

RELAÇÃO ENTRE COMPOSIÇÃO MINERAL E DE ÁCIDOS ORGÂNICOS EM CAFÉS DE BOA QUALIDADE¹

Valéria Barbosa Gomes de Santis²; Cíntia Sorane Good Kitzberger³; Patrícia Helena Santoro⁴; Daneysa Lahis Kalschne⁵; Nathalia Karen Silva⁶; Oldair Donizete Leite⁷

1 Trabalho financiado pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – Consórcio Pesquisa Café

2 Bolsista do Consórcio Pesquisa Café, Ms., Instituto Agrônomo do Paraná, Londrina-PR. val_bgomes@hotmail.com

3 Assistente em Ciência e Tecnologia, Dra., Instituto Agrônomo do Paraná, IAPAR, Londrina – PR. cintiasorane@yahoo.com.br

4 Pesquisadora, Dra., Instituto Agrônomo do Paraná, IAPAR, Londrina – PR. patriciasantoro@iapar.br.

5 Bolsista de Pós-doutorado PNPd, Dra., Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Medianeira-PR. daneysa@hotmail.com

6 Bolsista de Iniciação Científica, Graduanda, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Medianeira-PR. nathaliakaren96@gmail.com

7 Professor, Dr., Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Medianeira. oldairleite@utfpr.edu.br

RESUMO: O Brasil é o maior produtor e exportador de café no mundo, destacando-se por produzir *Coffea arabica* por processamento em via seca (café natural; CN) ou via úmida (cereja descascado; CD). O objetivo deste trabalho foi relacionar a qualidade das bebidas de café com a composição mineral e de ácidos orgânicos em vinte amostras de café verde de boa qualidade de diferentes regiões do Estado do Paraná/Brasil obtidas por duas formas de processamento. As amostras digeridas tiveram a concentração de Mn, Zn, Mg, Cu, K, Fe e Ca determinada por espectrometria de absorção atômica. O teor de ácido quínico, málico, cítrico e clorogênicos totais foi determinado no extrato aquoso por cromatografia líquida. A análise sensorial foi realizada segundo o protocolo estabelecido pela SCAA considerando onze atributos (fragrância/aroma, uniformidade, ausência de defeitos, doçura, sabor, acidez, corpo, finalização, equilíbrio, defeitos e avaliação global). Uma solução bidimensional explicou 49,23% da variância; a dimensão F1 (28,39%) mostrou relação com a forma de processamento utilizada nos grãos (CN ou CD) e a dimensão F2 (20,84%) foi relacionada com as cultivares de café. Os cafés CN tiveram maiores teores de Ca, K, Mn e ácidos clorogênicos totais, enquanto o CD teve maiores teores dos minerais Cu e Zn. Em relação as cultivares, a Obatã apresentou as maiores concentrações de Fe, enquanto a IAPAR 59 (IA 59), IPRs e Catuaí tiveram maiores concentrações de Mn, K e Mg, e ácido cítrico. Na análise de agrupamento hierárquico (AAH) foram obtidos 3 grupos. O grupo 1 foi formado por nove cafés, dos dois processos CN e CD e todas as cultivares IPRs, caracterizados pelo maior teor de Zn, Cu e notas altas, e menores teores de Mn, Mg e K. O grupo 2 foi formado por quatro cafés CN, com maiores teores de Mn, Zn, Mg, Cu e notas altas. O grupo 3 foi formado principalmente pela cultivar Obatã processada de ambas as formas, com maiores teores de Mn, K e Ca, e menores teores de Zn, Mg, Cu, e as menores notas. Grãos de cafés verdes com as maiores notas na avaliação sensorial das bebidas foram principalmente associados com maiores concentrações dos microelementos Cu e Zn e menores teores de Mn, Mg e K. Os teores de ácido quínico, málico, cítrico e clorogênicos totais foram semelhantes para todos os cafés de diferentes processos e cultivares mostrando que este perfil de composição pode ser explorado como um possível indicador de cafés com qualidade superior.

PALAVRAS-CHAVE: café cereja descascado, café natural, macronutrientes e micronutrientes.

RELATIONSHIP BETWEEN MINERAL AND ORGANIC ACIDS COMPOSITION IN GOOD CUP QUALITY COFFEE

ABSTRACT: Brazil is the largest producer and exporter of coffee worldwide, highlighting for producing *Coffea arabica* by processing in dry (natural coffee; CN) or semi-dry method (depulped cherry coffee; CD). The objective of this study was to relate the coffee cup quality with mineral and organic acid composition in twenty samples of good quality green coffee from different regions of Paraná State/Brazil obtained by two processing methods. The digested samples had the Mn, Zn, Mg, Cu, K, Fe, and Ca concentration determined by atomic absorption spectrometry. The quinic, malic, citric and total of chlorogenic acid content was determined in the aqueous extract by liquid chromatography. Sensory analysis was performed according to the protocol established by the SCAA considering eleven attributes (fragrance / aroma, uniformity, absence of defects, sweetness, taste, acidity, body, finish, balance, defects and overall evaluation). A two-dimensional solution explained 49.23% of the variance; The F1 dimension (28.39%) was related to the processing method used in the beans (CN or CD) and the F2 dimension (20.84%) was related to the coffee cultivars. CN coffees had higher levels of Ca, K, Mn and total chlorogenic acids, while CD had higher contents of Cu and Zn minerals. Regarding cultivars, Obatã presented the highest Fe concentrations, while IAPAR 59 (IA 59), IPR and Catuaí had the highest concentrations of Mn, K and Mg, and citric acid. In the hierarchical cluster analysis (AAH) 3 groups were obtained. Group 1 was formed by nine coffees, from both CN and CD process and all IPRs cultivars, characterized by the highest content of Zn, Cu and high notes, and lower content of Mn, Mg and K. Group 2 was formed by four CN coffees, with higher content of Mn, Zn, Mg, Cu and high notes. Group 3 was formed mainly by the cultivar Obatã processed in both forms, with higher Mn, K and Ca, and lower Zn, Mg, Cu content and lower note. Green coffee beans with the highest scores in the sensory evaluation of coffee brew were mainly associated with higher concentrations of Cu and Zn, and lower Mn, Mg and K contents. The quinic, malic, citric and

total chlorogenic acid contents were similar for all coffees from different processes and cultivars showing that this composition profile can be explored with a possible indicator of higher coffee cup quality.

KEY WORDS: semi-dry coffee, natural coffee, macronutrients and micronutrients.

INTRODUÇÃO

A safra Brasileira de café está estimada em até 50.92 milhões de sacas de 60 kg no ano de 2019, mesmo considerando a bienalidade negativa (Conab, 2019). Além de produzir as duas principais espécies de café, *Coffea arabica* e *Coffea canephora*, o Brasil utiliza diferentes formas de processamento dos grãos. O processamento via seca é caracterizado pela secagem dos frutos do café (grãos, mucilagem, polpa e casca) sob o sol ou em secadores mecânicos, com a posterior remoção da concha seca; essa forma de processamento gera os cafés chamados de natural (CN). Em contrapartida, o processamento via úmida também pode ser empregado, destacando-se pela remoção da polpa, fermentação microbiana da mucilagem, lavagem e secagem dos grãos sob o sol ou em secadores mecânicos; esse tipo de processamento é aplicado aos grãos de cafés denominados de cereja descascado (CD) (Cruz, Morais, Casal, 2014).

O Paraná já foi o maior produtor nacional de café, mas substituiu a grande produtividade pela qualidade dos grãos produzidos. As bebidas de café são reconhecidas pelas características sensoriais de aroma, acidez, corpo, amargor e adstringência, e os atributos aroma doce, de café e sabor ácido se apresentaram como diferencial durante safras e processamentos CN e CD (Scholz et al., 2019). Estes atributos e outros mais específicos como bebida encorpada, maior intensidade de cor de café, turbidez, aroma de café, chocolate, caramelo e doce (Kitzberger et al., 2010) despertam atenção e estão cada vez mais sendo procurados para caracterizar cafés especiais.

Alguns estudos tem sido conduzidos com o objetivo de correlacionar a composição mineral dos cafés das folhas e grãos, a suplementação de minerais no solo e avaliação da qualidade das bebidas do café (Clemente et al. 2015; Lacerda 2014; Martinez et al. 2014, 2018), ou ainda a determinação de metais em cafés verdes com o objetivo de identificar a região de origem do café (Cruz et al., 2014; Jeszka-Skowron et al., 2016; Mohammed et al., 2019; Morgano et al., 2002; Şemen et al., 2017). Os metais tem demonstrado serem influenciados por condições ambientais e agrônômicas, sendo que a planta do café consegue absorver os minerais que presentes naturalmente no solo ou complementados por fertilizantes (Cruz et al., 2014).

O objetivo deste trabalho foi determinar e relacionar a qualidade das bebidas de café arábica com a composição mineral e de ácidos orgânicos em cafés de boa qualidade de diferentes regiões do Estado do Paraná.

MATERIAL E MÉTODOS

Vinte amostras de *Coffea arabica* de boa qualidade cultivados em diferentes cidades do Estado do Paraná foram analisadas. Dez amostras foram processadas como café natural (CN) e dez como café cereja descascado (CD). A determinação da composição mineral foi realizada seguindo a metodologia adaptada descrita por Amorim Filho et al. (2007). As amostras foram digeridas por via úmida em sistema aberto. O café verde foi pesado (0,400 g) em tubos de Kjeldahl (25x250 mm), adicionado de 3 mL de HNO₃ (65% m/v; Sigma) e a reação se processou por 12 h *overnight*, a temperatura ambiente. Na sequência, 2 mL de H₂O₂ (30% v/v; Sigma) foram adicionados a mistura reacional e esta foi aquecida em bloco digestor (MA4025, Marconi, Piracicaba) por 2 h a 180 °C. Após o resfriamento, o digerido foi transferido para balões volumétricos e avolumado a 20 mL com água ultrapura (Master System[®], Gehaka, São Paulo, Brasil). A exatidão dos procedimentos de digestão e análise foi estimada empregando material certificado de referência de braquiária (*Brachiaria brizantha* cv Marandu, RM-Agro E1001a (FO-01/12) EMBRAPA). As determinações dos elementos Cu, Ca, Mn, Mg, Zn, e Fe foram realizadas pela técnica de espectrometria de absorção atômica e o K pela técnica de emissão atômica, em um espectrômetro de absorção atômica (AA 240 –FS, Varian, Australia) empregando as condições operacionais indicadas pelo fabricante. A quantificação dos elementos foi estimada empregando protocolo de calibração externa, curva de calibração, obtidas num intervalo entre 0,1 a 2,0 mg L⁻¹ com soluções padrões dos metais analisados.

A determinação dos ácidos orgânicos málico, quínico, cítrico e clorogênicos totais foi realizada conforme metodologia descrita por Kitzberger et al., (2016) e Scholz et al., (2013). O extrato do café verde (0,5 g) foi extraído em 20 mL de água ultrapura, sob agitação a 80°C, 30 min, resfriado e ajustado para pH 7,0, procedeu-se a extração em fase sólida com em resina de troca iônica. Os extratos foram injetados em cromatógrafo líquido em coluna C8 column (250 mm x 4.6 mm id, 5 mm), a 210 nm com eluição isocrática de H₂SO₄ 0,005 N a pH 2.5 em gradiente de fluxo: 0.7 mL min⁻¹ de 0-2 min; 0.4 mL min⁻¹ de 2-15 min; e 0.7 mL min⁻¹ de 15-20 min. A temperatura da coluna foi de 30 °C as amostras foram mantidas a 5 °C.

Análise sensorial foi realizada segundo o protocolo estabelecido pela SCAA, em que os cafés são avaliados em onze atributos (fragrância/aroma, uniformidade, ausência de defeitos, doçura, sabor, acidez, corpo, finalização, equilíbrio, defeitos e avaliação global). Para estes atributos foram dadas notas baseadas em uma escala com intervalos de 0,25, representando os níveis de qualidade: 6,00 a 6,75 (Bom), 7,00 a 7,75 (Muito Bom), 8,00 a 8,75 (Excelente), 9,00 a 9,75 (Excepcional). Ao final da avaliação foram somadas as notas, gerando uma nota final que classificou o café nas categorias: abaixo da Qualidade Especial (abaixo do Premium) para notas abaixo de 80; Muito Bom (Premium) para

notas entre 80 e 84,99 (abaixo de 85); Excelente (Especial Origin) para notas entre 85 e 89,99; Exemplar (Especial Raro) notas entre 90 e 100 (SCAA, 2015).

Os dados obtidos foram expressos como média ($n = 3$) e foi realizada a análise de componentes principais (ACP) e análise de agrupamento hierárquico (AAH) com o programa XLStat (ADMINISOFT, 2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O K, Mg e Ca foram os minerais presentes em maiores concentrações nos cafés. O K variou de 17002 a 20635 $\mu\text{g g}^{-1}$, o Mg de 1682 a 2230 $\mu\text{g g}^{-1}$ e o Ca de 695 a 1403 $\mu\text{g g}^{-1}$. O Mn (16,94 a 69,73 $\mu\text{g g}^{-1}$), Fe (14,04 a 47,26 $\mu\text{g g}^{-1}$), Cu (13,05 a 17,55 $\mu\text{g g}^{-1}$) e Zn (3,78 a 7,78 $\mu\text{g g}^{-1}$) estiveram presentes em concentrações de nível microelementar. Morgano et al. (2002) analisaram 47 amostras de café *Coffea arabica* verde cultivados em três estados do Brasil (SP, MG e BA), processados com diferentes métodos. Os autores relataram teores de K nas amostras variando entre 12252 e 17205 $\mu\text{g g}^{-1}$, de Mg entre 1363 e 2050 $\mu\text{g g}^{-1}$, de Ca entre 925 e 1889 $\mu\text{g g}^{-1}$, de Mn entre 14,2 e 60,4 $\mu\text{g g}^{-1}$, de Fe entre 23,3 e 367 $\mu\text{g g}^{-1}$, de Cu entre 6,21 e 369 $\mu\text{g g}^{-1}$ e de Zn entre 3,71 e 57,0 $\mu\text{g g}^{-1}$. Podemos verificar que os elementos Fe e Cu apresentaram concentrações bem inferiores aos relatados na literatura, o que pode estar associado as práticas agrônomicas e aplicação de fertilizantes (Lacerda, 2014; Martinez et al. 2018).

Amostras de café verde cultivadas no Iêmen tiveram teores de K (55714 a 82398 $\mu\text{g g}^{-1}$), Ca (5862 a 8217 $\mu\text{g g}^{-1}$) e Fe (25,1 a 144,1 $\mu\text{g g}^{-1}$) superiores, enquanto os teores de Mg (1182 a 1934 $\mu\text{g g}^{-1}$), Mn (9,98 a 27,8 $\mu\text{g g}^{-1}$), Cu (14,5 a 28,5 $\mu\text{g g}^{-1}$) e Zn (5,2 a 11,6 $\mu\text{g g}^{-1}$) foram na mesma faixa descrita para as amostras analisadas no presente trabalho; as diferenças observadas podem estar associadas com o solo rico em calcário do Iêmen (Mohammed et al., 2018).

Os ácidos clorogênicos totais estiveram presentes em concentrações de 5,45 a 6,55 $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$, o ácido quínico entre 151 e 315 $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$, o ácido málico entre 197 e 534 $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ e o ácido cítrico de 514 a 1373 $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$. A nota na análise sensorial variou entre 81,50 e 87,08.

Uma solução consensual bidimensional explicou 49,23% da variância nos cafés (Figura 1). A dimensão F1 explicou 28,39% da variância e mostrou relação com a forma de processamento utilizada nos grãos. O café CN teve maiores teores de Ca, K, Mn e ácidos clorogênicos totais, enquanto o CD teve maiores teores dos minerais Cu e Zn. Comparando-se o teor total de minerais nos cafés CN e CD, observa-se que o CN tem maiores concentrações, uma vez que a manutenção da mucilagem durante o processamento confere um gradiente em relação ao grão, garantindo uma maior passagem de sólidos solúveis, incluindo os minerais, para o grão (Cruz, Morais, Casal, 2014). Assim, o processamento é tido como determinante na composição de minerais do grão de café. Nos processos pós-colheita algumas modificações influenciam a quantidade e qualidade dos compostos precursores de aroma e sabor atribuindo perfis aromáticos da bebida diferenciados (Gonzalez-Rios et al., 2007). Segundo Leloup et al., (2004) cafés denominados CN tem uma bebida com forte aroma, moderada acidez, corpo intenso e uma doçura natural, em contraste, cafés CD possuem aroma e corpo de média intensidade associada a uma acidez e doçura de baixa intensidade. Observou-se maior nota na análise sensorial para os cafés de processamento CD.

A dimensão F2 explicou 20,84% da variância e foi relacionada com as cultivares de café. Especialmente a cultivar Obatã apresentou as maiores concentrações de Fe, enquanto as cultivares IAPAR 59 (IA 59), IPRs e Catuaí tiveram maiores concentrações dos minerais Mn, K e Mg, e ácido cítrico. Uma correlação entre o maior teor de K e ácido cítrico foi relatada, bem como uma associação do maior teor de Ca e a resistência do grão de café ao ataque de patógenos (Cruz, Morais, Casal, 2014).

O ácido málico e quínico tiveram pouca influência na separação das amostras de café, uma vez que cafés que geram bebidas de melhor qualidade tem baixa concentração destes ácidos (Farah et al., 2006). Estudos revelam que conforme o fruto de café se desenvolve ocorre o acúmulo de ácido cítrico e diminuição de málico e quínico (Roger et al., 1999). Em cafés arábicas das cultivares IPR, IAPAR 59 e Catuaí, pode-se encontrar teores de 264 a 553 $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ de ácido quínico, entre 300 e 540 $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ de málico, e entre 926 e 1.309 $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ de cítrico (Kitzberger et al., 2013). O ácido quínico é precursor dos ácidos clorogênicos e durante a maturação sofre influência de temperatura ambiental o que afeta a velocidade de maturação refletindo na sua concentração final e qualidade da bebida (Fagan et al., 2011, Koshiro et al., 2007, Jöet et al., 2010). Considerando-se cafés de alta qualidade sensorial que receberam uma condução de cultivo, colheita e processamento pós-colheita controlados e que grãos defeituosos foram removidos, verifica-se que um balanço de ácidos orgânicos equilibrado que garantiu melhor qualidade sensorial. Provavelmente este balanço de ácidos orgânicos também estava em equilíbrio em relação aos demais compostos precursores de sabor e aroma, pois a formação de um bom café depende de inúmeros compostos responsáveis por estes atributos sensoriais.

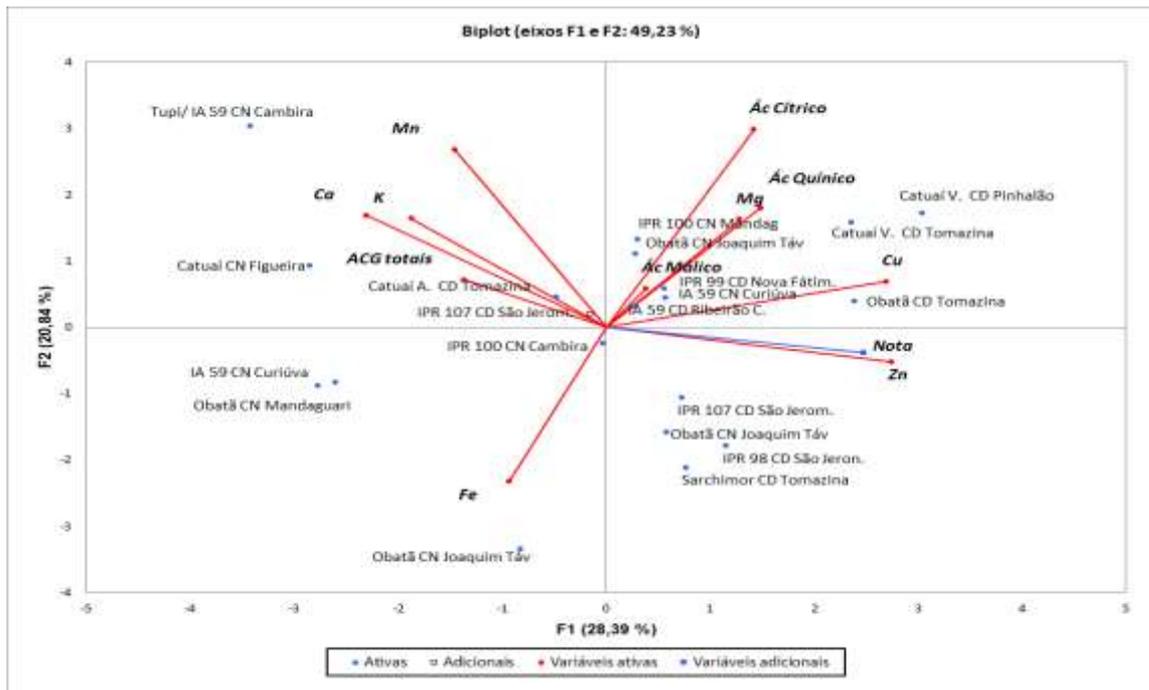


Figura 1. Análise de componentes principais das amostras de café.

Através da AAH os cafés pertencentes ao mesmo grupo tem a mesma composição, e esta análise permite comparar esta composição entre os grupos. Na Tabela 1 é apresentada os cafés de cada grupo formado na AAH (Fig 2a). O primeiro grupo (G1) foi formado por nove cafés, dos dois processos CN e CD. Deste grupo participaram também todos os IPRs e um café de cada uma das cultivares Catuaí vermelho, Iapar 59 e Obatã. Quanto a composição, estes cafés apresentaram maiores teores de Zn, Cu e notas altas, em contrapartida, apresentaram menores teores de Mn, Mg e K.

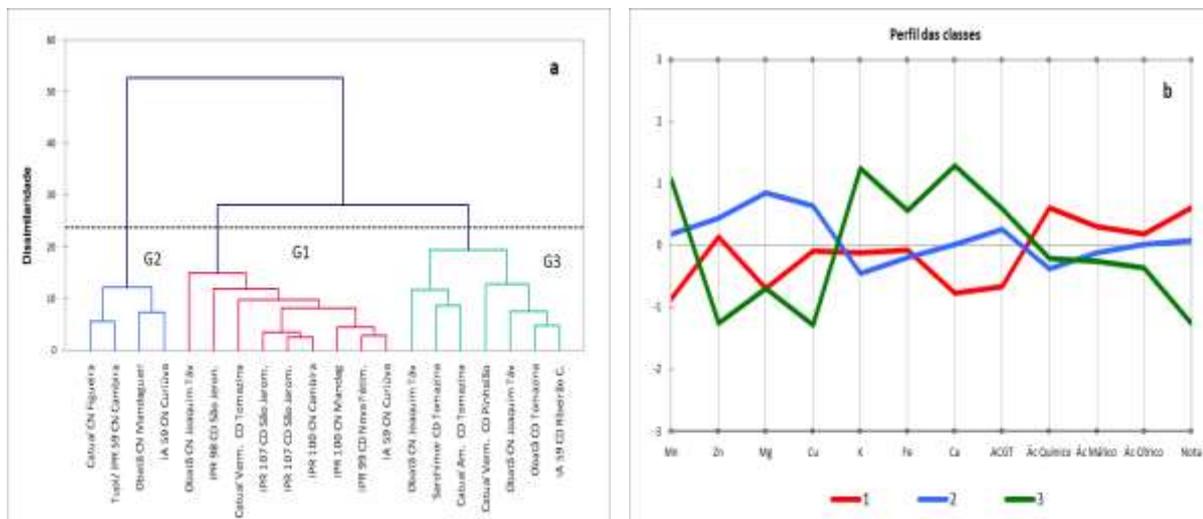


Figura 2. Análise de agrupamento hierárquico (a) e perfil de composição desses grupos (b)

O G2 foi formado por quatro cafés diferentes do processamento CN e tiveram destacadas os maiores teores de Mn, Zn, Mg, Cu e notas altas. Comparando-se o teor de Cu e Zn entre os cafés obtidos pelas duas formas de processamento, ambos minerais foram significativamente maiores nas amostras CN ($p < 0.05$; teste de Tukey). O G3 foi formado por sete cultivares de cafés, Obatã, Catuaí vermelho e amarelo, Sarchimor e Iapar 59 e quanto ao processo, dois cultivares Obatã cultivados na mesma cidade eram CN, e os demais foram obtidos pelo processamento CD. Este grupo teve maiores teores de Mn, K e Ca, e menores teores de Zn, Mg, Cu, e as menores notas. O teor de Fe não apresentou diferença significativa entre os grupos (Tabela 1), bem como os teores de ácido quínico, málico, cítrico e clorogênicos totais, confirmando que estes cafés atingiram um desenvolvimento fisiológico de grãos maduros e sem presença de defeitos grãos verdes, apontando para este perfil de proporção de compostos como provável indicativo de qualidade superior devido a sua relação com notas altas. Na Fig 2b, podem ser vistos os perfis de cada grupo formado na AAH (Tabela 1). Podemos verificar que alguns processos e cultivares não foram separados em função desta composição, isto

pode ser devido ao fato de que algumas lavouras têm cultivares diversas plantadas na mesma área, inviabilizando a separação, ou ainda que a composição deve ser explorada com abrangência de outros compostos.

Tabela 1. Cafés e valores médios da composição dos grupos formados pelo agrupamento hierárquico.

Cafés	G1 (n=9)	G2 (n=4)	G3 (n=7)
		IPR 98 CD São Jeron., IPR 99 CD Nova Fátim., Catuai Verm. CD Tomazina, IPR 107 CD São Jerom., IPR 107 CD São Jerom., IA 59 CN Cuiúva, IPR 100 CN Mandag., IPR 100 CN Cambira, Obatã CN Joaquim Táv	Catuai CN Figueira, Tupi/ IA 59 CN Cambira, Obatã CN Mandaguari, IA 59 CN Cuiúva
	G1*	G2*	G3*
Mn	24,54 b	38,13 a	49,54 a
Zn	6,30 a	6,67 a	4,59 b
Mg	1867,50 b	2124,77 a	1867,37 b
Cu	15,34 a	16,27 a	13,77 b
K	18106,11 b	17783,55 b	19433,64 a
Fe	27,03 a	25,84 a	32,76 a
Ca	864,47 b	1028,97 b	1293,84 a
Ácido quínico	240,61 a	204,55 a	210,74 a
Ácido Málico	340,57 a	305,04 a	293,58 a
Ácido Cítrico	963,91 a	931,18 a	861,53 a
ACGT	5,81 a	6,14 a	6,26 a
Nota	84,90 a	84,06 a	81,93 b

ACGT: ácidos clorogênicos totais; * Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem por $p < 0.05$ (teste de Tukey).

CONCLUSÕES

1. Grãos de cafés verdes com as maiores notas na avaliação sensorial das bebidas foram principalmente associados com maiores concentrações dos microelementos Cu e Zn e menores teores de Mn, Mg e K, este comportamento foi dependente de processo e cultivar visto na AAH.
2. Os teores de ácido quínico, málico, cítrico e clorogênicos totais foram semelhantes para todos os cafés de diferentes processos e cultivares mostrando que este perfil de composição pode ser explorado com um possível indicador de cafés com qualidade superior.

AGRADECIMENTOS

Ao Consórcio Pesquisa Café pela concessão de bolsa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADDINSOFT (2010). XLStat: software for statistical analysis. Version 2010. Paris. 1 CD-ROM.
- AMORIM FILHO, V. R., POLITO, W. L., GOMES NETO, J. A. Comparative studies of the sample decomposition of green and roasted coffee for determination of nutrients and data exploratory analysis. *Journal of the Brazilian Chemical Society* 18: 47–53. (2007).
- CLEMENTE, J.M., MARTINEZ, H.E.P., PEDROSA, A.W., POLTRONIERI NEVES, Y., CONCON, P.R., JIFON, J.L., Boron, Copper, and Zinc Affect the Productivity, Cup Quality, and Chemical Compounds in Coffee Beans. *Journal of Food Quality* 1–14. (2018).
- CONAB, 2019. Acompanhamento da safra Brasileira. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>
- CRUZ, R., MORAIS, S., CASAL, S. Mineral Composition Variability of Coffees: A Result of Processing and Production. In: PREEDY, V. Processing and impact on active components in foods. 1 ed. New York: Nova Science Publish, 2014. p. 549-558.
- FAGAN, E.B., DE SOUZA, C.H.E., PEREIRA N.MARIA.B., AND V.J. MACHADO. Efeito do tempo de formação do grão de café (*Coffea* sp) na qualidade da bebida. *Biosci. J.* 27:729–738 (2011).
- FARAH, A., MONTEIRO, M.C., CALADO, V., FRANCA, A.S., TRUGO, L.C. Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee. *Food Chemistry* 98: 373–380. (2006).
- GONZALEZ-RIOS, O. SUAREZ-QUIROZ, M.L., BOULANGER, R, BAREL, M., GUYOT, B., GUIRAUD, J.P., SCHORR-GALINDO, S. Impact of “ecological” post-harvest processing on the volatile fraction of coffee beans: I. Green coffee. *Journal Food Composition and analysis* 20: 289-296. (2007).

- JESZKA-SKOWRON, M., STANISZ, E., PEÑA, M. P. Relationship between antioxidant capacity, chlorogenic acids and elemental composition of green coffee. *LWT - Food Science and Technology* 73, 243–250. (2016).
- JÖET, T.; LAFFARGE, A.; DESCROIX, F.; DOULBEAU, S.; BERTRAND, B.; KOCHKO, A.; & DUSSERT, S. Influence of environmental factors, wet processing and their interactions on the biochemical composition of green coffee beans. *Food Chemistry*, 118: 693-701 (2010).
- KITZBERGER, C. S. G.; SCHOLZ, M.B.S.; SILVA, J.B.G.D.; BENASSI, M. T. Caracterização sensorial de cafés arábica de diferentes cultivares produzidos nas mesmas condições edafoclimáticas. *Brazilian Journal of Food Technology* 6º SENSIBER: 39-48. (2010).
- KITZBERGER, C. S. G.; SCHOLZ, M. B. S.; PEREIRA, L. F. P.; BENASSI, M. T. Composição química de cafés arábica de cultivares tradicionais e modernas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 48: 1498-1506 (2013).
- KITZBERGER, C. S. G.; SCHOLZ, M.B.S.; SILVA, J.B.G.D.; BENASSI, M. T. Diversity of Organic Acids Content in Green and Roasted Coffea arabica Cultivars. In: VARGAS, C. Organic Acids: Characteristics, Properties and Synthesis. 1 ed. New York: Nova Science Publish, 2016. p. 74-101.
- KOSHIRO, Y., M.C. JACKSON, R. KATAHIRA, M.L. WANG, C. NAGAI, AND H. ASHIHARA. Biosynthesis of chlorogenic acids in growing and ripening fruits of Coffea arabica and Coffea canephora plants. *J. Biosci.* 62:731–742 (2007).
- LACERDA, J.S. Produção, Composição Química E Qualidade Da Bebida De Café Arábica Em Razão Da Dose De Cobre E Zinco. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa (2014). Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/0202/724bd697d5aaba9490190dc91821d76e2e4.pdf>
- LELOUP, V., GANCEL, C. LIARDON, R., RYTZ, A., PITHON, A. (2004) Impact of wet and dry process on green coffee composition and sensory characteristics. In: International Scientific Colloquium on Coffee (ASIC), 20th, 2004, Bangalore. Proceedings... Paris, 2004. CD ROM.
- MARTINEZ, H. E. P., CLEMENTE, J. M., LACERDA, J. S., NEVES, Y. P., PEDROSA, A. W. Nutrição mineral do cafeeiro e qualidade da bebida. *Ceres* 61: 838–848. (2014).
- MARTINEZ, H. E. P., LACERDA, J. S., CLEMENTE, J. M., SILVA FILHO, J. B., PEDROSA, A. W., SANTOS, R. H. S., CECON, P. R. Production, chemical composition, and quality of Arabic coffee subjected to copper doses. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 53: 443–452. (2018).
- MOHAMMED, F., GUILLAUME, D., DOWMAN, S., ABDULWALI, N., 2019. An easy way to discriminate Yemeni against Ethiopian coffee. *Microchemical Journal* 145: 173–179. (2019).
- MORGANO, M.A. PAULUCI, L.P., MANTOVANI, D.M.B., MORY, E.E.M. Determinação de minerais em café cru. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 22: 19-23. (2002).
- ROGERS, W.J.; MICHAUX, S.; BASTIN, M.; BUCHELI, P. Changes to the content of sugars, sugar alcohols, myo- inositol, carboxylic acids and inorganic anions in developing grains from different varieties of Robusta (*Coffea canephora*) and Arabica (*C. Arabica*) coffees. *Plant Science* 149: 115- 123. (1999).
- SCAA Protocols - Cupping Specialty Coffee (2015). Disponível em: <<http://www.scaa.org/PDF/resources/cupping-protocols.pdf>>. Acesso em 10 ago. 2019.
- SCHOLZ, M. B. S.; KITZBERGER, C. S. G.; DURAN, N.; RAKOCEVIC, M. Isômeros de ácidos clorogênicos em grãos de café originados de diferentes arranjos de plantio In: VIII Simpósio de Pesquisa Cafés do Brasil, 2013, Salvador. Anais do VIII Simpósio de Pesquisa Cafés do Brasil. Brasília: , 2013. v.1. p.1 – 4.
- SCHOLZ, M. B. S.; PRUDENCIO, S.H.; KITZBERGER, C. S. G.; SILVA, R.S.S.F. Physico-chemical characteristics and sensory attributes of coffee beans submitted to two post-harvest processes. *Journal of Food Measurement and Characterization* 13:831–839. (2019).
- ŞEMEN, S., MERCAN, S., YAYLA, M., AÇIKKOL, M. Elemental composition of green coffee and its contribution to dietary intake. *Food Chemistry* 215: 92–100. (2017).