e polissacarídeos na semente faz com que ocorra o endurecimento do endosperma e a alteração na cor do pericarpo, natural da fase de maturação (Pezzopane et al., 2003; Castro et al., 2005; Castro e Marraccini, 2006). Na literatura existe consenso entre pesquisadores a respeito da maioria das fases fenológicas do café, porém, tem aqueles que preferem graus de especificidades maiores quanto à caracterização do estágio de desenvolvimento ao longo do tempo.

Camargo e Camargo (2001) desenvolveram um quadro que divide as fases do ciclo fenológico do café que ocorrem em dois anos (Figura 1). Nele, é possível observar que o ciclo fenológico do café possui um total de seis fases, sendo as duas primeiras, de crescimento vegetativo, distribuídas em: 1ª fase de vegetação e formação das gemas foliares que ocorre entre os meses de setembro a março, período em que os dias são longos e, a 2ª fase, de indução e maturação das gemas florais, que acontece durante o período de abril a agosto quando os dias são curtos. A atividade fenológica do cafeeiro é diferente de muitas outras plantas cuja inflorescência acontece na primavera e a frutificação ocorre no mesmo ano (Camargo e Camargo, 2001).

O período reprodutivo começa na 3ª fase, momento em que ocorre a florada após aumento do potencial hídrico das gemas, entre os meses de setembro a dezembro. Em seguida vem a granação dos frutos, na 4ª fase, nos meses de janeiro, fevereiro e março, seguida da maturação dos frutos na 5ª fase, nos meses de abril, maio e junho. Na 6ª e última fase, é quando ocorre o repouso e senescência dos ramos terciários e quaternários, meses de julho e agosto. O período reprodutivo começa na florada e termina na colheita ou queda dos frutos (Camargo e Camargo 2001). Para Larcher (2000), a capacidade da planta em produzir flores através das mudanças que ocorrem no meristema das gemas influencia positiva ou negativamente a fase reprodutiva.

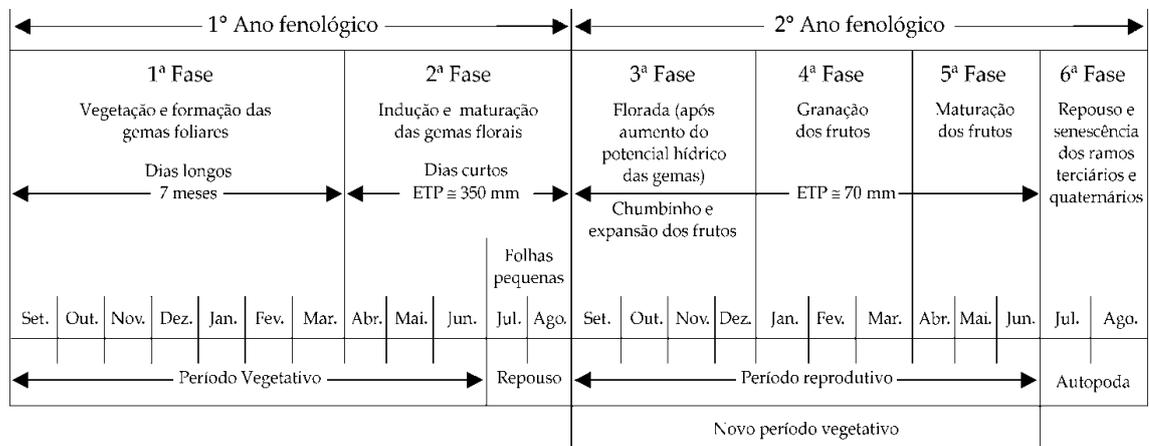


Figura 1 - Esquematização das seis fases fenológicas do cafeeiro arábica, durante 24 meses, nas condições climáticas tropicais do Brasil (Camargo e Camargo 2001).

Pezzopane et al. (2003) desenvolveram uma escala que descreve as fases fenológicas do período reprodutivo do cafeeiro baseada em números, de zero a onze, a saber: 0 - gema dormente; 1 - gema intumescida; 2 - abotoado; 3 - florada; 4 - pós-florada; 5 - grão chumbinho; 6 - expansão dos frutos; 7 - grão verde; 8 - grão verde-cana; 9 - grão cereja; 10 - grão passa; 11 - grão seco (Figura 2). Apesar de haver dificuldades em sua utilização prática, a análise histológica permite avaliar com maior precisão a transição das fases fenológicas do cafeeiro (Morais, 2008).



Figura 2 - Esquematização da fase fenológica reprodutiva do cafeeiro arábica nas condições climáticas tropicais do Brasil (Pezzopane et al., 2003).

Para Pimenta e Vilela (2003), alguns fatores como a altitude, a latitude e o clima são determinantes tanto para o crescimento quanto para a maturação dos frutos na planta. As condições climáticas influenciam o intervalo entre as floradas e o período de maturação de grãos (Cortez, 2001; Fagan, 2011). Em locais onde a temperatura encontra-se abaixo de 20°C, o ciclo de maturação, desde a

floração, leva cerca de 250 a 300 dias para o seu término (Cortez, 1997; Cortez, 2001). Cortez (2001) comprovou a relação entre qualidade de bebida e tempo de formação do grão, onde foi observado forte influência do clima e da fenologia do cafeeiro nas características sensoriais da bebida. Além disso, afirmou que o tempo, em dias, necessário para a máxima maturação de frutos com início na floração, situa-se em torno de 220 dias.

Fatores climáticos, tais como: chuvas e temperatura, são importantes para a formação de folhas na planta de café. Segundo Matiello et al. (2005), quando começam as chuvas, o cafeeiro produz 1,1 par de folhas ao mês nos ramos plagiotrópicos, elevando-se para 1,6 pares no meio e final do verão. Porém, no outono e no inverno, com a diminuição das chuvas e da temperatura, a planta cresce à razão de apenas 0,5 par de folhas ao mês.

Tanto a variabilidade genética quanto as condições climáticas influenciam no número de floradas do cafeeiro, que, normalmente, apresenta uma florada principal, seguida de outras, tornando a maturação dos grãos desuniforme (Rena e Maestri, 1987). De acordo com Chagas et al. (2002), existem microrregiões onde o tempo de colheita coincide com o período seco e, com isso, a passagem da condição de grão cereja para grão parcialmente seco acontece de maneira mais rápida, exigindo do agricultor que seja feita a colheita em menor faixa de tempo, provocando desuniformidades nos grãos colhidos o que prejudica aqueles que pretendem produzir cafés especiais.

Por outro lado, há regiões onde ocorre maior umidade no período de colheita, proporcionando mais tempo de permanência dos frutos na planta, o que tende a produzir melhores bebidas. Em ambos os casos tende a ocorrer uma mistura de frutos na colheita, com diferentes graus de maturação, densidade e teores de umidade (Chagas et al., 2002). Colher no período úmido pode induzir a problemas na secagem, como fermentações negativas (Lacerda et al., 2020).

Na fase da “granação”, que ocorre entre os meses de janeiro a março, eventual estresse hídrico pode ser prejudicial para a qualidade do café, gerando frutos mal granados. Neste caso, na classificação física, defeitos como grãos pretos, verdes, ardidos e chochos são mais facilmente encontrados (Meireles et al., 2009). Já na fase de “maturação dos frutos”, verificada de abril a junho, deficiências hídricas moderadas podem ser benéficas para a qualidade do produto, a depender da evapotranspiração após a florada principal (Meireles et

al., 2009). Para evitar a queda de frutos na planta, alguns produtores têm antecipado a colheita, porém, esse processo eleva a proporção de grãos imaturos e verdes, que apresentam baixos teores de compostos orgânicos relacionados à qualidade, gerando perda nas notas sensoriais do café (Cortez, 2001).

2.4 Fatores que afetam a qualidade do café

Muitos fatores estão associados à qualidade da bebida do café, destacadamente os ambientais, genéticos, culturais e os métodos de colheita. Cafés de qualidade sensorial elevada podem ser obtidos levando-se em consideração alguns cuidados especiais, começando pela fase de pré-colheita, colheita e pós-colheita. Para Carvalho (1998) e Borém et al. (2013), vários fatores que possam prejudicar a bebida futuramente devem ser cuidadosamente examinados nesse período. Já para a pós-colheita, Alpizar e Bertrand (2004) ressaltam a importância do monitoramento da temperatura, parâmetros de secagem e taxa de secagem. Além disso, os métodos de armazenamento também são importantes para a garantia da qualidade dos grãos.

Nos diferentes processos de produção, a busca pela qualidade do café deve ser a principal preocupação. Com a melhoria da qualidade, o café se torna um produto com superior valor de mercado (Mendonça et al., 2007; Abrahão et al., 2010). A influência do local de cultivo tem sido muito estudada, para que o mecanismo desses efeitos possa ser elucidado, quanto à qualidade da bebida (Androcioni et al., 2003; Molin et al., 2008; Ferrão et al., 2009). Cafés que têm seus frutos despulpados ou descascados e secos, levando em consideração todos os cuidados necessários a um bom preparo, tendem a resultar numa qualidade superior (Souza 2000; Pereira et al., 2002; Oliveira et al., 2005; Lima et al., 2008).

A colheita do café deve ser realizada de forma a garantir a integridade do fruto maduro, devendo ser colhido o mais rápido possível. A colheita tradicional ainda é a mais utilizada pelos agricultores devido a sua rapidez e menor gasto com mão de obra, porém, a qualidade dos grãos é inferior. A colheita seletiva vem se tornando uma prática crescente com benefícios na qualidade da bebida e condução do cafeeiro, apesar do aumento no custo de produção. Durante o processo de desenvolvimento fisiológico dos frutos, mais especificamente ao

decorrer dos meses de novembro e dezembro até junho, nas fases de crescimento e maturação, várias mudanças metabólicas, favoráveis ou não à qualidade, podem ocorrer. Molin et al. (2008) destacam alguns fatores que podem influenciar negativamente na qualidade final do café, a saber: implantação de cultivares não adaptados para a região de interesse, métodos não indicados de colheita, fatores climáticos, processamento e secagem dos grãos.

A maturação mais lenta e o conseqüente acúmulo de açúcares totais nos grãos são características das regiões frias, o que contribuem para as maiores notas sensoriais sabor, aroma, doçura e corpo, quando comparados com os resultados encontrados nas regiões quentes (Androcioli et al., 2003). As características intrínsecas dos cafés são alteradas quando a região apresenta grande diversidade de clima e solo, possibilitando a obtenção de variados tipos de cafés, situação que favorece a exploração de cafés especiais (Molin et al., 2008). Fatores como clima, genética, manejo cultural e de pós-colheita influenciam diretamente a composição química do grão de café e, por conseguinte, na sua qualidade (Clifford, 1985; Macías e Riaño, 2002; Malta et al., 2003).

O sabor do café é influenciado por vários fatores, como a variedade, o local de produção, o solo, as condições climáticas, altitude, dentre outros (Ferrão et al., 2009). As condições de clima influenciam fortemente a qualidade do café e dentre os elementos climáticos determinantes para a qualidade, destaca-se a temperatura do ar, que influencia na duração dos estádios fenológicos da cultura, condicionando a época da colheita (Ortolani et al., 2001).

Em cultivos comerciais, o fator que define a aptidão climática do cafeeiro é a temperatura (Camargo, 1985). Camargo e Franco (1985) classificou a aptidão térmica do cafeeiro em faixas de temperatura média anual, podendo ser ideal, apta e inapta. Sendo assim, a temperatura ideal está entre 19° a 22°C, apta entre 18° a 23°C e a inapta acima de 23°C e abaixo de 18 °C. Segundo Camargo (1985) e Thomaziello et al. (2000), o que provoca o abortamento floral e formação de "estrelinhas" (que são crescimentos vegetativos onde deveriam surgir as flores) são as temperaturas médias anuais superiores a 23°C, estando fortemente associadas à seca. Ainda conforme Camargo (1985) e Thomaziello et al. (2000), uma quebra na produção e também na qualidade da bebida acontecem principalmente nos anos em que a estação seca é maior.

Ambiente de cultivo, tratos culturais, fatores genéticos e composição química dos grãos são fatores importantes para a qualidade da bebida do café (Carvalho e Chalfoun, 1985). Para evitar processos fermentativos e, conseqüentemente, prejuízos à qualidade da bebida, é indispensável que o café seja submetido a um bom e eficiente processo de secagem contínua, sem intercorrências de eventuais reumidecimentos (Cortez, 2001). Distúrbios fisiológicos e fermentações microbianas influenciam nas características da bebida do café, uma vez que degradam os açúcares da mucilagem dos frutos formando ácidos carboxílicos e álcoois (Krug, 1940). Até 12 horas após a derriça do café, a qualidade da bebida não é prejudicada pelo manejo pós-colheita (Favarin et al., 2004).

Conforme Lima et al. (2008), depois de colhido, o café pode ser preparado de duas formas, sendo elas: via seca e via úmida. No preparo por via seca, o fruto é seco com a casca e a mucilagem e os frutos verdes e “boias” podem ou não ser separados dos “cerejas” por processos mecânicos, dando origem aos cafés naturais. Já o preparo via úmida consiste na retirada da casca e da mucilagem do fruto maduro, dando origem aos cafés despulpados ou desmucilados (Pereira et al., 2002). O café cereja descascado (CD) não desmucilado é originado da retirada da casca do fruto, sendo conduzido para a secagem com a mucilagem presa ao pergaminho (Pereira et al., 2002), também conhecidos por “*honey coffee*”. A presença de mucilagem ou mesocarpo pode transmitir características desejáveis para os grãos através das fermentações microbianas em secagem mais lenta o que torna esse método de preparo via úmida diferenciado (Souza, 2000).

Para Oliveira et al. (2005), o café preparado como cereja descascado possui um grande potencial de mercado, uma vez que apresenta baixa acidez, sabor adocicado e aroma intenso. Por outro lado, maiores perdas na qualidade físico-química e sensorial do grão podem ser atribuídas ao tipo de preparo natural, por permitirem fermentações indesejáveis, como sugerido para a região sudoeste da Bahia (Lima et al., 2008).

Estudos mostram forte influência de problemas de colheita e pós-colheita nas propriedades físicas e químicas do café, com ocorrência de grãos verdes, pretos e ardidos (Miya et al., 1973, 1974; Pereira, 1997; Coelho, 2000). Silva et al. (2004), estudando as características físicas, químicas e sensoriais de cafés

cerejas descascadas (CD) na região sul de Minas Gerais, alegam que cafés sem a presença de defeitos, produzidos em uma altitude superior a 920 metros, tendem a proporcionar maior doçura. A qualidade da bebida é determinada através do sabor e aroma, que estão relacionados às substâncias químicas que estão nos grãos (Borém et al., 2013).

2.5 Classificação física do café arábica

Após a colheita, independentemente do tipo de processamento, o café é levado à secagem, até atingir umidade na faixa de 11% a 12%. Em seguida, ele é beneficiado (retirada de pergaminho e, ou, casca) e armazenado. A classificação física desses grãos será atestada quanto ao tipo (número de defeitos) e à granulometria (Custódio et al., 2007). De acordo com BRASIL (2003), a classificação física quanto ao tipo leva em consideração a presença de defeitos intrínsecos e extrínsecos, a partir de uma amostra de 300 g de café beneficiado. Dentre os tipos de defeitos do café, de acordo com a Classificação Oficial Brasileira (COB) (BRASIL, 2003), pode-se destacar: a) os intrínsecos (encontrados nos grãos de café), como grão preto, ardido, verde, quebrado, mal granado, chocho, broca (limpa, suja ou rendada) e concha, e b) os extrínsecos (material que não constitui o grão de café), como coco, pau, pedra, marinheiro e casca (Tabela 1).

Tabela 1 - Equivalência de defeitos do café segundo a Classificação Oficial Brasileira (COB)

Característica	Nº de defeitos
1 Preto	1
2 Ardidos	1
5 Verdes	1
1 Pedra, Pau ou Torrão grande	5
1 Pedra, Pau ou Torrão regular	2
1 Pedra, Pau ou Torrão pequeno	1
1 Coco	1
1 Casca Grande	1
2 Marinheiros	1
2/3 Casca Pequenas	1

2/5 Brocados	1
3 Conchas	1
5 Chochos ou Mal granados	1
5 Quebrados	1

Fonte: BRASIL (2003).

O número de defeitos encontrados na amostra impacta fortemente quanto ao tipo do café (Tabela 2). Segundo normas listadas em BRASIL (2003), quando se tem mais de uma classe de defeitos em um mesmo grão, deve-se considerar o de maior equivalência. Após a separação dos grãos defeituosos por classe (ardido, brocado, chocho ou mal granado, concha, preto e verde), o próximo passo é atribuir pontos que correspondem cada classe, possibilitando a obtenção do tipo do café. A pesagem individual dos grãos defeituosos também é realizada para cada classe de defeitos.

Tabela 2 - Classificação do tipo do café, segundo a Classificação Oficial Brasileira (COB)

Tipo	Defeitos
2	4
2/3	8
3	12
$\frac{3}{4}$	19
4	26
4/5	36
5	46
5/6	66
6	86
6/7	123
7	160
7/8	260
8	360
Pior que 8	+ 360

Fonte: BRASIL (2003).

A análise física dos grãos classifica o café por tamanho (peneira) como: grão graúdo, grão médio e grão miúdo. Existem dois tipos de grãos nesta avaliação, os grãos “chatos” e os grãos “mocas” (BRASIL, 2003). A classificação quanto ao tamanho dos grãos deve ser realizada em amostras de 100 g e obtida pelas percentagens de grãos retidos nas peneiras circulares (18; 17; 16; 15; 14 e 13) para grãos chatos, e peneiras oblongas (13; 12; 11; 10 e 9), para grãos redondos (mocas), cujas classes podem ser observadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Classificação quanto ao tamanho do grão, segundo a Classificação Oficial Brasileira (COB)

Chato	Peneira	Moca	Peneira
Graúdo	17, 18 e 19	Graúdo	11, 12 e 13
Médio	15 e 16	Médio	10
Miúdo	14 abaixo	Miúdo	9 e abaixo

Fonte: BRASIL (2003).

A classificação física também pode ser realizada conforme a *Specialty Coffee Association of America* (SCAA, 2015). Essa metodologia é semelhante à (COB), porém, utiliza-se uma amostra de 350 gramas de café verde (*Green coffee*), onde não são admitidos defeitos referentes a categoria ‘1’, demonstrado na Tabela 4 e, no máximo 5 defeitos referentes a categoria ‘2’ demonstrado na Tabela 5.

Tabela 4 – Equivalência de defeitos, segundo a *Specialty Coffee Association of America* (SCAA) – Categoria “1”

Tipo de defeito	Equivalência (para 1 defeito)
Preto (Totalmente)	1
Ardido (Totalmente)	1
Coco (Marinheiro)	1
Atacado por Fungos	1
Paus, Pedras e Outras impurezas	1

Grão Brocado (Ataque Severo)	5
------------------------------	---

Fonte: SCCA, (2009)

Tabela 5 - Equivalência de defeitos, segundo a *Specialty Coffee Association of America (SCAA)* – Categoria “2”

Tipo de defeito	Equivalência (para 1 defeito)
Preto (Parcialmente)	3
Ardido (Parcialmente)	3
Pergaminho	5
Mofado	5
Imaturo	5
Malformado	5
Concha	5
Quebrado, cortado	5
Casca	5
Grão Brocado (ataque leve)	10

Fonte: SCCA, (2009)

2.6 Classificação sensorial do café arábica

A avaliação sensorial começa no preparo do café, onde o primeiro passo é a torra (Barbosa e Figueiredo, 2016). A torra deve ser de leve a leve média, de acordo com as referências do equipamento Mbasic (Gourmet) Agtron. Normalmente, os cafés devem ser torrados dentro de um prazo de 24 horas, respeitando um mínimo de descanso de 8 horas (Barbosa e Figueiredo, 2016).

São 5 xícaras para cada amostra, do tipo Manhattan, de 150 ml, sendo que cada xícara/parcela da amostra, deve ser moída individualmente, e para cada nova amostra, o moedor deve passar por um processo de purificação (Rocha et al., 2019; Barbosa e Figueiredo, 2016). Para a realização das análises sensoriais, os cafés torrados e moídos, de acordo com o protocolo da *Specialty Coffee*

Association of America, devem ser avaliados com uma escala variando de 0 a 10 para cada atributo sensorial (SCAA, 2015), conforme demonstrado na Tabela 6.

Tabela 6 - Valores padrão, segundo a *Specialty Coffee Association of America* (SCAA), para determinação sensorial da qualidade de cafés arábica

BOM	MUITO BOM	EXCELENTE	EXCEPCIONAL
6	7	8	9
6,25	7,25	8,25	9,25
6,50	7,50	8,50	9,50
6,75	7,75	8,75	9,75

Fonte: SCAA (2015).

Após descansarem, as amostras devem ser analisadas em 10 atributos: fragrância/aroma, sabor, finalização, acidez, corpo, uniformidade, xícara limpa, doçura, balanço e geral por degustadores “Q-graders”, credenciados pelo *Coffee Quality Institute* (CQI). Normalmente, a concentração utilizada é de 5,5% m/v, o que corresponde a 8,25 gramas de café moído em 150 ml de água a uma temperatura de aproximadamente 93°C (SCAA, 2015).

As análises sensoriais também podem ser realizadas conforme a Classificação Oficial Brasileira (COB), onde a qualidade da bebida é determinada de acordo com o sabor e aroma que os cafés apresentam na prova de xícara (Barbosa e Figueiredo, 2016). Conforme a tabela oficial de classificação, o café pode ser classificado em ordem decrescente, a saber: Mole; Apenas mole; Duro; Riado; Rio e Rio Zona (BRASIL, 2003) (Tabela 7).

Tabela 7 – Classificação da bebida e suas características sensoriais, segundo a Classificação Oficial Brasileira (COB)

Classificação da bebida	Características sensoriais
Estritamente Mole	Apresentam-se, em conjunto, todos os requisitos de aroma e sabor da bebida mole, porém mais acentuado ou forte.
Mole	Apresenta aroma e sabor agradável, brando e adocicado. Um café suave e equilibrado.

Apenas Mole	Apresenta sabor levemente doce suave, mas sem adstringência ou aspereza de paladar.
Duro	Apresenta sabor acre, adstringente e áspero, porém não apresenta paladar estranho. Identifica uma bebida encorpada e agradável.
Riado	Café que perde a característica de adstringência, acre e não apresenta nenhum doce, ou tenha sabores acres adstringentes, apresenta leve sabor de remédio.
Rio	Café que apresenta aroma e sabor típico e acentuado de remédio. Um café de sabor intenso e marcante.
Rio Zona	Café que apresenta aroma e sabor desagradável muito acentuado, assemelhado ao remédio ou ao ácido fênico, sendo repugnante ao paladar.

Fonte: Adaptado de (Barbosa e Figueiredo 2016, pág. 20).

2.7 Nutrição do cafeeiro

Os teores de nutrientes minerais no tecido vegetal podem ser medidos conforme metodologia específica (Embrapa, 1997). Amostras de grãos e folhas são submetidas a secagem em estufa com circulação forçada de ar a 60-70°C, até atingirem massa constante. Em seguida, as amostras devem ser moídas em moinho de facas do tipo Willey para serem submetidas à análise química. Conforme metodologia proposta por Malavolta et al. (1997), o teor dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) no tecido vegetal do cafeeiro podem ser obtidos com a aplicação de diferentes métodos e soluções específicas para cada elemento.

O nitrogênio é o nutriente mais exigido para o crescimento vegetativo, sendo de suma importância a adubação nitrogenada para o pleno desenvolvimento e produção do cafeeiro. Além disso, esse elemento é o segundo mais exportado pelos grãos de café. Teores mais elevados de cafeína nos grãos estão relacionados à qualidade química da bebida (Martinez et al., 2014). Maiores

doses de N eleva o teor de cafeína nas folhas de café (Clemente 2010). Plantas de café conduzidas com dose elevada de N apresentaram teores de cafeína inferiores nos grãos quando comparado a uma dose de N baixa (Clemente 2010).

Características de crescimento reprodutivo, tais como a produção, o tamanho de grãos e o número de frutos do ramo, sofrem influência da nutrição da planta, em especial dos teores de potássio na planta (Clemente et al., 2013). Ainda conforme Clemente et al. (2013), a adubação potássica influencia também no teor de açúcar do café, componente importante da qualidade final da bebida. Para Clemente (2010), a melhor qualidade sensorial dos grãos é obtida quando as doses de K permitem alcançar 98,70% da produção de café cereja. Além disso, Clemente (2010) definiu as concentrações ideais de N e K nas folhas e nos grãos para que a qualidade sensorial seja alcançada, sendo elas: concentrações foliares de 3,01 dag kg⁻¹ N e 2,94 dag kg⁻¹ de K e concentrações em grãos de 2,20 dag kg⁻¹ de N e 1,82 dag kg⁻¹ de K.

Catani et al. (1989) definiram a ordem de acúmulo de micronutrientes em cafeeiro, sendo ela: Fe > Mn > B > Zn > Cu > Mo. Para Furlani Junior et al., (2004) muitas áreas ocupadas por café apresentam elevados teores de Fe e Mn nos solos. Conforme Furlani Junior et al. (2004), os micronutrientes B, Zn, e Cu possuem maior importância dentre os micronutrientes, tanto para o crescimento, quanto para a produção do cafeeiro. Para esses autores, o molibdênio possui menor importância para o cafeeiro, uma vez que essa cultura não exige muito desse micronutriente (Furlani Junior et al., 2004).

Baixas produtividades em sistemas de cultivo convencional e orgânico acontecem em função dos baixos teores de nutrientes no solo e na planta (Neto et al., 2010).

O aumento no teor foliar de fósforo, da ordem de 0,1 dag.kg⁻¹ foi possível com a dose de 100 kg de P₂O₅ no espaçamento de 2 m x 0,5 m, enquanto os teores foliares de potássio foram influenciados pelas doses de K₂O, com acréscimo de 0,17 dag.kg⁻¹ para cada 100 kg de K₂O (Prezotti e Rocha 2004). Sistema de cultivo adensado proporciona maiores teores foliares de P e K se comparado ao sistema de cultivo com maior espaçamento entre plantas e linhas (Prezotti e Rocha 2004).

Excesso de enxofre, ferro e manganês contribui para a baixa produtividade do café (Martinez et al., 2003). Ainda conforme Martinez et al.,

(2003) concentrações limitantes de Mn em tecidos acontece em razão do pH elevado (acima de 5,5) (aplicação excessiva de calcário) ou do baixo conteúdo deste elemento no solo, limitando sua disponibilidade para as plantas (Martinez et al., 2003). Por outro lado, a elevada acidez de solos não corrigidos, ou de uso de quantidades insuficientes de calcário provocam o aumento de Fe e Mn nas plantas e baixas produtividades (Martinez et al., 2003).

2.8 Análise de Correlação de Pearson

Para muitas pesquisas científicas avaliarem o grau de relacionamento entre duas ou mais variáveis, é necessário usar análises estatísticas que avaliam as interrelações entre as variáveis estudadas. Dessa forma, o pesquisador consegue descobrir com precisão o quanto uma variável interfere no resultado de outra. Os resultados de correlações podem ser obtidos através da fórmula:

$$r = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2 \sum(y - \bar{y})^2}}$$

em que: valor de “r” varia de - 1 a + 1; valores - 1 e + 1 correspondem à correlação ao máximo; o sinal (+ ou -) significa sentido da correlação; o valor “0” corresponde à não existência de, indicando que as variáveis são independentes.

Para Lira (2004), o coeficiente de correlação é muito importante, pois ele mostra a necessidade de uma relação entre as variáveis. Além disso, ele não exige que seja feito ajuste de uma função matemática. De acordo com Charnet et al. (1999), a análise de correlação faz a medição da direção da relação entre duas variáveis e sua intensidade podendo ser linear ou não-linear.

Os coeficientes de correlação simples entre caracteres não permitem que sejam tiradas conclusões sobre relações de causa e efeito entre eles. Sendo assim, não compreendem os efeitos diretos e indiretos de caracteres sobre uma variável básica. Um método conhecido como análise de trilha foi desenvolvido por Wright (1921, 1934), cujo objetivo é quantificar estas relações de causa e efeito. O desdobramento das correlações em efeitos diretos e indiretos é definido como análises de trilha. A análise de trilha permite medir a influência direta de uma variável independente sobre outra.

Para Cruz, Regazzi e Carneiro (2004) através de equações de regressão, onde as variáveis são previamente padronizadas, são obtidos os coeficientes de

trilha que quantificam os efeitos. Quando se considera um único modelo causal, a análise de trilha é basicamente uma análise de regressão linear múltipla padronizada e essas estimativas são obtidas a partir do método dos mínimos quadrados. A correlação entre caracteres é um parâmetro importante, pois permite conhecer as modificações que acontecem em um caráter quando se tem outro correlacionado a ele (Ramalho et al., 1993).

De acordo com Nogueira et al. (2012), as correlações entre dois caracteres podem ser caracterizadas como sendo de natureza fenotípica, genotípica, ou ambiental, em que apenas as correlações genotípicas, associam a herdabilidade. Para comparar as variáveis analisadas em função da fertilidade do solo, poderá ser realizada a análise de regressão. A análise de variância e de trilha (correlações) podem ser realizadas para cada característica avaliada utilizando o programa computacional GENES (Cruz, 1997).

Segundo Farber e Larson (2015), um teste de hipóteses deve ser utilizado para determinar se o coeficiente de correlação amostral “r” oferece evidência suficiente para inferir que o coeficiente de correlação “ ρ ” de uma população é significativo. Mas, a significância da correlação “p” de uma população também pode ser obtida pela análise do P-valor (Portal Action, 2020). Silvia e Shimakura (2006) desenvolveram uma tabela de interpretação dos coeficientes de correlação Tabela 8.

Tabela 8 – interpretação dos valores de coeficiente de correlação

Valor de r (+ ou -)	Interpretação
0,00 a 0,19	Correlação muito fraca
0,20 a 0,39	Correlação fraca
0,40 a 0,69	Correlação moderada
0,70 a 0,89	Correlação forte
0,90 a 1,00	Correlação muito forte

Fonte: Silvia e Shimakura (2006).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização

Amostras isoladas de solo e de frutos maduros de café arábica, da variedade Catuaí Vermelho IAC-44, foram obtidas nos anos de 2014 e 2015, a partir de cento e dez propriedades rurais do Caparaó (Figura 3), localizadas em nove municípios capixabas (Alegre, Divino de São Lourenço, Dores do Rio Preto, Guaçuí, Ibatiba, Ibitirama, Irupi, Iúna e Muniz Freire) e quatro municípios de Minas Gerais (Alto Jequitibá, Alto Caparaó, Espera Feliz e Manhumirim).

As propriedades fizeram parte do projeto Grãos do Caparaó, iniciativa do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre, situado na região do Caparaó, no sudoeste do estado do Espírito Santo, com finalidade de subsidiar o reconhecimento da região como uma Denominação de Origem.

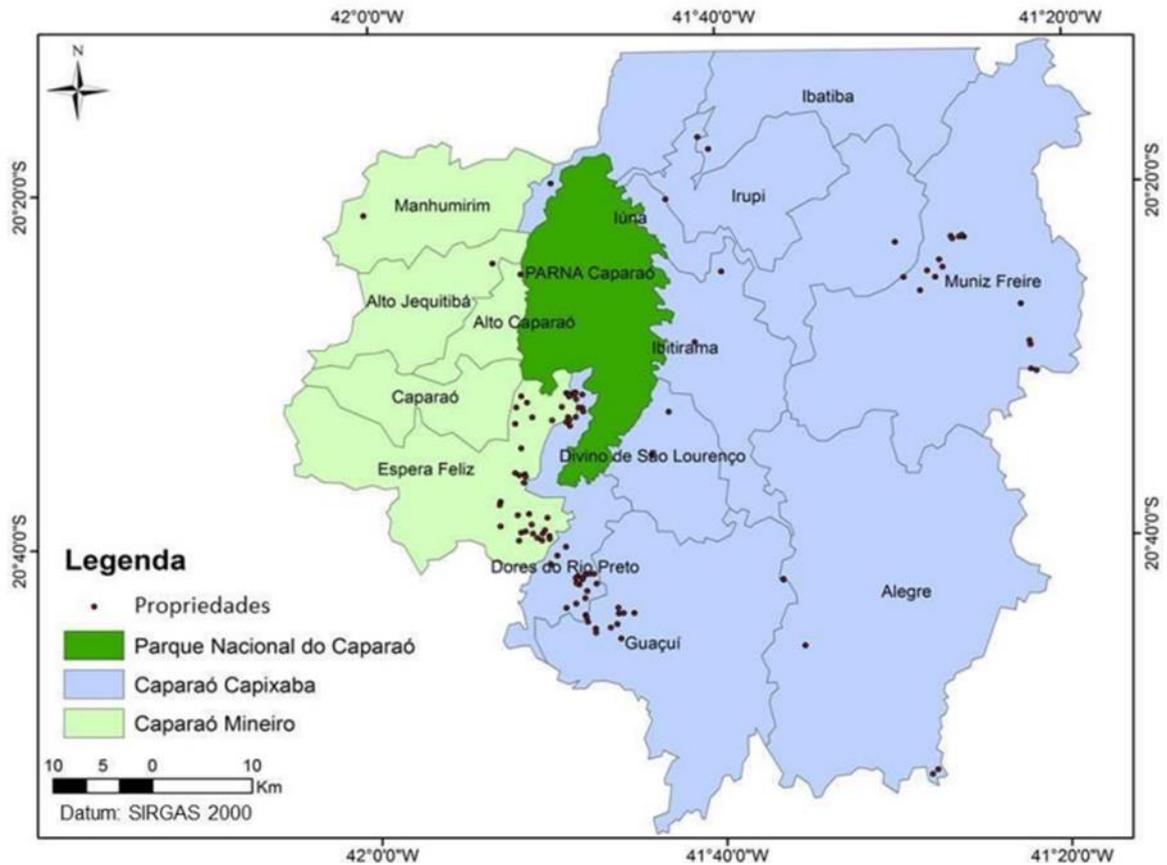


Figura 3 - Localização das propriedades participantes do Projeto Grãos do Caparaó. Fonte: Adaptado de Mendes et al. (2017, p. 86).

3.2 Coleta das amostras de solo

Em cada propriedade rural foram identificados talhões de lavoura contendo 256 plantas, onde foram coletadas 20 amostras simples de solo sob a projeção da copa, entre abril e julho, utilizando sonda inoxidável e em profundidade de 0-20 cm. Amostras compostas, originadas da homogeneização das amostras simples, foram encaminhadas para laboratório supervisionado por programa de monitoramento de qualidade pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e pelo Programa Interlaboratorial de Controle de Qualidade de Análise de Solo de Minas Gerais (PROFERT-MG), no município de Manhuaçu - MG.

3.3 Análise química do solo

As características avaliadas em cada amostra de solo foram: pH: unid.; Ca:cmolc/dm³; Mg: cmolc/dm³; Al:cmolc/dm³ (Método KCL 1mol/L); P: mg/dm³; K: mg/dm³; Zn: mg/dm³; Mn: mg/dm³; B: mg/dm³ (método BaCl₂.2H₂O 0,125%); Cu: mg/dm³ e Fe: mg/dm³ (método Mehlich -1); H+Al:cmolc/dm³ (método acetato de cálcio); MO: dag/dm³ (método calorimétrico); S: mg/dm³ (método Ca (H₂PO₄)² em HOAc); S.B:cmolc/dm³ e C.T.C:cmolc/dm³ a pH7.0 (C.T.C); P-rem.: mg/L (CaCl 10mol/L, contendo 60mg/L de P); V:%; %K na C.T.C; %Ca na C.T.C; %Mg na C.T.C; %Al na C.T.C; %H+Al na C.T.C (PROFERT-MG).

3.4 Recomendação de fertilizantes

A partir da interpretação da fertilidade do solo foi possível realizar a recomendação de corretivos, fertilizantes formulados e micronutrientes. Todos os talhões receberam calagem para elevação da saturação por bases para (60%), realizada a cada ano entre os meses de agosto e setembro, como preconizado por (Lani et al., 2007). Foi recomendado aos agricultores que fizessem as adubações no período chuvoso, entre outubro e março, respeitando-se o intervalo de 30-40 dias entre elas.

3.5 Coleta das amostras de café

Quarenta litros de café de cada talhão (um por propriedade), foram colhidos seletivamente pela manhã, retirando apenas os frutos maduros. No mesmo dia da colheita, cada amostra foi encaminhada para uma estrutura de processamento de pós-colheita, localizada na Forquilha do Rio, distrito de Pedra Menina, município de Espera Feliz, Minas Gerais, a 1.150 m de altitude. As colheitas ocorreram no período de 01 de maio a 01 de outubro, nos anos de 2014 e 2015, atendendo à fenologia natural das plantas, sem adição de controladores de maturação. Em cada localidade, ao atingirem o ponto de cereja, os frutos foram colhidos e levados à estrutura de pós-colheita.

3.6 Processamento dos grãos

Utilizando-se caixas de polietileno com capacidade para 100 l, o café foi lavado retirando-se as sujidades e o boia. Esse processo ocorreu em uma estrutura contendo piso de concreto. Após a fase de lavagem e separação dos frutos “boia”, os frutos maduros seguiram para o descascamento, utilizando-se um equipamento da marca Pinhalense, modelo DMMP-02, sem utilização de água. Os frutos maduros foram desmucilados por meio de agitação manual, para o qual foram utilizadas duas caixas de polietileno com capacidade para 100 l, dispostas em série, sendo que cada uma possuía uma sombrite para chacoalhar o café submerso e, assim, permitir a retirada da mucilagem.

Após o processo de descascamento e desmucilamento, os cafés foram dispostos em terreiro suspenso e aí mantidos para secagem. Acima do terreiro, o ambiente estava coberto por filme plástico transparente de 150 micra a, pelo menos, 2,0 m de altura do chão. O revolvimento do café foi realizado 8 vezes ao dia, de modo a se ter melhor uniformidade de secagem. Para cada amostra, foi utilizado um rodo de madeira e borracha, que permitiu revolvimentos e homogeneização da massa de café.

As amostras ficaram sob secagem até que a umidade dos grãos atingisse 11%, aproximadamente. Para fazer a medição da umidade dos grãos, foi utilizado um equipamento calibrado da marca Gehaka, modelo G 600. Ao término da secagem, as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Classificação e Degustação de Café do Instituto Federal Sul de Minas – Campus Muzambinho, no sul de Minas Gerais, para serem analisadas física e sensorialmente.

3.7 Classificação física dos grãos

Para a classificação física dos grãos, foi utilizado o Protocolo de Classificação Oficial Brasileiro, determinando-se o número e o peso de grãos imperfeitos-defeituosos, o total de grãos chatos graúdos (peneiras 17, 18 e 19), chatos médios (peneiras 15 e 16) e chatos miúdos (peneira 14 e abaixo), total de grãos moca graúdos (peneiras 11, 12 e 13), moca médio (peneira 10) e moca miúdo (peneira 9 e abaixo) (BRASIL, 2003).

3.8 Classificação sensorial dos grãos

Para a realização das análises sensoriais, os cafés foram torrados e provados de acordo com o protocolo da *Specialty Coffee Association of America* (SCAA, 2015), sendo a cor dos cafés torrados compreendida entre as cores correspondentes à escala AGTRON 55 e AGTRON 65. Após descansarem por 16h, as amostras foram analisadas sob 10 atributos: fragrância/aroma, sabor, finalização, acidez, corpo, uniformidade, xícara limpa, doçura, balanço e geral. Para esse fim, foi constituído um painel com quatro degustadores “Q-graders”, credenciados pelo *Coffee Quality Institute* (CQI).

Cinco xícaras do tipo Manhattan, de 150 ml, foram analisadas para cada amostra, sendo que cada xícara/parcela da amostra, foi moída individualmente, e para cada nova amostra, o moedor passou por um processo de purificação, moendo-se e descartando-se parte da referida amostra. A concentração utilizada foi de 5,5% m/v, o que corresponde a 8,25 gramas de café moído em 150 ml de água a uma temperatura de aproximadamente 93°C. Consideraram-se os valores médios de cada atributo, obtidos por média simples dentre os quatro avaliadores.

3.9 Análise química dos grãos

Na literatura, é conhecido que o órgão nutricional do café é a folha, mas devido à alta competitividade no mercado de fertilizantes e com o surgimento de novas marcas de adubos, tem sido comum ouvir dos vendedores de adubo que a boa fertilização do solo melhora o desenvolvimento (peneira), a nutrição e, conseqüentemente, a qualidade sensorial da bebida. No trabalho que está sendo apresentado, houve a decisão de se realizar a análise de frutos e não de folhas, objetivando responder sobre a influência de teores de nutrientes, em especial do potássio, e a qualidade sensorial.

Para avaliar o teor de nutrientes do grão, colheram-se amostras de 100 g de grãos beneficiados para cada propriedade rural em cada ano de investigação. Essas amostras foram encaminhadas ao laboratório para determinação dos teores de N (solubilização sulfúrica H_2SO_4), P (H_2SO_4 ; $(NH_4)_6 MoO_{24}$; $(NH_4)_2 VO_3$), K (KCl p.a; $HClO_4$; NaCl), Ca e Mg (La_2O_3 ; HNO_3 ; TITRISOL®; solução de lantânio $1,14g L^{-1}$), S ($BaCl_2$ p.a.; K_2SO_4 p.a.; HCl p.a.), Fe, Cu, Mn, Zn, B, Mo e Ni (Espectrometria de absorção atômica) (Malavolta et al., 1997; Carmo et al., 2000).

3.10 Análises estatísticas

Foi realizada uma análise descritiva dos dados, contendo média, desvio-padrão, coeficiente de variação (CV), mínimo e máximo. Foram estimadas as correlações de Pearson para todas as variáveis entre si, tendo sido apresentados os resultados significativos e não significativos pelo teste “t”. Para a realização das análises de correlações simples, utilizaram-se os recursos computacionais do programa SAS (SAS, 2012).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise descritiva

A análise descritiva dos dados demonstrou que, para diversos parâmetros analisados, seja a química do solo, a química do grão, a granulometria/peneira e até mesmo a análise sensorial do café, ocorreram grandes dispersões medidas pelo desvio e pelo coeficiente de variação, o que é esperado para um experimento desse porte, que analisou lavouras e cafés em uma área muito grande, em uma ampla variação climática e edáfica (Tabelas de 9 a 12). Mesmo assim, destacam-se as importantes revelações desses dados medidos e registrados também em médias e amplitudes (dos valores mínimos e máximos para cada parâmetro).

4.1.1 Química do solo

Os dados de pH apontam para faixas abaixo das condições adequadas de manejo da fertilidade visando boas produtividades (Guimarães et al., 1999), com valores de 5,1 e 5,35 nos anos de 2014 e 2015, respectivamente. Essa média seria melhor caso não houvesse algumas lavouras que sugerem não terem sido realizadas a calagem, como pode ser observado pelos valores mínimos nos dois anos de investigação.

Souza et al. (2017) desenvolveram gráficos para a interpretação da disponibilidade de micronutrientes em lavouras cafeeiras participantes do projeto Grãos do Caparaó, onde as classes variam entre alto, bom, médio, baixo e muito baixo. Ainda conforme Souza et al. (2017), o Mn foi classificado como “Bom” em sua disponibilidade nos solos das lavouras cafeeiras estudadas.

Com relação ao potássio no solo, as análises de fertilidade desenvolvidas no ano de 2014, mostraram haver grande amplitude nos resultados, tendo-se observado de 30 a 334 mg.kg⁻¹ desse nutriente dentre as lavouras analisadas nesse ano. No segundo ano o resultado foi 40 a 334 mg.kg⁻¹. Apesar disso, a média dos teores apontaram para 146,1 mg.kg⁻¹ (2014) e 153,51 mg.kg⁻¹ (2015), que correspondem a teores dentro da faixa capaz de suportar boa produtividade (Guimarães et al., 1999).

Para lavouras de café na fase adulta, recomenda-se que seja mantido um teor de 120 a 200 mg/dm³ de K no solo (Guimarães et al., 1999). O excesso de potássio 334 mg/dm³ observado nesse estudo está relacionado ao uso inadequado de fertilizantes (D'almeida et al., 2005; Epstein e Bloom, 2006). O cloreto de potássio deve ser aplicado em quantidade ideal, uma vez que esse fertilizante apresenta elevado índice salino (Malavolta, 2006).

Conforme Catani e Pellegrino (1960) o P-rem do solo é um índice da capacidade de retenção de P pelo solo, ou seja, quanto maior a capacidade de retenção de P pelo solo, menor será o valor de P-rem. O valor máximo de P-rem no solo dentre as propriedades rurais participantes do projeto Grãos do Caparaó foi de 45,7 (Tabela 9), indicando que alguns desses solos apresentam baixa capacidade de retenção de P. Para Catani e Pellegrino (1960), quanto mais argiloso for um solo, maior será a adsorção de fosfatos e menor os valores de P-rem.

Tabela 9 – Análise descritiva (média, desvio-padrão, coeficiente de variação, mínimo e máximo) das variáveis químicas do solo nos anos de 2014 e 2015, na Região do Caparaó

Variável	Média		Desvio		CV%		Mínimo		Máximo	
	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015
pH unid.	5,1	5,35	0,6	0,68	11,76	12,71	4	4	6,5	6,5
Ca+Mg cmol _c /dm ³	3,19	4,22	1,59	2,07	49,84	49,05	0,7	1	8	7,6
Ca cmol _c /dm ³	2,51	3,35	1,27	1,67	50,59	49,85	0,6	0,8	6,5	6,2
Mg cmol _c /dm ³	0,67	0,87	0,33	0,41	49,25	47,12	0,1	0,2	1,6	1,4
Al cmol _c /dm ³	0,58	0,42	0,5	0,5	86,20	119,04	0	0	2,69	2,03
H+Al cmol _c /dm ³	6,82	5,58	1,67	2,15	24,48	38,53	2,8	1,6	9,6	8,7
K mg/dm ³	146,1	153,51	65,43	69,43	44,78	45,22	30	40	334	334
P-Mehlich mg/dm ³	20,68	23,74	18,11	18,53	87,57	78,05	2,2	3,5	69,5	68,6
P-rem mg/L	20,57	20,83	5,41	7	26,30	33,60	10,4	7,7	31,2	45,7
S mg/dm ³	32,94	32,4	13,24	15,06	40,19	46,48	9	12	57	62
MO dag/dm ³	3,09	3,3	1,04	1	33,65	30,30	1,2	1,6	6	5,9
Zn mg/dm ³	3,7	2,57	3,62	2,8	97,83	0,10	0,3	0,2	22,7	15,8
B mg/dm ³	0,59	0,47	0,27	0,21	45,76	44,68	0,09	0,19	1,21	1,1
Cu mg/dm ³	1,98	1,09	2,94	2	148,4	166,05	0,3	0,2	23,6	12,3
Fe mg/dm ³	80,77	75,1	42,53	37,65	52,65	50,13	23	31	299	182
Mn mg/dm ³	21,93	17,25	18,89	17,17	86,13	99,53	5,2	4	90,3	92,9

4.1.2 Química do grão

Dentre os nutrientes minerais nos grãos, o S foi o elemento que apresentou o menor CV, com 10,60% (Tabela 10). Em lavouras de café do Caparaó, as concentrações médias de N e K em grãos, foram de 14,68 g. kg⁻¹ e 10,42 g. kg⁻¹, respectivamente. Para Clemente (2010), concentrações de 2,20 dag/kg de N e 1,82 dag/kg de K em grãos, estão associadas à melhor qualidade do café. Ainda de acordo com Clemente (2010), o N não influencia a produção de café cereja, e não há necessidade em altas doses de N para alcançar a qualidade.

Conforme Borém et al. (2007), o íon presente em maior quantidade nos grãos de café é o potássio. Para uma maior produtividade de grãos é necessária uma eficiente transformação de nutrientes em compostos de reserva, e uma eficiente canalização desses elementos para o grão (Malavolta, 1999).

4.1.3 Granulometria/Peneira

O grupo de variáveis físicas dos grãos apresentaram altos CV's (Tabela 11). É natural a baixa presença de grãos do tipo moca em cafés especiais do Caparaó. Além disso, esses cafés tendem a apresentar maior número de grãos chato, peneira 15 acima. Chato 16 e 17, tiveram uma média de 20,79 e 31,27 número de grãos, respectivamente, na colheita de 2014 (Tabela 11). O déficit hídrico na fase chumbinho (outubro a dezembro) resulta em grãos de peneira baixa e redução na produtividade (Custódio et al., 2007).

Tabela 10 – Análise descritiva (média, desvio-padrão, coeficiente de variação, mínimo e máximo) das variáveis químicas do grão nos anos de 2014 e 2015, na Região do Caparaó

Variável	Média		Desvio		CV%		Mínimo		Máximo	
	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015
N g. kg ⁻¹	14,68	14,7	2,2	2,1	14,98	14,28	3,96	9,8	21,94	18,9
P g. kg ⁻¹	0,73	0,94	0,18	0,21	24,65	22,34	0,44	0,6	1,24	1,4
K g. kg ⁻¹	10,42	7,94	1,75	1,4	16,79	17,63	6,38	5,2	14,99	12
Ca g. kg ⁻¹	1,57	1,27	0,54	0,44	34,39	34,64	0,44	0,5	3,02	2,5
Mg g. kg ⁻¹	1,43	1,03	0,25	0,23	17,48	22,33	0,99	0,7	2,44	1,9
S g. kg ⁻¹	1,95	1,98	0,47	0,21	24,10	10,60	1,32	1,7	3,82	2,9
B mg. kg ⁻¹	22,32	20,52	8,34	3,08	37,36	15,00	10,82	11,25	44,1	26,67
Zn mg. kg ⁻¹	30,16	31,46	10,47	30,91	34,71	98,25	10,79	5,8	57,69	162,25
Mn mg. kg ⁻¹	29,46	21,21	17,62	9,88	59,80	46,58	5,5	11,55	113,12	55,35
Fe mg. kg ⁻¹	114,39	46,37	75	17,37	65,56	37,45	28,34	27,4	406	121,25
Cu mg. kg ⁻¹	28,43	13,83	6,39	3,82	22,47	27,62	10	7,75	43,59	30,25

Tabela 11 - Análise descritiva (média, desvio-padrão, coeficiente de variação, mínimo e máximo) das variáveis físicas do grão (peneira) nos anos de 2014 e 2015, na Região do Caparaó

Variável	Média		Desvio		CV%		Mínimo		Máximo	
	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015
Chato19	8,51	0,6	10,35	1,3	121,62	216,66	0,17	0,14	55,44	9,28
Chato18	20,17	2,31	10,28	2,59	50,96	112,12	0,13	0,1	39,75	12,49
Chato17	31,27	12,51	9,22	9,93	29,48	79,37	0,41	0,24	49,59	42,5
Chato16	20,79	27,73	11,05	9,52	53,15	34,33	1,56	6,41	43,8	41,43
Chato15	7,25	31,24	6,51	8,49	89,79	27,17	0,11	9,05	29,05	48,31
Chato14	1,17	13,1	1,29	9,54	110,25	72,82	0,08	0,85	6,99	42,81
Moca12	2,23	1,51	5,29	4,7	237,21	311,25	0,11	0,07	35	31,09
Moca11	4,48	0,76	5,5	0,51	122,76	67,10	0,71	0,1	36,38	2,15
Moca10	3	2,97	3,44	1,43	114,66	48,14	0,4	0,35	28,3	6,88
Moca9	0,8	4,44	0,71	2,57	88,75	57,88	0,08	1,11	5,23	12,4

4.1.4 Análise Sensorial

As variáveis sensoriais destacaram-se apresentando os menores CV's 1,90% (Tabela 12). Conforme Moreira et al., (2015) existe grande associação entre as variáveis acidez e doçura; a correlação entre elas pode ser superior a 0,60. Uma boa acidez do café contribui para sua vivacidade, aumentando sua percepção de doçura. Variedade, manejo e clima são fatores essenciais que determinam a qualidade sensorial dos cafés na Região do Caparaó.

A correlação significativa entre as características sensoriais é consistente com as observações de Moreira et al. (2015), que destacam correlações positivas entre diversas características sensoriais da bebida. Os autores também apontam que algumas dessas correlações apresentam valores reduzidos, indicando nuances na inter-relação entre as características sensoriais.

No contexto específico da variável sabor, conforme enfatizado por Sobreira et al. (2014), a pontuação atribuída leva em consideração a qualidade, intensidade e complexidade da interação entre sabor e aroma, resultando em uma pontuação total mais elevada. Destaca-se a forte associação entre sabor e a nota total final, podendo atingir valores superiores a 0,90, conforme sugerido por Moreira et al. (2015).

Essas conclusões ressaltam a complexidade e interconectividade das características sensoriais dos grãos de café, proporcionando revelações valiosas para a compreensão da qualidade e das relações entre esses atributos sensoriais específicos. Essa coesão entre as características ressalta a importância do manejo adequado dos grãos, tanto na colheita quanto no pós-colheita, para garantir a qualidade e desenvolver atributos sensoriais únicos.

É relevante destacar que o correto manejo dos grãos contribui não apenas para a melhoria geral da qualidade, mas também para ganhos específicos dentro do grupo de características sensoriais. Esse cuidado pode resultar em um aumento na variável sabor, que, conforme indicado por Sobreira et al. (2014), está diretamente associada a uma maior pontuação total.

Esses resultados sublinham a importância crucial de adotar práticas de manejo específicas na produção de café. Essas práticas não só asseguram a qualidade global do produto, mas também têm o poder de aprimorar atributos sensoriais específicos que desempenham um papel significativo na experiência

do consumidor. Em outras palavras, a atenção dedicada a detalhes específicos durante o cultivo e processamento dos grãos não apenas eleva a qualidade geral, mas também amplifica características sensoriais que agregam valor à percepção gustativa e olfativa dos apreciadores de café.

Esses achados fornecem uma base sólida para estratégias direcionadas, visando otimizar a qualidade dos grãos de café, especialmente nas características identificadas como de maior importância.

Tabela 12 - Análise descritiva (média, desvio-padrão, coeficiente de variação, mínimo e máximo) das variáveis sensoriais do grão nos anos de 2014 e 2015, na Região do Caparaó

Variável	Média		Desvio		CV%		Mínimo		Máximo	
	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015
Aroma	7,75	7,62	0,32	0,27	4,12	3,54	6,58	7	8,83	8,5
Sabor	7,54	7,48	0,49	0,3	6,49	4,01	6	6,75	8,5	8,25
Finalização	7,36	7,31	0,39	0,28	5,29	3,83	6	6,66	8,08	8,16
Acidez	7,54	7,51	0,38	0,24	5,03	3,19	6,16	6,75	8,33	8,25
Corpo	7,38	7,39	0,31	0,25	4,20	3,38	6,08	6,75	7,91	8,08
Balanço	7,33	7,3	0,42	0,28	5,72	3,83	6	6,5	8,25	8,08
Uniformidade	9,98	9,91	0,19	0,57	1,90	5,75	8	6	10	10
Xícara L.	9,98	9,91	0,19	0,57	1,90	5,75	8	6	10	10
Doçura	9,98	10	0,19	0	1,90	0	8	10	10	10
Geral	7,37	7,31	0,56	0,36	7,59	4,92	6	6,33	8,66	8,25
Final	82,18	83,97	2,9	2,28	3,52	2,71	72,91	74,36	87,91	89,41

4.2 Correlações

4.2.1 Fertilidade do solo e nutrição do Cafeeiro

O principal local para onde são transportados os nutrientes absorvidos pelas raízes, são as folhas, sede do metabolismo. Elas refletem bem as mudanças nutricionais. Porém, as técnicas de análise de tecidos utilizadas determinam os teores totais de cada nutriente, mas não mostram a atividade de cada elemento no tecido.

Dessa forma, ter conhecimento sobre a fração ativa é extremamente importante sobretudo para os elementos que podem apresentar uma grande fração de reserva ou imobilizada, como ocorre com os micronutrientes metálicos, a exemplo do ferro. No mundo, não existe normas, nem métodos aceitos para extrair as frações efetivamente ativas dos nutrientes no tecido vegetal (Wadt 1996).

Conforme Nakagawa e Rosolem (2005), os coeficientes de correlação simples, entre os teores de nutrientes na folha bandeira e nos grãos de aveia-preta foram significativos apenas para P (0,62**) e Zn (0,34*). Para estes elementos, os autores sugerem que tenha havido contribuições através da remobilização das folhas para os grãos. Na cultura do milho, houve alta correlação positiva entre a composição mineral nos tecidos foliares e grãos P ($r = 0,81^{***}$), S ($r = 0,8^{***}$), Ca ($r = 0,48^*$), Zn ($r = 0,59^{***}$), Cu ($r = 0,85^{***}$) e Mn ($r = 0,55^*$) (Ferreira et al., 2001).

Além disso, a adubação nitrogenada pode melhorar a qualidade dos grãos de milho, elevando os teores dos nutrientes minerais P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn (Ferreira et al., 2001). Foi verificado aumento no teor de S em grãos de milho em duas localidades com a aplicação de sulfato de amônio (Gallo et al., 1976). Adubação fosfatada aumenta teores de P e K em grãos de milho em um ambiente de cultivo (Gallo et al., 1976).

A partir dos dados obtidos nas diferentes análises realizadas, iniciaram-se os testes de correlação. Na Tabela 13, são apresentadas as correlações entre nutrientes do solo com nutrientes nos grãos de café para o ano de 2014. A quantidade média de B extraído da lavoura no grão é de 38%, quando comparado com a casca, o que corresponde a 4,4 g em uma saca de 60 kg de café

beneficiado (Garcia et al., 2009). De acordo com Bragança et al. (2007), o B é fundamental na formação da parede celular de células novas e nos processos de divisão e alongamento celular, sendo o terceiro micronutriente mais acumulado no cafeeiro.

Observa-se que o Mn no solo apresentou correlação moderada com Mn nos grãos, 0,58, uma vez que a disponibilidade desse nutriente é fortemente influenciada pelo pH, estando mais disponível em pH mais ácido nesse ambiente. Sabe-se que os micronutrientes são exigidos em pequenas quantidades pelas plantas e que os catiônicos estão mais disponíveis em pH mais baixo, conforme descrito para o Mn, anteriormente, enquanto o B, Mo e Cl são mais facilmente disponibilizados para as raízes em pH mais elevado.

Para o ano de 2015, os atributos químicos do solo Ca+Mg, Ca, Mg, Al, K, Mo, Zn e Mn mostraram correlações de baixa a moderada magnitude, negativas e positivas, com o teor de Mn nos grãos de café: -0,33, -0,33, -0,30, 0,39, 0,35, -0,38, 0,41 e 0,42, respectivamente (Tabela 14).

Para Cobre (2016), estudando café conilon, o nutriente mais encontrado nas folhas foi o N, seguido pelo Ca e pelo K. Esse autor afirma que a maior concentração de nutrientes nos frutos pode estar associada à disponibilidade hídrica, o que favorece a absorção desses nutrientes. Segundo Ramírez et al., (2002), é por meio do fluxo de massa que ocorre a translocação de N para os frutos. Na fase reprodutiva do cafeeiro, os frutos são os drenos preferenciais por nutrientes, sua retirada contribui para o aumento na concentração de nutrientes nas folhas (Rena et al., 1983; Calbo (1989).

Tabela 13 – Correlações de aspectos químicos (nutricional) dos grãos de 110 amostras de café e parâmetros da fertilidade dos solos das respectivas lavouras analisadas no ano de 2014 na região do Caparaó

Nutriente no grão/Fertilidade do solo	pH	Ca	H+Al	P-Mehlich	S	M.O.	B	Mn
N	-0,12 ^{NS}	-0,07 ^{NS}	0,13 ^{NS}	0,15 ^{NS}	0,03 ^{NS}	0,06 ^{NS}	-0,09 ^{NS}	0,25*
P	0,15 ^{NS}	0,18*	-0,12 ^{NS}	0,09 ^{NS}	0,09 ^{NS}	0,09 ^{NS}	-0,13 ^{NS}	0,07 ^{NS}
K	0,06 ^{NS}	0,11 ^{NS}	-0,04 ^{NS}	-0,002 ^{NS}	0,19*	0,11 ^{NS}	-0,15 ^{NS}	0,07 ^{NS}
Ca	0,002 ^{NS}	-0,09 ^{NS}	-0,05 ^{NS}	-0,17 ^{NS}	0,08 ^{NS}	-0,15 ^{NS}	-0,07 ^{NS}	0,07 ^{NS}
Mg	-0,04 ^{NS}	0,06 ^{NS}	0,03 ^{NS}	-0,11 ^{NS}	0,09 ^{NS}	0,13 ^{NS}	-0,21*	-0,09 ^{NS}
S	0,01 ^{NS}	0,01 ^{NS}	-0,03 ^{NS}	0,05 ^{NS}	0,23*	-0,01 ^{NS}	-0,05 ^{NS}	-0,07 ^{NS}
B	0,08 ^{NS}	-0,13 ^{NS}	-0,10 ^{NS}	-0,09 ^{NS}	0,05 ^{NS}	-0,27*	-0,12 ^{NS}	0,21*
Zn	0,10 ^{NS}	0,05 ^{NS}	-0,09 ^{NS}	0,21*	-0,11 ^{NS}	-0,04 ^{NS}	-0,02 ^{NS}	-0,18*
Mn	-0,02 ^{NS}	-0,12 ^{NS}	-0,04 ^{NS}	-0,10 ^{NS}	0,18*	-0,20*	-0,21*	0,58**
Cu	0,19*	0,04 ^{NS}	-0,20*	0,02 ^{NS}	0,19*	-0,25*	-0,15 ^{NS}	0,31**

^{NS} = não significativo estatisticamente, pelo teste “t” ao nível de 5% de probabilidade. * = significativo estatisticamente, pelo teste “t” ao nível de 5% de probabilidade. ** = significativo estatisticamente, pelo teste “t” ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 14 – Correlações de aspectos químicos (nutricional) dos grãos de 110 amostras de café e parâmetros da fertilidade dos solos das respectivas lavouras analisadas no ano de 2015 na região do Caparaó

Nutriente no grão/Fertilidade do solo	pH	Ca+Mg	Ca	Mg	Al	K	S	Mo	Zn	Mn
P	0,05 ^{NS}	0,14 ^{NS}	0,16 ^{NS}	0,08 ^{NS}	-0,06 ^{NS}	0,07 ^{NS}	0,15 ^{NS}	0,06 ^{NS}	-0,13 ^{NS}	0,29*
K	-0,009 ^{NS}	-0,11 ^{NS}	-0,12 ^{NS}	-0,08 ^{NS}	-0,03 ^{NS}	-0,10 ^{NS}	0,008 ^{NS}	-0,26*	0,009 ^{NS}	0,26*
Ca	0,16 ^{NS}	0,08 ^{NS}	0,07 ^{NS}	0,11 ^{NS}	-0,21*	0,22*	0,24*	-0,22*	-0,13 ^{NS}	0,15 ^{NS}
Mg	0,09 ^{NS}	0,04 ^{NS}	0,03 ^{NS}	0,09 ^{NS}	-0,14 ^{NS}	0,22*	0,16 ^{NS}	-0,20*	0,09 ^{NS}	0,34**
S	0,003 ^{NS}	0,06 ^{NS}	0,07 ^{NS}	0,03 ^{NS}	-0,01 ^{NS}	0,10 ^{NS}	0,06 ^{NS}	0,04 ^{NS}	-0,05 ^{NS}	0,32**
Zn	-0,18*	-0,09 ^{NS}	-0,10 ^{NS}	-0,08 ^{NS}	0,30**	0,22*	0,05 ^{NS}	0,01 ^{NS}	0,16 ^{NS}	0,10 ^{NS}
Mn	-0,29*	-0,33**	-0,33**	-0,30**	0,39**	0,35**	0,23*	-0,38**	0,41**	0,42**
Fe	-0,005 ^{NS}	-0,09 ^{NS}	-0,11 ^{NS}	-0,03 ^{NS}	-0,04 ^{NS}	0,18*	0,27*	-0,27*	-0,09 ^{NS}	0,15 ^{NS}
Cu	-0,05 ^{NS}	-0,08 ^{NS}	-0,09 ^{NS}	-0,06 ^{NS}	0,09 ^{NS}	0,17 ^{NS}	0,07 ^{NS}	-0,35**	0,13 ^{NS}	0,24*

^{NS} = não significativo estatisticamente, pelo teste “t” ao nível de 5% de probabilidade. * = significativo estatisticamente, pelo teste “t” ao nível de 5% de probabilidade. ** = significativo estatisticamente, pelo teste “t” ao nível de 1% de probabilidade.

Conforme Valarini et al. (2005), a folha do cafeeiro passa a ser potencial exportadora de nutrientes após terminar sua total expansão. Para Calbo (1989), com a degradação dos compostos celulares tanto os fotoassimilados quanto os elementos minerais móveis, especialmente N e K, são migrados para drenos preferenciais, como os frutos, resultando na queda da folha. A excessiva mobilização de nutrientes pelos frutos é resultado da grande carga e pequena razão folha/fruto, causando severos desfolhamento no cafeeiro, característico da espécie (Rena et al., 1983). A demanda por nutrientes continua mesmo em ano de baixa produção onde os nutrientes serão direcionados para a formação de novos ramos, crescimento de ramos plagiotrópicos, folhas e raízes substituindo o fruto como dreno de nutrientes e carboidratos (Malavolta, 2002).

De acordo com Valarini et al. (2005), há diminuição nos teores de potássio na folha no período que vai da fase de “fruto chumbinho” para o estágio de fruto verde, entre dezembro e fevereiro e isso ocorre, provavelmente, devido à redistribuição direcionada para o enchimento do grão. Nesse trabalho, entre dezembro e maio, foi observado decréscimo nos teores de macronutrientes nas folhas, exceto o cálcio, cuja concentração aumentou. Esse comportamento revela que o cálcio tem pouca mobilidade dentro da planta (Valarini et al., 2005).

O suprimento do grão pode estar ocorrendo diretamente do solo, por remobilização de folhas mais velhas, por outras partes da planta ou por diversas vias simultaneamente (Valarini et al., 2005). Ainda nesse experimento, não foi possível identificar esses mecanismos, e não há evidências da remobilização dos nutrientes do solo para o grão. Conforme Valarini et al., (2005) a casca acumulou mais potássio e cálcio enquanto o grão acumulou mais nitrogênio, fósforo, magnésio e enxofre.

Os solos brasileiros ocupados pela cafeicultura apresentam, naturalmente, elevados teores de Fe e Mn (Furlani Junior et al., 2004). Apesar de não ser uma relação de causa e efeito, correlações de maior magnitude eram esperadas entre Mn no solo com Mn nos grãos, uma vez que este é um dos micronutrientes mais presente no tecido foliar de cafeeiro, só é superado pelo ferro (Catani et al., 1989). Correlação moderada positiva entre teor de Zn no solo com teor de Mn no grão, indica que houve uma boa disponibilidade de Zn no solo no segundo ano de pesquisa, o que acontece em função do baixo pH dos solos do Caparaó (Tabela 14).

4.2.2 Influência da nutrição do grão em aspectos sensoriais

Em nutrição de plantas, o potássio tem sido considerado o “elemento da qualidade”, há muito tempo (Zehler et al., 1986; Malavolta et al., 1997). Conforme Arcila-Pulgarin e Valência-Aristizábal (1975), a fertilização potássica proporcionou aumento no teor de K nos grãos, mas não houve correlação significativa com a atividade da enzima polifenoloxidase.

Santinato et al. (1996), estudando a influência da adubação potássica na qualidade da bebida do café, utilizaram doses crescentes iguais a 0, 114, 145 e 208 kg de K.ha⁻¹ na forma de KNO₃ em um Latossolo Vermelho Amarelo. A cultivar utilizada neste experimento foi a Acaiá. Esses autores relatam que não foi encontrado melhoria da bebida, avaliada pela prova de xícara.

Já no estudo realizado por Silva et al. (1999), em que foi observado o efeito de fontes e doses de K na composição química e físico-química de grãos de café beneficiados, o sulfato de potássio foi a fonte que proporcionou melhor qualidade do café.

Os resultados encontrados neste trabalho colocam em dúvida a influência de alguns nutrientes como o potássio e o nitrogênio na melhoria da qualidade da bebida, como afirmam muitos trabalhos científicos publicados (Tabela 15). A aplicação de K₂SO₄ via foliar aumentou a pontuação da qualidade da bebida do café a 80 pontos podendo ser classificado como especial (Moreira, 2020). As grandes empresas de fertilizantes também defendem que as adubações com fonte de potássio melhoram a nutrição do grão e, conseqüentemente, a qualidade da bebida, porém, são desconhecidos os critérios utilizados para chegar nestes resultados.

Conforme Farnezi et al. (2010), o desequilíbrio nutricional, calculado pelo índice DRIS, proporciona baixa produtividade, diferentemente de quando há equilíbrio nutricional. Mas em ambos os casos, pode ocorrer tanto a obtenção de café de baixa qualidade (bebida “rio” e “riada”), quanto a obtenção de café especial (bebida “mole, apenas mole” e “estritamente mole”). Essa observação mostra a dificuldade da ciência no estudo da associação entre nutrição de plantas e qualidade da bebida.

Tabela 15 - Correlações de atributos sensoriais (protocolo SCAA e teores de nutrientes em grãos de 110 amostras de café de lavouras da região do Caparaó analisadas no ano 2014

Atributo sensorial/Nutriente no grão	N	P	K	B	Mn
Aroma	-0,25*	0,24*	0,002 ^{NS}	-0,15 ^{NS}	-0,18*
Acidez	-0,14 ^{NS}	0,17*	-0,16 ^{NS}	-0,20*	-0,26*
Balanço	-0,16 ^{NS}	0,06 ^{NS}	-0,27*	-0,19*	-0,24*
Corpo	-0,18*	0,11 ^{NS}	-0,18*	-0,23*	-0,25*
Final	-0,14 ^{NS}	0,16 ^{NS}	-0,17*	-0,19*	-0,22*
Finalização	-0,20*	0,17*	-0,15 ^{NS}	-0,21*	-0,24*
Geral	-0,15 ^{NS}	0,15 ^{NS}	-0,19*	-0,18*	-0,26*
Sabor	-0,12 ^{NS}	0,18*	-0,15 ^{NS}	-0,20*	-0,22*

^{NS} = não significativo estatisticamente, pelo teste “t” ao nível de 5% de probabilidade. * = significativo estatisticamente, pelo teste “t” ao nível de 5% de probabilidade. ** = significativo estatisticamente, pelo teste “t” ao nível de 1% de probabilidade. * Protocolo desenvolvido pela *Specialty Coffee Association of America* (SCAA, 2015).

4.2.3 Relações entre nutrição do grão e Granulometria/Peneira

Correlação moderada positiva de 0,42 entre o teor de Fe nos grãos com a peneira Moca 9 indica que, possivelmente, o Fe apresentou uma grande fração de reserva ou imobilizada, em algumas lavouras do Caparaó e boa canalização deste elemento para os grãos. Existe uma possibilidade de maior acúmulo de nutrientes em grãos Moca, uma vez que este grão não compete por nutriente com outro grão, dentro do fruto. São necessários mais estudos a respeito da nutrição do grão Moca (Tabela 16). Esperava-se com essas análises a obtenção de correlações mais fortes entre o potássio no grão com as variáveis de grãos chatos (Tabelas 16 e 17).

Na literatura, são encontrados estudos que focam na reposição das quantidades exportadas de micronutrientes pelos grãos, evitando deficiências, sobretudo em solos naturalmente pobres desses elementos. A aplicação de Zn e B na adubação é importante para o incremento na produtividade de grãos (Neves et al., 2011; Martinez et al., 2014). Não há relatos de uma possível associação entre estes nutrientes com os aspectos físicos dos grãos de café.

Esses resultados sugerem que um aumento no número de grãos Moca graúdo (peneira 11) em trabalhos futuros pode ser obtido independentemente da capacidade do solo em reter P. O aumento no número de grãos Moca 11 pode estar associado a outros fatores ambientais como a disponibilidade hídrica, por exemplo. O estudo do “Grão Moca” é do interesse dos produtores, uma vez que esse grão possui um valor comercial inferior ao grão chato.

Um estudo desenvolvido por Leão (2018), apontou que houve maior quantidade de grãos defeituosos verdes e ardidos com o aumento na adubação nitrogenada e potássica. Além disso, foi possível observar uma diminuição na quantidade de grãos moca médio, com decréscimo de 0,53% para cada 30% de incremento na adubação (Leão 2018).

Tabela 16 – Correlações dos aspectos físicos (peneira) e teores de nutrientes em grãos de 110 amostras de café de lavouras da região do Caparaó analisadas no ano 2014

Peneira/Nutriente no grão	K	Ca	S	Mn	Fe	Cu
Chato19	0,17*	0,02 ^{NS}	0,19*	0,35*	-0,20*	0,28*
Chato18	0,28*	-0,11 ^{NS}	0,19*	0,26*	-0,30*	0,29*
Chato16	-0,16 ^{NS}	0,06 ^{NS}	-0,14 ^{NS}	-0,26*	0,18*	-0,26*
Chato15	-0,14 ^{NS}	0,11 ^{NS}	-0,11 ^{NS}	-0,20*	0,22*	-0,20*
Chato14	-0,06 ^{NS}	0,05 ^{NS}	-0,13 ^{NS}	-0,10 ^{NS}	0,15 ^{NS}	-0,20*
Chato graúdo	0,25*	-0,10 ^{NS}	0,23*	0,27*	-0,31**	0,29*
Chato médio	-0,16 ^{NS}	0,08 ^{NS}	-0,14 ^{NS}	-0,25*	0,20*	-0,26*
Chato miúdo	-0,05 ^{NS}	0,05 ^{NS}	-0,06 ^{NS}	-0,07 ^{NS}	0,22*	-0,15 ^{NS}
Peneira 16 acima	0,21*	-0,09 ^{NS}	0,19*	0,15 ^{NS}	-0,29*	0,22*
Moca11	-0,13 ^{NS}	0,01 ^{NS}	-0,12 ^{NS}	-0,04 ^{NS}	0,20*	-0,05 ^{NS}
Moca10	-0,21*	0,09 ^{NS}	-0,17*	-0,08 ^{NS}	0,35*	-0,09 ^{NS}
Moca9	-0,17*	0,23*	-0,19*	-0,09 ^{NS}	0,42**	-0,09 ^{NS}
Moca graúdo	-0,10 ^{NS}	0,006 ^{NS}	-0,10 ^{NS}	-0,01 ^{NS}	0,19*	-0,01 ^{NS}
Moca médio	-0,21*	0,09 ^{NS}	-0,17*	-0,08 ^{NS}	0,35**	-0,09 ^{NS}

^{NS} = não significativo estatisticamente, pelo teste “t” ao nível de 5% de probabilidade. * = significativo estatisticamente, pelo teste “t” ao nível de 5% de probabilidade. ** = significativo estatisticamente, pelo teste “t” ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 17 - Correlações dos aspectos físicos (peneira) e teores de nutrientes em grãos de 110 amostras de café de lavouras da região do Caparaó analisadas no ano 2015

Peneira/Nutriente no grão	N	P	K	Mg	S	B	Zn
Chato18	-0,10 ^{NS}	0,38 ^{**}	-0,02 ^{NS}	0,23 [*]	0,13 ^{NS}	0,31 ^{**}	0,24 [*]
Chato17	-0,34 ^{**}	0,39 ^{**}	0,10 ^{NS}	0,35 ^{**}	0,22 [*]	0,16 ^{NS}	0,17 [*]
Chato16	-0,12 ^{NS}	0,21 [*]	0,12 ^{NS}	0,16 ^{NS}	0,33 ^{**}	0,04 ^{NS}	-0,10 ^{NS}
Chato15	0,24 [*]	-0,36 ^{**}	-0,008 ^{NS}	-0,31 ^{**}	-0,18 [*]	-0,20 [*]	-0,13 ^{NS}
Chato14	0,23 [*]	-0,33 ^{**}	-0,01 ^{NS}	-0,17 [*]	-0,31 ^{**}	-0,07 ^{NS}	0,00 ^{NS}
Moca11	-0,06 ^{NS}	0,08 ^{NS}	-0,26 [*]	-0,02 ^{NS}	-0,08 ^{NS}	0,26 [*]	0,34 ^{**}
Moca10	0,22 [*]	-0,04 ^{NS}	-0,39 ^{**}	-0,21 [*]	0,24 [*]	-0,25 [*]	-0,08 ^{NS}
Moca9	0,33 ^{**}	-0,29 [*]	-0,24 [*]	-0,33 ^{**}	-0,07 ^{NS}	-0,35 ^{**}	-0,01 ^{NS}
Chato graúdo	-0,31 ^{**}	0,33 ^{**}	0,02 ^{NS}	0,27 [*]	0,18 [*]	0,13 ^{NS}	0,17 [*]
Chato miúdo	0,11 ^{NS}	-0,24 [*]	-0,03 ^{NS}	-0,13 ^{NS}	-0,29 [*]	-0,06 ^{NS}	0,00 ^{NS}

^{NS} = não significativo estatisticamente, pelo teste “t” ao nível de 5% de probabilidade. * = significativo estatisticamente, pelo teste “t” ao nível de 5% de probabilidade. ** = significativo estatisticamente, pelo teste “t” ao nível de 1% de probabilidade.

O B apresenta papel fundamental em processos fisiológicos da planta, impactando diretamente a produtividade do cafeeiro (Pauletti e Mota 2017). Este nutriente merece atenção especial na germinação dos grãos de pólen, no crescimento do tubo polínico, na formação da parede celular e na translocação de carboidratos, processos fundamentais na produção de grãos (Ambrosano et al., 1997; Fageria et al., 2007; Pauletti e Mota 2017).

Além do boro, o cálcio é um elemento indispensável na germinação do grão de pólen, no crescimento do tubo polínico e na fecundação da flor (Malavolta et al., 2002); Rena e Favaro 2000). Suprimento inadequado de P e Ca influencia negativamente na fertilização das flores do cafeeiro, aumentando a porcentagem de grãos moca (Laviola et al., 2006).

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Não existe correlação entre teor de potássio no solo com o teor de potássio nos grãos. Além disso, não foi possível identificar nenhuma correlação entre nutrientes no solo com os aspectos sensoriais da bebida em 110 amostras de solo e café em dois anos de pesquisa.

Os resultados sugerem que não há correlação de maior magnitude entre parâmetros de fertilidade do solo, composição química dos grãos crus e análises físicas (peneira) em 110 amostras de solo e café em dois anos de pesquisa.

Os altos coeficientes de variação observados, dificultam a obtenção de correlações mais fortes, sobretudo com o grupo de variáveis sensoriais, que apresentaram baixos CV's.

REFERÊNCIAS

- Abrahão, S. A., Pereira, R. G. F. A., Duarte, S. M. D. S., Lima, A. R., Alvarenga, D. J., e Ferreira, E. B. (2010). Compostos bioativos e atividade antioxidante do café (*Coffea arabica* L.). *Ciência e Agrotecnologia*, 34(2), 414-420.
- Alpizar, E., Bertrand, B., (2004). Incidence of elevation on chemical composition and beverage quality of coffee in Central America. *In: 20th International Conference in Coffee Science*. October 2004, Bangalore. ASIC, Bangalore, India, 1 CD-ROM. p. 11-15.
- Ambrosano, E. J.; Wutke, E. B.; Bulisani, E. A.; Cantarella, H. Feijão. (1997). In: Raij, B., Van; Cantarella, H.; Quaggio, J. A.; Furlani, A. M. C. (Ed.). *Recomendação de adubação e calagem para o estado de São Paulo*. 2.ed. Campinas: Instituto Agronômico. (Boletim Técnico, 100). p. 194-195.
- Amorim, H. V. (1970) — Nutritional status of the coffee plant and beverage quality. *Indian Coffee*, 34: 331-335.
- Amorim, H. V., L. C. Scoton, A. De Castilho, F. Pimentel Gomes, E. Malavolta. (1965). Estudo sobre a alimentação mineral do cafeeiro. XVII. Efeito da adubação N, P, e K, na composição química do solo, do fruto e na qualidade da bebida. (Nota preliminar). *Anais ESALQ*, 22: 130-152.
- Amorim, H. V., L. C. Scoton, A. De Castilho, F. Pimentel Gomes, E. Malavolta. (1967). Estudo sobre a alimentação mineral do cafeeiro. XXI. Efeito da

- adubação N P e K e orgânica na composição mineral do grão e na qualidade da bebida. (2.^a Nota). *Anais da ESALQ*, 24: 215-227.
- Androcioli, A., Lima, F. B., Trento, E. J., Carneiro, F., Caramori, P. H., e Scholz, M. B. D. S. (2003). Caracterização da qualidade da bebida dos cafés produzidos em diversas regiões do Paraná. *In: Simpósio da pesquisa de cafés do Brasil*, 3., Porto Seguro. Brasília: Embrapa Café, p. 256-257.
- Arcila-Pulgarin, J.; Valência-Aristizábal, G. (1975). Relacion entre la actividade de la polifenol oxidasa (P.F.O.) y las pruebas de catacion como medidas de la calidad de la bebida del cafe. *Cenicafé*, v.26, p.55-71.
- Barbosa, C. D.; Figueiredo, C. M. (2016). *Caracterização física e sensorial de café arábica com foco na florada de março*. TCC (Graduação em Tecnologia em Cafeicultura) - Instituto Federal do Espírito Santo, 44 p.
- Blore, T. W. D. (1965) — Some organic practices affecting the quality of Keny a coffee. *Turrialba*, 15: 111-118.
- Borém, F. M., Ribeiro, F. C., Figueiredo, L. P., Giomo, G. S., Fortunato, V. A., e Isquierdo, E. P. (2013). Evaluation of the sensory and color quality of coffee beans stored in hermetic packaging. *Journal of stored products research*, 52, 1-6.
- Borém, F. M.; Reinato, C. H. R.; Chagas, S. J. R.; Oliveira, E. C.; Silva, P.J. (2007). Características química e físico-química do café (*Coffea arabica* L.) secado em diferentes pavimentações e espessuras de camadas. *In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*. Águas de Lindóia – SP, p. 5.
- Bragança, S.M.; Martinez, H.E.P.; Leite, H.G.; Santos, L.P.; Sediyaama, C.S.; Alvarez, V.V.H.; Lani, J.A. (2007). Acúmulo de B, Cu, Fe, Mn E Zn pelo cafeeiro conilon. *Revista Ceres*, v. 54, n. 314, p. 398-404.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 8, de 11 de junho de (2003). Aprova o regulamento técnico da identidade e de qualidade para a classificação de café beneficiado grão cru. Endereço: [Http://www.ministerio.gov.br](http://www.ministerio.gov.br). Acesso: 23 jul. 2020.
- Calbo, A.G. (1989). Senescência em folhas e migração de solutos. *In: Sodek, L.; Castro, P.R.C.; Neves, M. C. P. Reunião Brasileira de fisiologia vegetal*, 2. *Anais: Piracicaba: Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal*, p.123-134.

- Camargo, Â. P. (1985). Florescimento e frutificação de café arábica nas diferentes regiões (cafeeiras) do Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 20(7), 831-839.
- Camargo, Â. P. D., e Camargo, M. B. P. D. (2001). Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. *Bragantia*, 60(1), 65-68.
- Camargo, A.P.; Franco, C.F. (1985). Clima e fenologia do cafeeiro. In: *Cultura de café no Brasil: manual de recomendações*. 5.ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro do Café, Ministério da Indústria e Comércio, p.19-50.
- Carmo, C. D. S., de Araujo, W. S., Bernardi, A. D. C., e Saldanha, M. F. C. (2000). *Métodos de análise de tecidos vegetais utilizados na Embrapa Solos*. Circular técnica nº 6. Embrapa Solos, Rio de Janeiro, p. 41.
- Carvalho, V. D. (1998). *Cafeicultura empresarial: produtividade e qualidade*. Monografia (Especialização *Lato Sensu*) - Universidade Federal de Lavras. Fundação de Apoio, Ensino, Pesquisa e Extensão. Lavras, p. 73.
- Carvalho, V.D.; Chalfoun, S.M. (1985) Aspectos qualitativos do café. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.11, p.79-92.
- Castro, P. R., Kluge, R. A., e Peres, L. E. P. (2005). Manual de fisiologia vegetal: teoria e prática. Piracicaba, São Paulo: *Agronômica Ceres*, p. 650.
- Castro, R. D., e Marraccini, P. (2006). Cytology, biochemistry and molecular changes during coffee fruit development. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18, 175-199.
- Catani R.A. e Moraes F.R.P. (1958). A composição química do cafeeiro. *Revista de agricultura*, 33, 45-52.
- Catani R.A., Pellegrino D., Bittencourt V.C., Jacintho A.O. e Graner C.A.F. (1989). A concentração e a quantidade de micronutrientes e de alumínio no cafeeiro aos dez anos de idade. *Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz*, 46, 403-431.
- Catani, R. A.; Pellegrino, D. (1960). Avaliação da capacidade de fixação de fósforo pelo solo. *Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz*, v. 17, p. 19-27.

- Chagas, S.D.R., Pozza, A., e Guimarães, M. (2002). Aspectos da colheita, preparação e qualidade do café orgânico. *Relatório Agrícola*, Belo Horizonte, 23, 127-135.
- Charnet, R., Freire, C.D.L., Charnet, E.M., e Bonvino, H. (1999). Análise de modelos de regressão linear com aplicações. *Campinas: Unicamp*, 356p, 1999.
- Clemente, J.M. (2010) *Nutrição nitrogenada e potássica afetando crescimento, produção, composição química e qualidade da bebida de Coffea arabica*. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Viçosa – MG, Universidade Federal de Viçosa – UFV, 52p.
- Clemente, J.M., Martinez, H.E.P., Alves, L.C., e Lara, M.C.R. (2013). Effect of N and K doses in nutritive solution on growth, production and coffee bean size. *Revista Ceres*, 60, 279-285.
- Clifford, M. N. (1985). Chemical and physical aspects of green coffee and coffee products. *Springer, Boston, MA. In Coffee* (pp. 305-374).
- Coelho, K. F. (2000). *Avaliação química e sensorial da qualidade do café de bebida estritamente mole após a inclusão de grãos defeituosos*. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, 96 p.
- CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. (2020). Acompanhamento da safra brasileira de café, quarto levantamento, Brasília, v. 6, nº. 4, p. 1-45.
- Cortez, J.G. (1997). Adaptação climática para a qualidade da bebida nas principais regiões cafeeiras de Minas Gerais. *Agricultural Report*, 18 (1), 27-32.
- Cortez, J.G. (2001). *Efeito de espécies e cultivares e do processamento agrícola e industrial nas características da bebida do café*. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. 71p.
- Costa, C.; Bessa, F. (2014). A cafeicultura familiar brasileira no contexto do Ano Internacional da Agricultura Familiar. *Consórcio Pesquisa Café*. Disponível em: www.consorcioquesquisacafe.com.br. Acesso em: 16 de março de 2021.
- Covre, A. M. (2016). *Crescimento vegetativo e acúmulo de nutrientes em frutos de cafeeiro conilon irrigado e não irrigado, na região atlântica da Bahia, Brasil*.

Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) – Universidade Federal do Espírito Santo, 148 f.

- Cruz, C. D. (1997). *Programa Genes: aplicativo computacional em genética e estatística*. Viçosa: UFV. Vol. 1, 442p.
- Cruz, C. D., Regazzi, A. J., e Carneiro, P. C. S. (2004). Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético (*Viçosa, Editora UFV, 1, 480p-480p*).
- Custódio, A. A. D. P., Gomes, N. M., e Lima, L. A. (2007). Efeito da irrigação sobre a classificação do café. *Engenharia Agrícola, 27(3)*, 391-701.
- D'Almeida, D. M., Andrade, E. M., Meireles, A., e Ness, R. L. (2005). Importância relativa dos íons na salinidade de um Cambissolo na Chapada do Apodi, Ceará. *Engenharia Agrícola, 25*, 615-621.
- Effgen, T. A. M., Passos, R. R., Lima, J. D. S., Borges, E. N., Dardengo, M. C. J. D., e Reis, E. D. (2008). Atributos químicos do solo e produtividade de lavouras de cafeeiro conilon submetidas a diferentes tratos culturais no sul do estado do Espírito Santo. *Bioscience Journal, 24(6)*, 7-18.
- Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. (1997). Manual de métodos de análise do solo. Brasília: Produção de Informação, 212 p.
- Epstein, E.; Bloom, A. J. (2006). Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. Londrina: *Editora Planta*. 403p.
- Fagan, E. B., de Souza, C. H. E., Pereira, N. M. B., e Machado, V. J. (2011). Efeito do tempo de formação do grão de café (*Coffea* sp) na qualidade da bebida. *Bioscience Journal, 27(5)*.
- Fageria, N. K., Santos, A. B. D., e Cutrim, V. D. A. (2007). Produtividade de arroz irrigado e eficiência de uso do nitrogênio influenciadas pela fertilização nitrogenada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, 42*, 1029-1034.
- Farber, L.; Larson, R. (2015). *Estatística Aplicada*. 6ª Edição, Editora Pearson.
- Farnezi, M. M. D. M., Silva, E. D. B., Guimarães, P. T. G., e Pinto, N. A. V. D. (2010). Levantamento da qualidade da bebida do café e avaliação do estado nutricional dos cafeeiros do Alto Jequitinhonha, Minas Gerais, através do DRIS. *Ciência e Agrotecnologia, 34*, 1191-1198.
- Favarin, J. L., Villela, A. L. G., Moraes, M. H. D., Chamma, H. M. C. P., Costa, J. D., e Dourado-Neto, D. (2004). Qualidade da bebida de café de frutos cereja

- submetidos a diferentes manejos pós-colheita. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 39(2), 187-192.
- Ferrão, R. G., Fornazier, M. J., Ferrão, M. A. G., Prezotti, L. C., Fonseca, A. D., Alixandre, F. T., e Ferrão, L. F. V. (2008). Estado da arte da cafeicultura no Espírito Santo. *Seminário para a sustentabilidade da cafeicultura*, 1, 29-47.
- Ferrão, R., Moreli, A., Ferrão, M., Guarçoni, R., Caliman, L., Fileti, D. S., Fonseca, A. F. A. (2009). Qualidade do café arábica em diferentes altitudes no Espírito Santo. *Anais do VI Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*, Vitória – ES, p. 6.
- Ferreira, A. C. D. B., Araújo, G. A. D. A., Pereira, P. R. G., e Cardoso, A. A. (2001). Características agrônômicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. *Scientia Agricola*, 58, 131-138.
- Ferreira, J. T., Ferreira, E., Oliveira, M., Silva, G., Oliveira Filho, J., e Santos, J. W. (2013). Avaliação da fertilidade dos solos cultivados com café Conilon (*Coffea canephora*) no município de Santa Teresa–ES. *Enciclopédia Biosfera*, 9(16).
- Furlani Junior E., Alves C.C., Lazarini E., Ferrari S. (2004). Aplicação de calcário e boro em cafeeiro (*Coffea arabica* L.). *Cultura Agronômica*, 13:1-25.
- Gallo, J. R., Teixeira, J. P. F., Spoladore, D. S., Igue, T., e de Miranda, L. T. (1976). Influência da adubação nas relações entre constituintes químicos dos grãos, dos grãos e das folhas, e a produção de milho. *Bragantia*, 35, 413-432.
- Garcia, A. L. A., de Carvalho, C. H. S., e Garcia, A. W. R. (2009). Extração de nutrientes em cafeeiros da espécie *Coffea arabica*. In *Embrapa Café-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. Caxambú. Brasília, DF: Embrapa Café. In: *Congresso Brasileiro de Pesquisa Cafeeiras*, 34.
- Gialluly, M. (1958) — Factors affecting the inherent quality of green coffee. *Coffee and Tea Industries*, 81: 127-132.
- Guimarães, P.T.G.; Garcia, A.W.R.; Alvarez Venegas, V.H.; Prezotti, L.C.; Viana, A.S.; Miguel, A.E.; Malavolta, E.; Corrêa, J.B.; Lopes, A.S.; Nogueira, F.D.; Monteiro, A.V.C. Cafeeiro. In: Ribeiro, A.C.; Guimarães, P.T.G.; Alvarez

- Venegas, V.H. (Ed.). (1999). *Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação*. Viçosa: CFSEMG, p.289-302.
- Instituto Brasileiro de Geografia e estatística (IBGE). Fonte: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/es/guacui/pesquisa/24/76693>. Acesso: 13 de março de 2023.
- Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). Fonte: <https://snr.serpro.gov.br/snrcr-web/consultaPublica.jsf?windowId=8f1>. Acesso: 13 de março de 2023.
- Jones, P. A. (1964). Research into problems of coffee quality in Kenya. *Turrialba (IICA) v. 14 (4) p. 182-187*.
- Krug, H. P. (1940). Cafés duros: II-um estudo sobre a qualidade dos cafés de varrição. *Revista do Instituto do café, 27(163), 1393-1396*.
- Lacerda, J. M. B., Borges, W. L., Peluzio, J. B. E., Peluzio, T. M. O., Pavesi, J.B.S., Souza, T. D. S. (2020). Efeito da fermentação natural em café arábica. *Revista Ifes Ciência, 6(3), 99-111*.
- Lani, J. A; Prezotti, L. C; Bragança, S. M. Cafeeiro. In: Prezotti, L. C; Gomes, J.A; Dadalto, G.G; Oliveira, J.A. (2007). Manual de recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo (5ª aproximação). Vitória: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, p. 111-118.
- Larcher, W. (2000). *Ecofisiologia Vegetal*. São Carlos: RiMa Artes e textos, p. 33-40.
- Laviola, B. G., Mauri, A. L., Martinez, H. E. P., Araújo, E. F., e Neves, Y. P. (2006). Influência da adubação na formação de grãos mocas e no tamanho de grãos de café (*Coffea arabica* L.). *Coffee Science, 1(1), 36-42*.
- Leão, T. V. M. (2018). *Qualidade física de grãos de café sob níveis de adubação via fertirrigação*. (Trabalho de conclusão de curso), Universidade Federal de Uberlândia. Monte Carmelo – MG, 1-24.
- Lima, M. V., Vieira, H. D., Martins, M. L. L., Faria Pereira, S. D. M. (2008). Preparo do café despulpado, cereja descascado e natural na região sudoeste da Bahia. *Revista Ceres, 55(2), 124-130*.

- Lira, S. A. (2004). “*Análise de correlação: abordagem teórica e de construção dos coeficientes com aplicações*”. Dissertação (mestrado). Setores de Ciências Exatas e de Tecnologia, UFPR. Curitiba, 196 p.
- Lourente, E. R. P., Mercante, F. M., Alovisei, A. M. T., Gomes, C. F., Gasparini, A. S., e Nunes, C. M. (2011). Atributos microbiológicos, químicos e físicos de solo sob diferentes sistemas de manejo e condições de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 41, 20-28.
- Machado, L. V., Rangel, O. J. P., Mendonça, E. D. S., Machado, R. V., e Ferrari, J. L. (2014). Fertilidade e compartimentos da matéria orgânica do solo sob diferentes sistemas de manejo. *Coffee Science*, v. 9, n. 3, p. 289-299.
- Macías, M. A.; Riaño, L. C. E. (2002). Café orgánico: caracterización, torrefacción y enfriamiento. *Cenicafé*, Chinchiná, v. 53, n. 4, p. 281-292.
- Malavolta, E. (1999). A diagnose foliar: passado, presente e futuro. *Monitoramento nutricional para a recomendação de adubação para as culturas. Piracicaba: POTAFOS*, 20-25.
- Malavolta, E. (2006). Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: *Agronômica Ceres*, 638 p.
- Malavolta, E., Favarin, J. L., Malavolta, M., Cabral, C. P., Heinrichs, R., e Silveira, J. S. M. (2002). Repartição de nutrientes nos ramos, folhas e flores do cafeeiro. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 37(7), 1017-1022.
- Malavolta, E.; Vitti, G.C. e Oliveira, S.A. (1997). Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: *Princípios e aplicações, Potafos, Piracicaba*, 319p.
- Malta, M. R., Nogueira, F. D., e Guimarães, P. T. G. (2003). Composição química, produção e qualidade do café fertilizado com diferentes fontes e doses de nitrogênio. *Ciência e Agrotecnologia*, 27(6), 1246-1252.
- Martinez, H. E. P., Clemente, J. M., Lacerda, J. S. D., Neves, Y. P., e Pedrosa, A. W. (2014). Nutrição mineral do cafeeiro e qualidade da bebida. *Revista Ceres*, 61, 838-848.
- Martinez, H. E. P., Menezes, J. F. S., Souza, R. B. D., Alvarez Venegas, V. H., e Guimarães, P. T. G. (2003). Faixas críticas de concentrações de nutrientes e avaliação do estado nutricional de cafeeiros em quatro regiões de Minas Gerais. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 38, 703-713.

- Martinez, H. E. P.; Clemente, J. M. (2011). O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa. *Viçosa: Editora UFV*, 76p.
- Matiello, J. B., Santinato, R., Garcia, A. W. R., Almeida, S. R., e Fernandes, D. R. (2005). *Cultura de café no Brasil: novo manual de recomendações* (Nº. 633.730981 C968 2005). Ministério da Agricultura, da Pecuária e do Abastecimento, Brasília, DF (Brasil), v. 15 n. (2) p. 177-185.
- Meireles, E. J. L., Camargo, M. B. P. D., Pezzopane, J. R. M., Thomaziello, R. A., Fahl, J. I., Bardin, L., ... e Ferreira, R. A. (2009). Fenologia do Cafeeiro: condições agrometeorológicas e balanço hídrico do ano agrícola 2004–2005. (Documento, 5). Brasília: Embrapa Café; MAPA, p.130.
- Mello, E. M., Guimarães, P. T. G., Silva, E. B., e Nogueira, F. D. (1999). Efeito da aplicação foliar de sulfato de zinco na produção do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). *Ciência e Agrotecnologia*, 23, 84-95.
- Menchu, J. F., e Ibarra, E. (1968). The chemical composition and the quality of Guatemalan coffee. *The chemical composition and the quality of Guatemalan coffee*, Pág. 146-154.
- Mendes, D.F., Ferrari, J. L., Simão, J. B. P., Peluzio, J. B. E., Ferbek, G. J. V. (2017) Perfil dos agricultores participantes do projeto Grãos do Caparaó. *In: Simão, J. B. P., Peluzio, T. M. O., Zacarias, A. J., Pereira, I. M., Saluci, J. C. G., Oliveira, M. J. V., Guidinelle, R. B. Cafeicultura do Caparaó: resultados de pesquisas.*, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Alegre, ES, p.82-96.
- Mendonça, L. M. V. L., Pereira, R. G. F. A., e Mendes, A. N. G. (2005). Parâmetro bromatológicos de grãos crus e torrados de cultivares de café (*Coffea arabica* L.). *Food Science and Technology*, 25, 239-243.
- Mendonça, L. M. V. L., Pereira, R. G. F. A., Mendes, A. N. G., Borém, F. M., e Marques, E. R. (2007). Composição química de grãos crus de cultivares de *Coffea arabica* L. suscetíveis e resistentes à *Hemileia vastatrix* Berg et Br. *Ciência e Agrotecnologia*, 31, 413-419.
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (BRASIL). (2003). Instrução Normativa n. 8, de 11 de junho de 2003. Aprova o regulamento técnico da

identidade e de qualidade para a classificação de café beneficiado grão cru, <http://www.ministerio.gov.br> . Acesso em 16 de março de 2021.

- Miya, E. E., Garruti, R. S., Chaib, M. A., Figueiredo, E. A. I., Shirose, I. (1973). Defeitos do café e qualidade da bebida. *Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos (Brasil)* v. 5 p. 417-432.
- Molin, R. N. D., Andreotti, M., Reis, A. R. D., Furlani Junior, E., Braga, G. C., e Scholz, M. B. D. S. (2008). Caracterização física e sensorial do café produzido nas condições topoclimáticas de Jesuítas, Paraná. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 30(3), 353-358.
- Moraes, F.R.P. e Catani, R.A. (1964) A absorção de elementos minerais pelo fruto do cafeeiro durante sua formação. *Bragantia*, 23:331-336.
- Morais, H., Caramori, P. H., Kogushi, M. S., e Ribeiro, A. M. D. A. (2008). Escala fenológica detalhada da fase reprodutiva de *Coffea arabica*. *Bragantia*, 67(1), 257-260.
- Moreira, D. T. (2020). *Efeito do manejo de fontes de potássio na produtividade do cafeeiro e na qualidade da bebida*. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agrônômico, 66 f.
- Moreira, S. D. S., Sobreira, F. M., de Lima, T. L. B., de Oliveira, A. C. B., Pereira, A. A., e Malta, M. R. (2015). Correlação entre características químicas e sensoriais do Café rábica. *In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*, Curitiba – PR, p. 9.
- Nakagawa, J., e Rosolem, C. A. (2005). Teores de nutrientes na folha e nos grãos de aveia-preta em função da adubação com fósforo e potássio. *Bragantia*, 64, 441-445.
- Nasser, P.P. e Chalfoun, S.M. (2000). Eficiência da separação de grãos de café de acordo com o tamanho dos grãos de café na análise da qualidade da bebida pelo método químico. *In: 1o Simpósio de Pesquisas dos Cafés do Brasil, Poços de Caldas. Resumos expandidos*. Brasília, Embrapa Café/ MINASPLAN. p.737-739.
- Neto, F. L. M., Matsumoto, S. N., Souza, A. J. J., Bonfim, J. A., César, F. R. C. F., & Lima, J. M. (2010). Qualidade do solo e nutrição de plantas em sistemas

- de produção de café (*Coffea arabica* L.). *Coffee Science-ISSN 1984-3909*, 5(3), 206-213.
- Neves, Y.P.; Martinez, H.E.P.; e Cecon, P.R.; (2011) Effect of zinc and its form of supply on production and quality of coffee beans. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91:2431-2436.
- Nogueira, A. P. O., Sediyaama, T., de Sousa, L. B., Hamawaki, O. T., Cruz, C. D., Pereira, D. G., e Matsuo, É. (2012). Análise de trilha e correlações entre caracteres em soja cultivada em duas épocas de semeadura. *Bioscience Journal*, 28(6), 877-888.
- Northemore, J. M. (1965). Some factors affecting the quality of Kenya coffee. *Turrialba* 15: 184-193.
- Northemore, J. M. (1967). Row bean color and the quality of Kenya Arabica Coffee. *Troisieme Colloque International sur la Chemie des Cafés*. Pág. 405-414.
- Oliveira M.D.M., Filho A.A.V., Vegro C.L.R., Mattosinho P.S.V., Moricochi L. (2005). Investimentos e rentabilidade na produção de café especial: um estudo de caso. *Informações Econômicas*, 35:9.
- Ortolani, A. A., Cortez, J. G., Pedro, M. J., Camargo, M. B. P. D., Thomaziello, R. A., Alfonsi, R. R., e Sarraipa, L. A. D. S. (2001). Clima e qualidade natural de bebida do café arábica no estado de São Paulo. *In: Anais do XII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia e III. Reunião Latino-Americana de Agrometeorologia*. p. 53-54.
- Pauletti, V.; Mota, A.C.V. (2017). Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná. Curitiba: SBCS/NEPAR. 510 p.
- Pereira R.G.F.A., Vilella T.C. e Andrade E.T. (2002) Composição química de grãos de café (*Coffea arabica* L.) submetidos a diferentes tipos de pré-processamento. *In: 2º Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*, Vitória, p. 826-831.
- Pereira, R. G. F. A. (1997). *Efeito da inclusão de grãos defeituosos na composição química e qualidade do café (Coffea arabica L.) "estritamente mole"*. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, 96 f.

- Pezzopane, J. R. M., Pedro Júnior, M. J., Thomaziello, R. A., e Camargo, M. B. P. D. (2003). Escala para avaliação de estádios fenológicos do cafeeiro arábica. *Bragantia*, 62(3), 499-505.
- Pimenta, C. J., e Vilela, E. R. (2003). Efeito do tipo e época de colheita na qualidade do café (*Coffea arabica* L.) *Acta Scientiarum. Agronomy*, 25(1), 131-136.
- Portal Action. (2020). Cálculo e interpretação do p-valor. Recuperado em 14 setembro, 2020, de [http:// www.portalaction.com.br/inferencia/512-calculo-e-interpretacao-do-p-valor](http://www.portalaction.com.br/inferencia/512-calculo-e-interpretacao-do-p-valor).
- Prezotti, L. C. Zambolim, L. (2001). Fertilização do cafeeiro. *Tecnologias de produção de café com qualidade*. Viçosa - MG, Universidade Federal de Viçosa, 607-615.
- Prezotti, L. C., e Rocha, A. C. D. (2004). Nutrição do cafeeiro arábica em função da densidade de plantas e da fertilização com NPK. *Bragantia*, 63, 239-251.
- Prezotti, L. C., Oliveira, J. A., Gomes, J. A., e Dadalto, G. G. (2013). Manual de recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo: 5ª aproximação. Vitória-ES. INCAPER/CEDAGRO, 305p.
- Raij, B. V.; Cantarella, H.; Quaggio, J. A.; Furlani, A. M. C. (1997). Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo (Boletim técnico 100). Campinas – SP, Instituto Agrônomo/Fundação IAC, p. 285.
- Ramalho, M. A. P., Santos, J. D., e Zimmermann, M. D. O. (1993). Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro, Goiânia: UFG, p. 271.
- Ramírez, F.; Bertsch, F.; Mora, L. (2002). Consumo de nutrientes por los frutos y bandolas de café caturra durante um ciclo de desarrollo y maduración en Aquiares, Turrialba, Costa Rica. *Agronomia Costarricense*, v.26, n.1, p.33-42.
- Reis Jr., R. D. A. e Martinez, H. E. (2002). Adição de Zn e absorção, translocação e utilização de Zn e P por cultivares de cafeeiro. *Scientia agrícola*, 59, 537-542.

- Rena A.B., Maestri M. (1987). Ecofisiologia do cafeeiro. *In: Castro P.R.C., Ferreira S.O., Yamada T. (eds), Ecofisiologia da Produção Agrícola*, POTAFOS, Piracicaba – SP, p.119-147.
- Rena, A.B. & Fávaro, J.R.A. (2000). *Nutrição do cafeeiro via folha*. In: ZAMBOLIM, L., ed. *Café: Produtividade, qualidade e sustentabilidade*. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, p.149-208.
- Rena, A.B.; Pereira, A.A.; Bartholo, G.F. (1983). Teor foliar de minerais, conteúdo caulinar de amido e o depauperamento de algumas progênies de cafés resistentes à ferrugem. *In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. Poços de Caldas Anais...*Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1983. p.169-170.
- Rocha, R. S., Simão, J. B. P., Peluzio, J. B. E., Ferrari, J. L., e de Amaral Gravina, G. (2019). Influence of flowering and additional fertilization on physical and sensory aspects of arabica coffee. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 14(4), 1-7.
- Santinato, R.; Oliveira, L.H.; Pereira, E.M. (1996). Efeitos do uso de salitre de potássio como fonte de nitrogênio e potássio na adubação química do cafeeiro - Carmo do Paranaíba/MG - 1992/1996. *In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 22., Águas de Lindóia. Anais. São Paulo: SDR; PROCAFÉ; EMBRAPA; DENAC; CATI*, p.180-184.
- SAS. 2012. SAS Product Documentation. Disponível em <http://support.sas.com/documentation/index.html>
- SCAA. Specialty Coffee Association of American. Cupping protocol. Disponível em: <http://www.scaa.org/PDF/resources/cupping-protocols.pdf>. Acesso em 30/09/2022.
- Silva, E. D. B., Nogueira, F. D., & Guimarães, P. T. G. (2002). Qualidade de grãos de café beneficiados em resposta à adubação potássica. *Scientia Agricola*, 59, 173-179.
- Silva, E.B.; Nogueira, F.D.; Guimarães, P.T.G.; Chagas, S.J. De R.; Costa, L. (1999). Fontes e doses de potássio na produção e qualidade do grão de café beneficiado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.34, p.335-345.

- Silva, P., e Chaves, L. H. (2001). Avaliação e variabilidade espacial de fósforo, potássio e matéria orgânica em Alissolos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 5, 431-436.
- Silva, R. F. D., Pereira, R. G. F., Borém, F. M., e Muniz, J. A. (2004). Qualidade do café-cereja descascado produzido na região sul de Minas Gerais. *Ciência e Agrotecnologia*, 28(6), 1367-1375.
- Silva, S. D. A., Lima, J. S. D. S., e Souza, G. S. D. (2010). Estudo da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Amarelo húmico sob cultivo de café arábica por meio de geoestatística. *Revista Ceres*, 57(4), 560-567.
- Silva, S. D. A., Lima, J. S. D. S., Souza, G. S. D., Oliveira, R. B. D., e Xavier, A. C. (2010). Lógica fuzzy na avaliação da fertilidade do solo e produtividade do café conilon. *Revista Ciência Agronômica*, 41, 9-17.
- Silvia e Shimakura (2006). Interpretação do coeficiente de correlação. Recuperado em 13, de setembro, de 2020, de <http://leg.ufpr.br/~silvia/CE003/node74.html>.
- Sobreira, F. M.; Oliveira, A. C. B.; Pereira, A. A.; Sobreira, M. F. C.; Sakiyama, N. S. (2014). Correlações fenotípicas entre caracteres de qualidade dos grãos e da bebida do de genótipos do híbrido de timor. *XVIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XIV Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e IV Encontro de Iniciação à Docência, Universidade do Vale do Paraíba*.
- Souza, M.H., Simão, J.B.P., Peluzio, J.B.E., Ferrari, J.L., Saluci, J.C.G., Pereira, I.M., Zacarias, A.J., Guidnelle, R.B. (2017). Caracterização de lavouras cafeeiras do projeto Grãos do Caparaó. In: Simão, J. B. P., Peluzio, T. M. O., Zacarias, A. J., Pereira, I. M., Saluci, J. C. G., Oliveira, M. J. V., Guidinelle, R. B. *Cafeicultura do Caparaó: resultados de pesquisas.*, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Alegre, ES, p.97-114.
- Souza, S. M. S. Produção de café de qualidade: II – Colheita, preparo e qualidade do café. (Circular Técnica nº 118). Lavras: EPAMIG, 2000. 4p.
- Specialty Coffee Association of America (SCAA). Protocolo SCAA. Disponível em: <https://www.scaa.org>. Acesso em: 16 de outubro de 2020.

- Thomaziello, R. A., Fazuoli, L. C., Pezzopane, J. R. M., Fahl, J. I., e Carelli, M. L. C. (2000). Café arábica: cultura e técnicas de produção. *Boletim Técnico-Instituto Agrônômico (Brasil)*, nº. 187, p. 82.
- Valarini, V., Bataglia, O. C., e Fazuoli, L. C. (2005). Macronutrientes em folhas e frutos de cultivares de café arábica de porte baixo. *Bragantia*, 64, 661-672.
- Wadt, P.G.S. (1996). *Os métodos da chance matemática e do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) na avaliação nutricional de plantios de eucalipto*. (Tese de Doutorado). Viçosa – MG, Universidade Federal de Viçosa, 123p.
- Wright, S. (1921). Correlation and causation. *Journal of Agricultural Research*, 20, 557–585.
- Wright, S. (1934). The method of path coefficients. *Annals of Mathematical Statistics*, 5(3), 161–215.
- Zehler, E.; Kreipe, H.; Gething, P.A. (1986). Sulfato de potássio e cloreto de potássio: sua influência na produção e na qualidade das plantas cultivadas. Campinas: *Fundação Cargil*, 111p.

Apêndice

A – Correlações de aspectos físicos (peneira) dos grãos de 110 amostras de café e parâmetros da fertilidade dos solos das respectivas lavouras analisadas no ano de 2014 na região do Caparaó

Peneira/Fertilidade do solo	pH	H+Al	S	MO	B	Cu	Fe	Mn
Chato19	0,23*	-0,28*	0,13 ^{NS}	-0,35**	-0,14 ^{NS}	0,18*	-0,10 ^{NS}	0,39**
Chato18	0,16 ^{NS}	-0,19*	0,05 ^{NS}	-0,20*	-0,11 ^{NS}	0,13 ^{NS}	-0,10 ^{NS}	0,32**
Chato17	-0,02 ^{NS}	0,09 ^{NS}	-0,11 ^{NS}	0,26*	-0,05 ^{NS}	-0,08 ^{NS}	-0,12 ^{NS}	-0,11 ^{NS}
Chato16	-0,11 ^{NS}	0,17 ^{NS}	-0,06 ^{NS}	0,34**	0,17 ^{NS}	-0,16 ^{NS}	0,01 ^{NS}	-0,28*
Chato15	-0,07 ^{NS}	0,10 ^{NS}	-0,02 ^{NS}	0,21*	0,23*	-0,15 ^{NS}	0,10 ^{NS}	-0,22*
Chato14	-0,04 ^{NS}	0,03 ^{NS}	0,08 ^{NS}	0,05 ^{NS}	0,21*	-0,12 ^{NS}	0,12 ^{NS}	-0,11 ^{NS}
Chato Graúdo	0,17 ^{NS}	-0,19*	0,06 ^{NS}	-0,18*	-0,18*	0,12 ^{NS}	-0,15 ^{NS}	0,32**
Chato Médio	-0,10 ^{NS}	0,15 ^{NS}	-0,05 ^{NS}	0,31**	0,20*	-0,16 ^{NS}	0,05 ^{NS}	-0,28*
Catação	-0,04 ^{NS}	-0,007 ^{NS}	0,24*	-0,25*	0,07 ^{NS}	0,13 ^{NS}	0,07 ^{NS}	-0,05 ^{NS}

^{NS} = não significativo estatisticamente, pelo teste “t” ao nível de 5% de probabilidade. * = significativo estatisticamente, pelo teste “t” ao nível de 5% de probabilidade. ** = significativo estatisticamente, pelo teste “t” ao nível de 1% de probabilidade.

B - Correlações de aspectos físicos (peneira) dos grãos de 110 amostras de café e parâmetros da fertilidade dos solos das respectivas lavouras analisadas no ano de 2015 na região do Caparaó

Peneira/Fertilidade do solo	Mg	K	B
Chato18	-0,01 ^{NS}	0,31 ^{**}	0,23 [*]
Chato16	0,20 [*]	0,09 ^{NS}	0,29 [*]
Chato14	-0,10 ^{NS}	-0,23 [*]	-0,33 ^{**}
Chato Miúdo	-0,01 ^{NS}	-0,19 [*]	-0,33 ^{**}
Moca11	0,12 ^{NS}	0,14 ^{NS}	0,14 ^{NS}
Moca10	-0,02 ^{NS}	-0,009 ^{NS}	0,17 ^{NS}
Moca9	-0,27 [*]	-0,16 ^{NS}	-0,19 [*]
Moca Médio	-0,09 ^{NS}	-0,03 ^{NS}	0,04 ^{NS}

^{NS} = não significativo estatisticamente, pelo teste “t” ao nível de 5% de probabilidade. ^{*} = significativo estatisticamente, pelo teste “t” ao nível de 5% de probabilidade. ^{**} = significativo estatisticamente, pelo teste “t” ao nível de 1% de probabilidade.

C – Correlações dos atributos sensoriais (protocolo SCAA) dos grãos de 110 amostras de café e parâmetros da fertilidade dos solos das respectivas lavouras analisadas no ano de 2014 na região do Caparaó

Atributo sensorial/Fertilidade do solo	pH	Ca+Mg	Ca	Mg	Al	MO	Zn	B	Fe
Aroma	0,21*	0,28*	0,29*	0,23*	-0,28*	0,27*	-0,24*	0,15 ^{NS}	-0,23*
Acidez	0,16 ^{NS}	0,21*	0,22*	0,14 ^{NS}	-0,15 ^{NS}	0,25*	-0,18*	0,18*	-0,14 ^{NS}
Balanço	0,15 ^{NS}	0,21*	0,23*	0,13 ^{NS}	-0,19*	0,26*	-0,17 ^{NS}	0,22*	-0,15 ^{NS}
Corpo	0,19*	0,22*	0,24*	0,14 ^{NS}	-0,20*	0,24*	-0,10 ^{NS}	0,20*	-0,17*
Doçura	0,12 ^{NS}	0,12 ^{NS}	0,11 ^{NS}	0,13 ^{NS}	-0,14 ^{NS}	-0,0002 ^{NS}	-0,005 ^{NS}	-0,001 ^{NS}	-0,01 ^{NS}
Final	0,19*	0,24*	0,25*	0,17 ^{NS}	-0,22*	0,27*	-0,21*	0,21*	-0,17 ^{NS}
Finalização	0,18*	0,23*	0,24*	0,17 ^{NS}	-0,23*	0,26*	-0,13 ^{NS}	0,14 ^{NS}	-0,22*
Geral	0,17 ^{NS}	0,22*	0,23*	0,14 ^{NS}	-0,19*	0,27*	-0,18*	0,19*	-0,16 ^{NS}
Sabor	0,20*	0,25*	0,26*	0,18*	-0,23*	0,27*	-0,21*	0,18*	-0,17 ^{NS}
Uniformidade	0,12 ^{NS}	0,12 ^{NS}	0,11 ^{NS}	0,13 ^{NS}	-0,14 ^{NS}	-0,0002 ^{NS}	-0,005 ^{NS}	-0,001 ^{NS}	-0,01 ^{NS}
Xícara L.	0,12 ^{NS}	0,12 ^{NS}	0,11 ^{NS}	0,13 ^{NS}	-0,14 ^{NS}	-0,0002 ^{NS}	-0,005 ^{NS}	-0,001 ^{NS}	-0,01 ^{NS}

^{NS} = não significativo estatisticamente, pelo teste “t” ao nível de 5% de probabilidade. * = significativo estatisticamente, pelo teste “t” ao nível de 5% de probabilidade. ** = significativo estatisticamente, pelo teste “t” ao nível de 1% de probabilidade. * Protocolo desenvolvido pela *Specialty Coffee Association of America* (SCAA, 2015).

D – Correlações de atributos sensoriais (protocolo SCAA) dos grãos de 110 amostras de café e parâmetros da fertilidade dos solos das respectivas lavouras analisadas no ano de 2015 na região do Caparaó

Atributo sensorial/Fertilidade do solo	Ca+Mg	Ca	Mg	Al	H+Al	k	S
Aroma	0,007 ^{NS}	0,004 ^{NS}	0,01 ^{NS}	-0,02 ^{NS}	-0,02 ^{NS}	-0,19*	-0,19*
Acidez	0,23*	0,24*	0,20*	-0,22*	-0,18*	-0,14 ^{NS}	-0,18*
Balanço	0,10 ^{NS}	0,10 ^{NS}	0,10 ^{NS}	-0,12 ^{NS}	-0,13 ^{NS}	-0,13 ^{NS}	-0,23*
Corpo	0,11 ^{NS}	0,11 ^{NS}	0,09 ^{NS}	-0,13 ^{NS}	-0,12 ^{NS}	-0,09 ^{NS}	-0,18*
Final	0,08 ^{NS}	0,09 ^{NS}	0,06 ^{NS}	-0,04 ^{NS}	-0,06 ^{NS}	-0,23*	-0,27*
Finalização	0,09 ^{NS}	0,09 ^{NS}	0,08 ^{NS}	-0,08 ^{NS}	-0,13 ^{NS}	-0,15 ^{NS}	-0,24*
Geral	0,03 ^{NS}	0,03 ^{NS}	0,02 ^{NS}	-0,06 ^{NS}	-0,05 ^{NS}	-0,23*	-0,19*
Uniformidade	0,13 ^{NS}	0,13 ^{NS}	0,13 ^{NS}	-0,02 ^{NS}	-0,10 ^{NS}	-0,02 ^{NS}	-0,18*
Xícara L.	0,13 ^{NS}	0,13 ^{NS}	0,13 ^{NS}	-0,02 ^{NS}	-0,10 ^{NS}	-0,02 ^{NS}	-0,18*

^{NS} = não significativo estatisticamente, pelo teste “t” ao nível de 5% de probabilidade. * = significativo estatisticamente, pelo teste “t” ao nível de 5% de probabilidade. ** = significativo estatisticamente, pelo teste “t” ao nível de 1% de probabilidade. * Protocolo desenvolvido pela *Specialty Coffee Association of America* (SCAA, 2015).