RELAÇÃO ENTRE COMPOSTOS BIOATIVOS E QUALIDADE SENSORIAL EM GENÓTIPOS DE *COFFEA ARABICA*

Maria Clara Bolari Ramos[1], Isabella Sobreira Alexandre Assis[1], Maíra Silva Cattem[1], Lidiane dos Santos Gomes Oliveira[1], Ramon Azevedo Braz[1], Elaine Manelli Riva Souza[2], Márcia Flores da Silva Ferreira[1], Adésio Ferreira[1]

[1]Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Alto Universitário, s/n, Bairro Guararema, 29.500-000, Alegre- ES, Brasil, mariabolari1@gmail.com, isabellasobreira_a_assis@hotmail.com, maira_cattem@hotmail.com, lidianegomes31@gmail.com, ramon_gdr@gmail.com, marcia.ferreira@ufes.br, adesioferreira@gmail.com.

[2]Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), BR-262, km 110, Viçosinha, São João de Viçosa (Caixa Postal 40), CEP 29378-990, Brasil, elaine.riva@gmail.com.

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar a relação entre os teores de trigonelina, cafeína e ácido clorogênico e a qualidade sensorial da bebida em genótipos de *Coffea arabica*. Foram avaliados dez genótipos pertencentes ao Programa de Melhoramento Genético do Café Arábica do Incaper, com três repetições. A relação entre a composição bioquímica e a nota sensorial total foi investigada por correlação de Pearson e regressão linear múltipla. Os genótipos também foram submetidos à análise de agrupamento hierárquico pelo método de Ward, com distância euclidiana, utilizando os teores dos três compostos, e as notas sensoriais foram comparadas entre os grupos formados. Não foram observadas correlações significativas entre a nota sensorial total e trigonelina, cafeína ou ácido clorogênico. A regressão múltipla também não foi significativa, indicando baixa capacidade explicativa desses compostos para a variação da nota total. O agrupamento hierárquico separou os genótipos em dois grupos com perfis bioquímicos distintos, porém não houve diferença significativa entre as respectivas notas sensoriais. Os resultados indicam que, nos genótipos avaliados, a diferenciação bioquímica baseada nos três compostos não se refletiu diretamente na nota sensorial total, reforçando o caráter complexo e multicomponente da qualidade da bebida.

Palavras-chave: Melhoramento genético. HPLC. Correlação. Análise multivariada. Variabilidade bioquímica.

Área do Conhecimento: Agronomia

Introdução

A qualidade sensorial do café arábica (*Coffea arabica* L.) está associada à composição química dos grãos, na qual compostos como trigonelina, cafeína e ácidos clorogênicos apresentam papel relevante. A concentração desses compostos pode variar entre genótipos e condições de cultivo, contribuindo para diferenças na composição bioquímica dos materiais e, potencialmente, na expressão de características sensoriais da bebida (Nugroho; Basunanda; Yusianto, 2020; Ogutu et al., 2022). Estudos com diferentes materiais de *C. arabica* também têm demonstrado variação nos teores desses compostos, reforçando a existência de diversidade bioquímica entre genótipos (Mengistu; Workie; Mohammed, 2020).

Entretanto, a relação entre composição bioquímica e qualidade sensorial não ocorre de forma simples ou isolada. Estudos têm identificado associações entre compostos presentes nos grãos e atributos da bebida, mas essas relações podem variar entre conjuntos de materiais e condições experimentais. Barbosa et al. (2019) observaram correlações entre a composição de grãos verdes e a qualidade sensorial, enquanto Cheserek et al. (2022) identificaram relações entre características bioquímicas e sensoriais em genótipos de café. Esses resultados indicam que a contribuição dos

compostos químicos para a qualidade da bebida deve ser interpretada de forma integrada, considerando a atuação conjunta de diferentes componentes.

Nesse contexto, abordagens estatísticas que associem informações químicas e sensoriais podem contribuir para compreender se diferenças no perfil bioquímico dos genótipos estão relacionadas à variação da qualidade da bebida. Além das análises de correlação, métodos de regressão e agrupamento permitem investigar tanto a associação entre compostos e nota sensorial quanto a formação de grupos de genótipos com perfis químicos distintos. Assim, objetivou-se avaliar a relação entre os teores de trigonelina, cafeína e ácido clorogênico e a qualidade sensorial da bebida em genótipos de *Coffea arabica*, verificando se diferentes perfis bioquímicos estão associados à variação da nota sensorial total.

Metodologia

Foram avaliados 10 genótipos de *Coffea arabica* L. pertencentes ao Programa de Melhoramento Genético do Café Arábica do Incaper, com três repetições. Para cada genótipo, foram considerados os teores de trigonelina, cafeína e ácido clorogênico, bem como a nota sensorial total da bebida. Os extratos foram obtidos por extração aquosa por percolação, conforme metodologia descrita por Do Carmo et al. (2022), com adaptações, e os teores dos três compostos foram determinados por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC), seguindo a metodologia de Viencz et al. (2023). A avaliação sensorial foi realizada por provadores treinados, de acordo com os procedimentos adotados pelo CECAFES/Incaper, com base nas diretrizes da Specialty Coffee Association (SCA) (Fernández-Alduenda; Giuliano, 2021), sendo utilizada a nota sensorial total da bebida nas análises.

A relação entre a composição bioquímica e a qualidade sensorial foi inicialmente avaliada pelo coeficiente de correlação de Pearson, utilizando as médias dos genótipos para os três compostos e para a nota total da bebida. Em seguida, foi ajustado um modelo de regressão linear múltipla, considerando a nota sensorial total como variável resposta e os teores de trigonelina, cafeína e ácido clorogênico como variáveis preditoras. Para investigar a formação de grupos de genótipos com perfis bioquímicos semelhantes, foi realizada análise de agrupamento hierárquico pelo método de Ward, utilizando distância euclidiana com base nos teores dos três compostos avaliados. O número de grupos foi definido pelo método da silhueta, que indicou k = 2.

Após a formação dos grupos bioquímicos, a nota sensorial total foi comparada entre eles. Inicialmente, foram avaliados os pressupostos de normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk e de homogeneidade das variâncias pelo teste de Bartlett. Diante da ausência de normalidade indicada pelo teste de Shapiro-Wilk, a comparação entre os grupos foi realizada pelo teste de Wilcoxon (Mann-Whitney). Complementarmente, foi aplicado o teste t para comparação das médias entre os grupos. Todas as análises foram conduzidas no software R, considerando nível de significância de 5%.

Resultados

A correlação de Pearson entre a nota total da bebida e os teores de trigonelina, cafeína e ácido clorogênico não foi significativa a 5% para nenhum dos três compostos (trigonelina: $r = 0,372$, $p = 0,290$; cafeína: $r = -0,025$, $p = 0,945$; ácido clorogênico: $r = -0,134$, $p = 0,713$) (Figura 1).

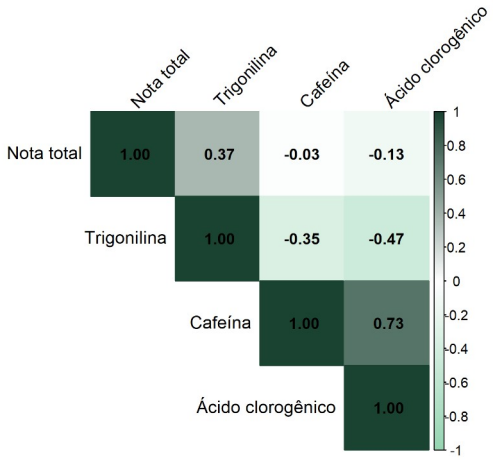


Figura 1. Matriz de correlação de Pearson entre a nota total da bebida, trigonelina, cafeína e ácido clorogênico.

A regressão linear múltipla, considerando a nota total da bebida como variável resposta e os três compostos como preditores, não apresentou significância a 5% (p = 0,784), explicando apenas 15,3% da variação da nota total (R^2 = 0,153; R^2 ajustado = -0,271) (Figura 2).

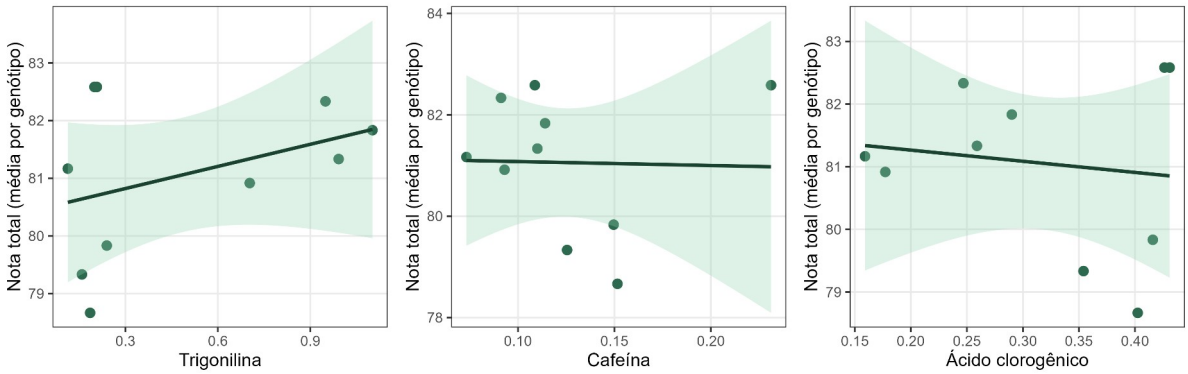


Figura 2. Dispersão da nota total da bebida em função da trigonelina, cafeína e ácido clorogênico.

O método da silhueta indicou dois grupos como o número que melhor separa os genótipos quanto ao perfil bioquímico. A análise de agrupamento hierárquico separou os genótipos em dois grupos distintos (Figura 3): o Grupo 1, formado por 15_1, 15_2, 15_3, 15_5 e 15_11, e o Grupo 2, formado por 15_4, 15_6, 15_7, 15_8 e 15_10.

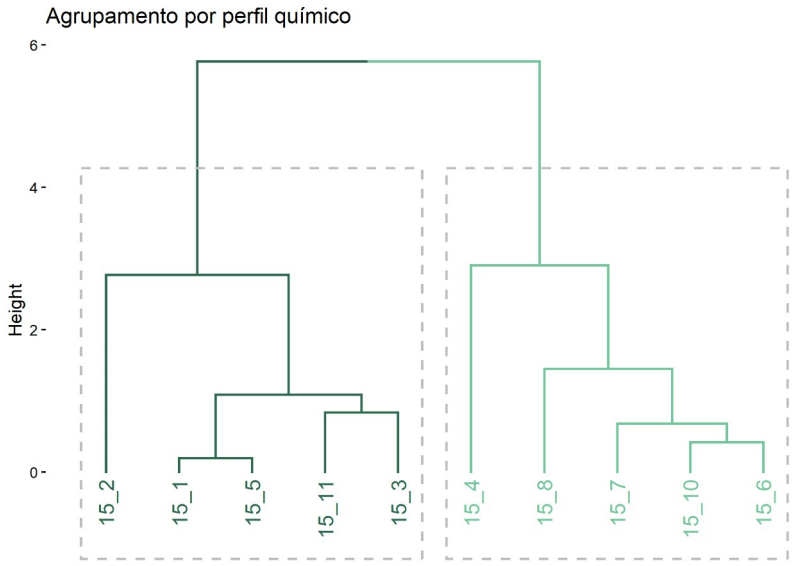


Figura 3. Dendrograma de agrupamento hierárquico dos genótipos com base nos teores de trigonelina, cafeína e ácido clorogênico (distância euclidiana, método de Ward).

A comparação da nota total entre os dois grupos formados pelo agrupamento bioquímico não indicou diferença significativa, tanto pelo teste de Wilcoxon (W = 94; p = 0,452) quanto pelo teste t (t = -1,22; p = 0,235). Os dois grupos apresentaram a mesma mediana de nota total (82,0), com distribuições sobrepostas: o Grupo 1 variou de 76,0 a 83,25, e o Grupo 2, de 78,0 a 83,75 (Figura 4).

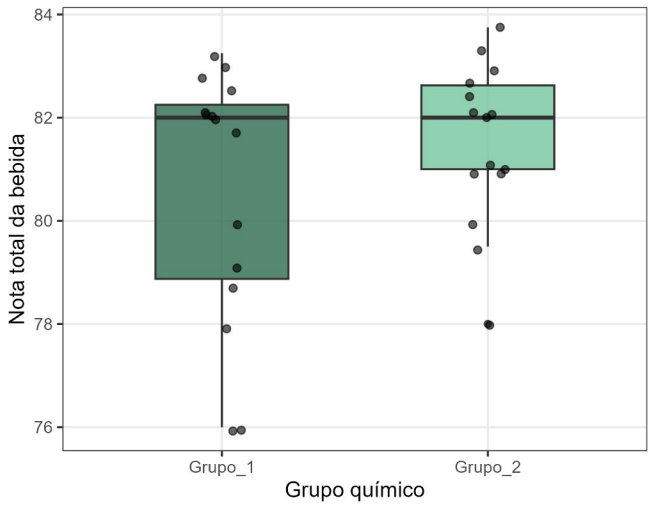


Figura 4. Nota total da bebida por grupo formado no agrupamento bioquímico (Grupo 1 e Grupo 2).

Discussão

A ausência de correlações significativas entre a nota sensorial total e os teores de trigonelina, cafeína e ácido clorogênico indica que, no conjunto de genótipos avaliado, a variação desses compostos não apresentou relação linear direta com a qualidade sensorial global da bebida. Estudos anteriores demonstram que a composição bioquímica pode se associar a diferentes atributos

sensoriais, porém essas relações variam de acordo com o conjunto genético avaliado e com as condições ambientais e de processamento. Barbosa et al. (2019) observaram associações entre componentes químicos dos grãos verdes e a qualidade sensorial da bebida, enquanto Cheserek et al. (2022) identificaram correlações entre características bioquímicas e sensoriais em genótipos de café. Dessa forma, a ausência de correlação observada neste estudo não exclui a participação desses compostos na expressão da qualidade sensorial da bebida, mas sugere que sua influência não ocorre de maneira isolada sobre a nota sensorial total.

O baixo poder explicativo da regressão linear múltipla reforça essa interpretação, uma vez que a combinação dos teores de trigonelina, cafeína e ácido clorogênico explicou apenas pequena parcela da variação observada na nota sensorial. A qualidade da bebida constitui uma característica complexa, resultante da contribuição conjunta de diferentes componentes químicos, além de fatores genéticos, ambientais e tecnológicos. Abordagens metabolômicas têm demonstrado que a diferenciação sensorial do café está associada a conjuntos de metabólitos e não necessariamente à concentração de um único composto ou de um grupo reduzido de constituintes (Rocchetti et al., 2020). De modo semelhante, Urugo et al. (2024) destacaram a influência conjunta de propriedades físico-químicas, composição bioquímica e compostos relacionados ao aroma sobre a qualidade da xícara.

Apesar da ausência de associação significativa com a nota sensorial total, o agrupamento hierárquico permitiu separar os genótipos em dois grupos distintos com base nos teores de trigonelina, cafeína e ácido clorogênico, evidenciando diferenças entre os materiais quanto ao perfil bioquímico. Entretanto, a ausência de diferença significativa entre as notas sensoriais dos grupos demonstra que a divergência química observada não foi acompanhada por uma diferenciação equivalente na qualidade sensorial total. Esse resultado reforça a importância de considerar diferentes dimensões da qualidade do café de forma complementar, uma vez que genótipos bioquimicamente distintos podem apresentar desempenho sensorial semelhante.

Dessa forma, os resultados indicam que os três compostos avaliados são capazes de contribuir para a diferenciação bioquímica dos genótipos, mas não foram suficientes para explicar, isoladamente ou em conjunto, a variação da nota sensorial total. A avaliação integrada de diferentes características químicas e sensoriais pode, portanto, fornecer informações mais abrangentes sobre os materiais e contribuir para uma melhor compreensão da complexidade envolvida na qualidade da bebida de *Coffea arabica*.

Conclusão

Os teores de trigonelina, cafeína e ácido clorogênico não apresentaram associação significativa com a nota sensorial total nos genótipos de *Coffea arabica* avaliados, tanto individualmente quanto em conjunto. Apesar disso, o perfil bioquímico permitiu a formação de grupos distintos de genótipos, evidenciando variabilidade para os compostos estudados. A ausência de diferença na nota sensorial entre esses grupos indica que a diferenciação bioquímica observada não se refletiu diretamente na qualidade sensorial total da bebida. Esses resultados reforçam o caráter complexo da qualidade do café e demonstram a importância de avaliar conjuntamente diferentes características químicas e sensoriais.

Referências

BARBOSA, M. S. G.; SCHOLZ, M. B. S.; KITZBERGER, C. S. G.; BENASSI, M. T. Correlation between the composition of green Arabica coffee beans and the sensory quality of coffee brews. Food Chemistry, v. 292, p. 275-280, 2019. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.04.072.

CHESEREK, J. J.; NGUGI, K.; MUTHOMI, J. W.; OMONDI, C. O.; KATHURIMA, C. W. Genetic variability and correlation of biochemical and sensory characteristics of coffee. Journal of Agricultural Science, v. 14, n. 2, p. 95-103, 2022. DOI: 10.5539/jas.v14n2p95.

DO CARMO, L. B.; BENINCÁ, D. B.; GRANCIERI, M.; PEREIRA, L. V.; LIMA FILHO, T.; SARAIVA, S. H.; SILVA, P. I.; OLIVEIRA, D. S.; COSTA, A. G. V. Green coffee extract microencapsulated: physicochemical characteristics, stability, bioaccessibility, and sensory acceptability through dairy

beverage consumption. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 19, n. 20, art. 13360, 2022. DOI: 10.3390/ijerph192013360.

FERNÁNDEZ-ALDUENDA, M. R.; GIULIANO, P. *Coffee Sensory and Cupping Handbook*. Specialty Coffee Association, 2021.

MENGISTU, M. W.; WORKIE, M. A.; MOHAMMED, A. S. Biochemical compounds of Arabica coffee (*Coffea arabica* L.) varieties grown in northwestern highlands of Ethiopia. Cogent Food & Agriculture, v. 6, n. 1, art. 1741319, 2020. DOI: 10.1080/23311932.2020.1741319.

NUGROHO, D.; BASUNANDA, P.; YUSIANTO. Performance of biochemical compounds and cup quality of Arabica coffee as influenced by genotype and growing altitude. Pelita Perkebunan, v. 36, n. 1, p. 1-23, 2020. DOI: 10.22302/iccri.jur.pelitaperkebunan.v36i1.409.

OGUTU, C.; CHERONO, S.; NTINI, C.; WANG, L.; HAN, Y. Comprehensive analysis of quality characteristics in main commercial coffee varieties and wild Arabica in Kenya. Food Chemistry: X, v. 14, art. 100294, 2022. DOI: 10.1016/j.fochx.2022.100294.

ROCCHETTI, G.; BRACESCHI, G. P.; ODELLO, L.; BERTUZZI, T.; TREVISAN, M.; LUCINI, L. Identification of markers of sensory quality in ground coffee: an untargeted metabolomics approach. Metabolomics, v. 16, art. 127, 2020. DOI: 10.1007/s11306-020-01751-6.

URUGO, M. M.; TOLA, Y. B.; KEBEDE, B. T.; OGAH, O.; MATTINSON, D. S. Associations of Arabica coffee cup quality with green bean geographic origin, physicochemical properties, biochemical composition, and volatile aroma compounds. Journal of Agriculture and Food Research, v. 18, art. 101549, 2024. DOI: 10.1016/j.jafr.2024.101549.

VIENCZ, T.; ACRE, L. B.; ROCHA, R. B.; ALVES, E. A.; RAMALHO, A. R.; BENASSI, M. T. Caffeine, trigonelline, chlorogenic acids, melanoidins, and diterpenes contents of Coffea canephora coffees produced in the Amazon. Journal of Food Composition and Analysis, v. 117, art. 105140, 2023. DOI: 10.1016/j.jfca.2023.105140.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES), da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), do Consórcio Pesquisa Café, do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) e da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).