

CARACTERIZAÇÃO VOLÁTIL DA BEBIDA DE CAFÉ ARÁBICA SUBMETIDA À FERMENTAÇÃO E DIFERENTES MÉTODOS DE EXTRAÇÃO

Pedro Henrique de Almeida Satil Gonçalves¹, Bernardo Aparecido Buqueroni Mateini¹, Kailane Pimenta Inácio¹, Evandro Messias², Luma de Magalhães Pardal Lamas¹, Karla Moreira Vieira³, Vanessa Moreira Osório¹.

¹Universidade Federal do Espírito Santo, Alto Universitário, s/n, Guararema – 29500-000 – Alegre-ES, Brasil, almeidahsg@gmail.com, mateininado@gmail.com, kailanepimentaincacio@gmail.com, luma.lamas@edu.ufes.br, moreirava@yahoo.com.br.

²Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Metodologias para Análise de Óleos – LABPETRO, Departamento de Química, Universidade Federal do Espírito Santo, Av. Fernando Ferrari, 514, Vitória – 29075-910 – Espírito Santo, Brasil, evandroqt@gmail.com.

³Universidade Federal de Ouro Preto/Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas, Rua Trinta e Seis, 115, Loanda, 35931-008 – João Monlevade-MG, Brasil, vieirakarla@ufop.edu.br.

Resumo

Este estudo avaliou o impacto da fermentação e diferentes métodos de extração na composição volátil e qualidade sensorial do café arábica, utilizando as variedades Obatã e Catuaí Amarelo. Amostras controle e fermentadas (SIAF) foram submetidas a torra média, sendo a bebida preparada pelos métodos Filtrado e Hario V60. A análise sensorial, realizada por provadores capacitados segundo a rigorosa metodologia SCAA, indicou que as amostras fermentadas apresentaram maior complexidade aromática, com atributos frutados, florais e doces, enquanto as amostras dos grupos controles se mantiveram relacionadas à atributos relacionados com notas amargas. A análise por PCA dos compostos voláteis identificados por meio de Cromatografia Gasosa Acoplada à Espectrometria de Massas (CG-EM) revelou que a fermentação foi o principal fator de diferenciação dos perfis voláteis. O Obatã destacou-se com uma maior pontuação sensorial. Os resultados indicam que a fermentação pode melhorar a qualidade da bebida, com o método de preparo também sendo responsável pela modulação da composição química destes cafés.

Palavras-chave: Café arábica. Qualidade. Filtrado. Hario V60. Cromatografia Gasosa.

Área do Conhecimento: Ciências exatas e da terra – Química.

Introdução

O café é uma *commodity* brasileira amplamente produzida e exportada para o restante do mundo, sendo que o Brasil, por exemplo, foi responsável por 34% de toda a produção mundial no ano de 2013. A espécie *Coffea arabica* é a mais produzida do gênero *Coffea* no país, com a espécie *Coffea canephora* ficando em segundo lugar. No Espírito Santo, o café arábica representa uma área de 160 mil hectares em plantações no estado, com prevalência na região sul, em áreas com altitudes superiores a 400 metros e com clima frio, impactando diretamente mais de 150 mil pessoas com a geração de empregos diretos e indiretos (Fernandes; Daltio; Martinho, 2016; Incaper, 2025). O café arábica se caracteriza por apresentar bebidas de melhor qualidade, apresentando sabores e aromas intensos, além de acidez equilibrada, porém com maior exigência de cuidados no seu manejo. No estado do Espírito Santo, as altitudes em que se deve realizar o plantio variam entre 500 a 1.400 metros, e a temperatura está numa faixa de 18 a 22 °C, permitindo uma maturação lenta e uniforme dos frutos (Mapa, 2022).

Com o aumento da exigência do mercado consumidor, o padrão de qualidade também deve sofrer uma crescente. Fatores que envolvem desde a genética ao manejo, clima, composição química e microbiota do solo, além de práticas pré e pós-colheita, influenciam na composição química que dá o aroma e o sabor desejáveis ao grão (Tavares, 2018). Os processos de secagem e torra afetam diretamente nas propriedades organolépticas do produto final, desencadeando as chamadas Reações de *Maillard* e a Degradação de *Strecker*, que originam os compostos voláteis responsáveis pelas

características sensoriais, formados a partir de moléculas oriundas do produto cru após sofrerem reações de pirólise (Schenker *et al.*, 2000; Livramento *et al.*, 2017).

A torrefação compõe uma importante etapa do processamento dos grãos de café nas etapas pós-colheita, sendo o tipo de torra escolhida e os cuidados tomados ao realizá-la grandes agregadores de qualidade, como notas características de sabor e aroma ao grão e, conseqüentemente, à bebida do café (Putra; Hanifah; Karim, 2019). Alguns dos compostos não voláteis mais comuns do café, como os ácidos clorogênicos e a trigonelina, formam os compostos voláteis ao sofrerem processamento térmico. Os ácidos clorogênicos geram os compostos fenólicos, relacionados principalmente com o sabor do café (Elias, 2019), enquanto a trigonelina produz derivados das classes dos pirrois e das piridinas, que influenciam notoriamente no seu aroma (Nogueira; Trugo, 2003; Malta; Chagas, 2009). Ademais, aldeídos, cetonas, ésteres, álcoois, entre outros voláteis, também podem ser formados (Leite, 1991).

Além disso, a fermentação anaeróbica autoinduzida tem sido estudada como fator crucial na obtenção de cafés de qualidade superior. Durante a fermentação, alguns açúcares como a glicose, a frutose e a sacarose são consumidos, tendo como produtos alguns tipos de ácidos (cítrico, málico, láctico e acético) e álcoois (glicerol e etanol), que são determinantes no tipo sensorial do produto, contribuindo na complexidade do perfil do café (Silva *et al.*, 2024).

Juntamente, os métodos de preparo da bebida são diversos, sendo que ainda não foram investigados à fundo com o fim de determinar se há ou não diferenças entre sua composição química volátil de acordo com o meio de extração escolhido pelo consumidor. Portanto, atualmente, necessita-se traçar se há a possibilidade de um modo de preparo causar modificações relevantes tanto em proporções moleculares quanto nas notas sensoriais e aromas percebidos pelos apreciadores da bebida.

Tendo visto os inúmeros fatores que influem na qualidade e notas do café arábica, a exigência dos compradores e consumidores por um padrão elevado do produto, além da ausência de estudos que cataloguem o perfil volátil da bebida, que é o agregador de sabor e aroma do café, torna-se relevante a avaliação da influência da fermentação e métodos de preparo da bebida (filtrado e Hario V60) nas suas características finais percebidas pelos consumidores e nos benefícios financeiros propiciados aos produtores e compradores.

Metodologia

Para a execução do presente trabalho, foram colhidos dois clones de café arábica, Obatã e Catuaí Amarelo, em uma propriedade localizada na zona rural do município de Mimoso do Sul, no arredor do distrito de Conceição do Muqui, no estado do Espírito Santo. Cada uma das porções coletadas sofreu diferentes vias de processamento: uma seguiu pelo beneficiamento via seca, com secagem em terreiro suspenso, enquanto a outra sofreu fermentação por meio natural para que, somente após isso, pudesse seguir pela via seca.

Os grãos em estágio de maturação “cereja” foram colhidos manualmente, cultivados numa faixa de altitude de 750 metros acima do nível do mar. Foram selecionados apenas frutos maduros, sendo os verdes e os “boias” descartados. As amostras em triplicata de cada uma das variedades seguiram devidamente alocadas em baldes de fermentação de polietileno, devidamente higienizados.

O acompanhamento do processo teve o auxílio de termômetros digitais, que indicaram o término do processo fermentativo: a temperatura, após aumentar no decorrer dos dias, estabilizou-se e voltou a cair, apontando o seu fim. Após isso, os cafés foram expostos à radiação solar até que se atingisse cerca de 11% de umidade. As amostras controle, em triplicata, seguiram diretamente para a secagem em terreiro suspenso.

As amostras foram submetidas a torra média. Por meio de torrador mecânico com temperatura controlada, obteve-se o café torrado de acordo com o aspecto desejado. Para fins de análise de qualidade, foi realizado o teste de xícara, que compõe uma sequência de procedimentos padronizados, de caráter qualitativo e subjetivo. Foi realizado por degustadores experientes com a finalidade de estabelecer uma pontuação final referente à qualidade da bebida e definir os seus nuances sensoriais. As amostras foram torradas (em torra média) 24 horas antes do teste. Após isso, seguindo o padrão da rigorosa metodologia da *Specialty Coffee Association of America* (SCAA), realizou-se a prova das bebidas (SCAA, 2003).

O Método Filtrado, muito utilizado nos lares brasileiros, se baseia no uso de um porta filtro, que serviu de suporte para o filtro de papel em que o pó foi colocado. A água fervente foi despejada em

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

movimentos circulares sobre o café. Por meio da gravidade, a bebida foi obtida em um recipiente abaixo do suporte. Neste caso, os resíduos do café permaneceram retidos no filtro de papel.

Similar ao Método Filtrado, o Método Hario V60 consiste num porta filtro específico de material plástico ou de porcelanato que abriga ranhuras espiraladas em seu interior, o qual exige um tipo de filtro de papel especial. De acordo com a própria marca, a anatomia tanto do filtro quanto do seu suporte permite uma expansão do pó e uma grande abertura que possibilita o controle da velocidade da filtragem (Tavares, 2018).

Para o preparo das amostras, a proporção utilizada foi de 75 mL de água destilada para cada 5 g de café moído e torrado. No método de microextração em fase sólida utilizando o modo *headspace*, combinado com cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (HS-SPME/CG-EM), foram pipetados 10 mL de bebida de café preparada através de diferentes métodos de extração, filtrado e Hario V60, com as amostras sofrendo infusão por 4 minutos no intervalo de temperatura de 92-95 °C e foram acondicionadas em frascos *headspace*. Os frascos foram aquecidos a 70 °C durante 30 minutos. Os compostos voláteis da bebida de café foram coletados pela fibra Divinilbenzeno/Carboxeno/Poldimetilsiloxano (DVB/CAR/PDMS, com espessura de filme de 50 µm) e posteriormente injetados no cromatógrafo gasoso acoplado ao espectrômetro de massas, modelo QP-PLUS-2010, da marca Shimadzu. A coluna capilar de sílica fundida utilizada foi a Rtx-5MS (com 30 metros de comprimento e 0,25 mm de diâmetro interno). O hélio foi utilizado como gás de arraste, com fluxo de 1,67 mL/min. As temperaturas no injetor e no detector, respectivamente, foram de 250 °C e 300 °C. No início, a coluna começou com 40 °C, sofrendo acréscimos de 3 °C por minuto, até atingir a temperatura máxima de 125 °C, permanecendo estacionada por um minuto para que a temperatura voltasse a aumentar 10 °C a cada minuto, até atingir a temperatura de 245 °C, sendo mantida por 3 minutos. Para traçar os constituintes orgânicos voláteis, os espectros resultantes foram comparados ao da biblioteca do próprio equipamento, como também com outros trabalhos publicados e com os referidos índices de retenção. No cálculo dos índices de retenção (RI), uma mistura de alcanos lineares (C₈ a C₂₃), respeitando o ambiente utilizado na análise dos compostos voláteis do café, foi injetada no cromatógrafo. Os índices de retenção (IR) foram calculados usando a equação 1 (Van Den Dool; Kratz, 1963).

$$IR = 100[n + (t_c - t_n) / (t_{n+1} - t_n)] \quad (1)$$

Onde: t_c - tempo de retenção do composto de interesse; t_n - tempo de retenção do hidrocarboneto posterior; n - nº de carbonos do hidrocarboneto anterior.

Resultados

A partir do teste de xícara realizado por 6 (seis) provadores capacitados, seguindo o rígido protocolo da SCAA, foram atribuídas as notas sensoriais em uma escala centesimal numérica. Na Tabela 1, pode-se observar os atributos e *scores* das amostras em triplicata, submetidas a torra média.

Tabela 1 – Atributos sensoriais e *score* de cada grupamento de amostras.

Grupo	Atributos sensoriais	Score
OBC1TM	Caramelo, chocolate amargo, doce, amêndoas, cítrico, acidez baixa, corpo alto, áspero, finalização longa, amargor, adstringente, corpo sedoso, finalização curta, leve amargor, nozes, finalização agradável.	82,29
OBC2TM	Caramelo, chocolate, tostado, acidez média, corpo médio, finalização doce, levemente seco, <i>nibs</i> .	80,79
OBC3TM	Caramelo, chocolate, doce, acidez média, corpo médio, finalização doce e seca, chocolate amargo, falta corpo, seco, amêndoas, cereal, áspero.	81,83
OBSIAF1TM	Caramelo, frutas cítricas, amêndoas, acidez média cítrica, corpo médio, finalização curta, frutado, doce, cremoso, adstringente, erva-doce, melaço, chocolate, mel, leve frutado, agradável.	83,25

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

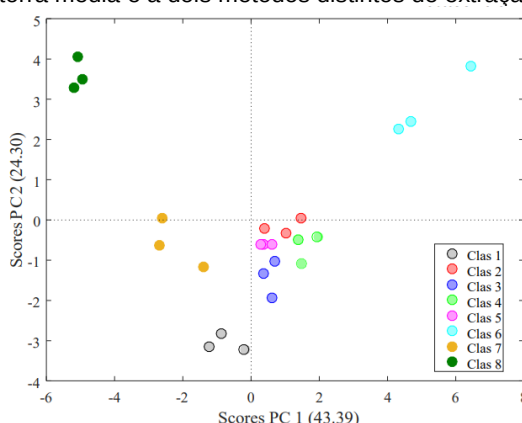
OBSIAF2TM	Frutado, doce, acidez cítrica média, corpo médio, frutas roxas, delicado, caramelo, fermentado, chocolate, licoroso, finalização doce, corpo cremoso médio.	84,42
OBSIAF3TM	Frutado, doce, caramelo, acidez cítrica, corpo médio, chocolate, amêndoas, delicado, torra clara, leve adstringente, sedoso, levemente tostado, finalização doce e seca, média.	83,13
CAC1TM	Chocolate, tostado, amargo, acidez média, corpo médio seco, caramelo, chocolate amargo.	81,46
CAC2TM	Chocolate, tostado, amêndoas, amargo, acidez média, corpo médio, caramelo, fumaça.	80,50
CAC3TM	Caramelo, chocolate, amêndoas, nozes, acidez cítrica média, corpo médio, finalização doce e seca/média.	82,83
CASIAF1TM	Chocolate amargo, frutado, acidez média, corpo médio, doce, frutado, leve frutado, caramelo.	83,04
CASIAF2TM	Chocolate, caramelo, nozes, acidez média, corpo médio, finalização doce e seca/média, cereal, caramelo.	82,88
CASIAF3TM	Chocolate, doce, caramelo, cereal, acidez cítrica média, corpo sedoso, finalização média, caramelo.	82,50

Fonte: Próprio autor.

Legenda: OB – Obatã; CA – Catuaí Amarelo; C – Controle; SIAF – Fermentado 168h; TM – Torra Média.

Na Figura 1 tem-se a representação gráfica da Análise dos Componentes Principais (PCA) das amostras em bebida, controles e fermentadas (0h e 168h, respectivamente), submetidas à torra média e separadas por método de extração e obtenção da bebida de café, por meio de filtro ou Hario.

Figura 1 – PCA dos compostos voláteis identificados via CG-EM nas amostras de café, controle e tratamento (SIAF), submetidas à torra média e à dois métodos distintos de extração (filtrado e Hario V60).



Fonte: Próprio autor.

Classe 1: OBCTMF0, Classe 2: CACTMF0, Classe 3: OBSIAFTMF168, Classe 4: CASIAFTMF168, Classe 5: OBCTMH0, Classe 6: CACTMH0, Classe 7: OBSIAFTMH168, Classe 8: CASIAFTMH168 (OB: Obatã; CA: Catuaí Amarelo; CT: Controle 0h; SIAF: Fermentado 168h; TM: Torra Média; F: Filtrado; H: Hario V60; 0: Fermentado 0 dias ou 0h; 168: Fermentado 7 dias ou 168h).

Discussão

Ambas as variedades de café arábica apresentaram notas dentro da categoria de cafés especiais definida pela SCAA (≥ 80 pontos), com pontuação que variou entre 80,50 e 84,42. As amostras que apresentaram os melhores desempenhos foram da variedade Obatã, submetidas ao processo de fermentação SIAF, com 84,42, 83,25 e 83,13 de média, respectivamente.

As maiores notas sensoriais estão associadas às amostras SIAF em relação às amostras controle. A fermentação contribuiu para uma maior complexidade aromática, contando com atributos sensoriais ligados à qualidade da bebida, como frutados, florais, e notas doces (caramelo, mel, frutas cítricas e

roxas), além de maior equilíbrio entre acidez e corpo. As amostras controle, no entanto, se mostraram relacionadas à atributos relacionados com notas amargas, como tostado e fumaça.

As amostras fermentadas de ambas as variedades preservaram os atributos positivos, como frutado, floral, doce e caramelo, que estão associadas às maiores pontuações. Desse modo, Obatã apresentou maior impacto na fermentação, com 84,42 pontos, enquanto o Catuaí Amarelo, apesar de apresentar também bons resultados, obteve scores um pouco menores.

A PCA demonstrou que os dois primeiros componentes explicaram 67,69% da variância total dos compostos voláteis, sendo 43,39% atribuídos à PC1 e 24,30% à PC2. A PC1 foi responsável pela separação mais evidente, distinguindo de forma clara as amostras controle (0h) daquelas submetidas à fermentação SIAF por 168h, evidenciando a sua influência na diferenciação dos perfis químicos observados. Já a PC2 refletiu principalmente a influência do método de extração, posicionando as amostras preparadas no Hario V60 em valores mais positivos e as do Filtrado em valores mais negativos. Esse efeito, embora menos expressivo que o da fermentação, indica que o modo de preparo também modula a liberação e detecção dos compostos voláteis, ajustando a distribuição das amostras no espaço.

Conclusão

Dessa maneira, os resultados obtidos através deste estudo evidenciam que a fermentação SIAF exerce papel central na qualidade sensorial e do perfil volátil do café, sendo capaz de diferenciar as amostras fermentadas em relação aos controles. As amostras fermentadas apresentaram maior complexidade aromática e notas associadas a cafés de maior qualidade, refletidas em pontuações sensoriais superiores, com o Catuaí Amarelo apresentando menores scores, apesar de também possuir amostras classificadas como cafés especiais (≥ 80 pontos). A análise por PCA demonstrou que a fermentação foi o principal determinante na separação das amostras. Entre as variedades, Obatã se destacou por apresentar melhor resposta à fermentação e maiores pontuações gerais, embora o Catuaí Amarelo também tenha demonstrado resultados positivos na obtenção de bebidas de qualidade.

Referências

CATÁLOGO “CAFÉS BRASILEIROS COM INDICAÇÃO GEOGRÁFICA” — MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA. [s. d.]. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/indicacao-geografica/arquivos-publicacoes-ig/catalogo-cafes-brasileiros-com-indicacao-geografica/view>. Acesso em: 1 set. 2025.

ELIAS, A. M. T. **Perfil físico-químico de Blends de variedades de café em diferentes condições do processo de torrefação**. [s. l.], 29 jan. 2019. Disponível em: <https://repository.ufrpe.br/handle/123456789/1386>. Acesso em: 1 set. 2025.

FERNANDES, I. V.; DALTIO, J.; MARTINHO, P. R. R.; CARVALHO, C. A. de. **Aspectos territoriais da produção e distribuição do café no Espírito Santo**. [S. l.]: In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA 10., 2016, Campinas. Anais... Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2016. 1 p., 2016. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1053828>. Acesso em: 1 set. 2025.

INCAPER - CAFEICULTURA - CAFÉ ARÁBICA. [s. d.]. Disponível em: <https://incaper.es.gov.br/cafeicultura-arabica>. Acesso em: 1 set. 2025.

LEITE, I. P. **Influência do local de cultivo e do tipo de colheita nas características físicas, composição química do grão e qualidade do café (Coffea arabica L.)**. 1991. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Programa de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos, Escola Superior de Agricultura de Lavras, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1991.

LIVRAMENTO, K. G. do; BORÉM, F. M.; JOSÉ, A. C.; SANTOS, A. V.; LIVRAMENTO, D. E. do; ALVES, J. D.; PAIVA, L. V. Proteomic analysis of coffee grains exposed to different drying process.

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

Food Chemistry, [s. l.], v. 221, p. 1874–1882, 15 abr. 2017.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.069>.

MALTA, M. R.; CHAGAS, S. J. de R. Avaliação de compostos não-voláteis em diferentes cultivares de cafeeiro produzidas na região sul de Minas Gerais. **Acta Scientiarum. Agronomy**, [s. l.], v. 31, p. 57–61, 2009. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v31i1.6629>.

NOGUEIRA, M.; TRUGO, L. C. Distribuição de isômeros de ácido clorogênico e teores de cafeína e trigonelina em cafés solúveis brasileiros. **Food Science and Technology**, [s. l.], v. 23, p. 296–299, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612003000200033>.

PUTRA, S. A.; HANIFAH, U.; KARIM, M. A. Theoretical study of fluidization and heat transfer on fluidized bed coffee roaster. **AIP Conference Proceedings**, v. 2097, n. 1, p. 030112, 23 abr. 2019.

SCHENKER, S.; HANDSCHIN, S.; FREY, B.; PERREN, R.; ESCHER, F. Pore Structure of Coffee Beans Affected by Roasting Conditions. **Journal of Food Science**, v. 65, n. 3, p. 452–457, abr. 2000.

SILVA, L. C. F.; PEREIRA, P. V. R.; CRUZ, M. A. D. da; COSTA, G. X. R.; ROCHA, R. A. R.; BERTARINI, P. L. L.; AMARAL, L. R. do; GOMES, M. S.; SANTOS, L. D. Enhancing Sensory Quality of Coffee: The Impact of Fermentation Techniques on Coffea arabica cv. Catiguá MG2. **Foods**, [s. l.], v. 13, n. 5, p. 653, jan. 2024. <https://doi.org/10.3390/foods13050653>.

SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA. **Protocols & Best Practices**. California: SCAA, 2003. Disponível em: <https://sca.coffee/research/protocols-best-practices>. Acesso em: 1 set. 2025.

TAVARES, M. P. F. **Avaliação das diferentes formas de preparo da bebida de café no Brasil sob a ótica ambiental**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Tecnologia de Embalagem, Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas, 2018.

VANDENDOOL, H.; KRATZ, P. D. A GENERALIZATION OF THE RETENTION INDEX SYSTEM INCLUDING LINEAR TEMPERATURE PROGRAMMED GAS-LIQUID PARTITION CHROMATOGRAPHY. **Journal of Chromatography**, [s. l.], v. 11, p. 463–471, ago. 1963. [https://doi.org/10.1016/s0021-9673\(01\)80947-x](https://doi.org/10.1016/s0021-9673(01)80947-x).

Agradecimentos

Prestamos nossa imensa gratidão à nossa orientadora Vanessa Moreira Osório por todo o apoio ao longo desta pesquisa e ao *Coffee Designer Group* do Ifes Campus Venda Nova do Imigrante pelo trabalho executado com excelência na análise sensorial dos cafés.