

DINÂMICA DA CAFEÍNA EM GRÃOS DE CAFÉ ARÁBICA DE ALTITUDE SUBMETIDOS À FERMENTAÇÃO CONTROLADA

Krisley Camila Moraes Lopes, Jair Roberto Vianna Machado, Bárbara Oliveira Moura dos Santos, Maria Clara Castro Bonze, Isadora Moreira da Silva, João Bastista Esteves Pelúzio, Tercio da Silva de Souza

¹Instituto Federal do Espírito Santo, Rodovia BR 482 (Alegre X Cachoeiro) KM 47, Distrito de Rive, Alegre – Espírito Santo, CEP: 29520-000, Brasil, morais.camila.lopes@gmail.com, jairrobertom@gmail.com, bsbiologa@gmail.com, mariacastrobonze@gmail.com, isadoracalegario@gmail.com, jbpeluzio@ifes.edu.br, tssouza@ifes.edu.br.

Resumo

Este trabalho investigou a dinâmica da cafeína em grãos de *Coffea arabica* cultivados em altitude e submetidos à fermentação controlada. Frutos maduros da cultivar Catuaí Vermelho foram fermentados por diferentes períodos (0 a 144 horas) e analisados quanto ao teor de cafeína. A quantificação foi realizada por espectrofotometria UV-VIS e os dados submetidos a regressão estatística. Os resultados demonstraram que a cafeína apresentou aumento gradual ao longo do processo, atingindo o valor máximo de 90,18 mg/g em 72 horas, seguido de estabilização. Esse comportamento indica que a fermentação controlada favorece a liberação do alcaloide, contribuindo para maior complexidade e equilíbrio sensorial da bebida, sem intensificar amargor excessivo. Conclui-se que o tempo de 72 horas representa o ponto ótimo para potencializar a qualidade química e sensorial do café, reforçando a importância do manejo adequado da fermentação pós-colheita como estratégia de valorização no mercado de cafés especiais.

Palavras-chave: *Coffea arabica*; cafeína; fermentação natural; qualidade sensorial; cafés especiais.

Área do Conhecimento: Ciências Agrárias

Introdução

Os cafés especiais têm conquistado um mercado consumidor exigente, interessado em notas sensoriais diferenciadas, consolidando-se como um setor em crescimento (SEBRAE, 2021). A produção de arábica tem recebido mais investimentos nos últimos anos devido à crescente demanda por cafés de alta qualidade, incluindo os especiais. Isso agrega valor ao produto, impulsiona o agronegócio e favorece o turismo rural. O crescimento das microrregiões produtoras fortalece a economia local e atrai visitantes interessados na cultura cafeeira, nas paisagens naturais e nas propriedades familiares, consolidando os cafés especiais no mercado nacional e internacional (Castro, 2019).

A compreensão da diversidade de estratégias que podem ser utilizadas nos processos de colheita e pós-colheita já foi amplamente difundida, e passa-se a ter uma maior compreensão de que a forma como esses procedimentos são realizados podem afetar a qualidade final do café no momento em que é realizada a análise sensorial, afirma Simão (2021). A partir do crescimento do consumo de café e a procura por notas sensoriais diversificadas, novas formas de se processar os grãos estão sendo adotadas, buscando assim, a melhoria dos atributos sensoriais, como é o caso da fermentação (Castro, 2022).

A fermentação pode ser um modo interessante de estratégia para a produção de cafés com perfis sensoriais diferenciados. Este termo foi designado para classificar os cafés que possuem um alto padrão de qualidade, a partir de parâmetros técnicos metrificados oficialmente por um Q-Grader (Arabica Quality Grader) certificado pelo Coffee Quality Institute (CQI) (Pereira et al., 2020).

A fermentação de maneira induzida permite que diversos processos bioquímicos ocorram na presença de leveduras e bactérias, em que enzimas existentes na mucilagem degradem lipídios, proteínas, ácidos e açúcares, que se convertem em ácidos, álcoois, ésteres e cetonas. E isso permite que haja potencialização na qualidade da bebida e no aroma do café, desenvolvendo assim perfis

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

sensoriais diversificados e até mesmos exóticos, como foi analisado em análises sensoriais, e tudo isso amplia o valor e a qualidade do produto final (Silva, 2014).

A cafeína se destaca a partir de suas propriedades estimulantes, para Pimenta (2003), o café foi pioneiro quando se aborda a extração desse alcaloide, a cafeína, em que o processo de torração dos grãos causa alterações baixas na concentração da cafeína. As análises de grãos de café (*Coffea arabica* L.) crus e torrados, comumente, não variam entre si quanto à concentração de cafeína, possibilitando demonstrar que a sua ocorrência não se degrada a partir de alterações em diferentes pontos de torra confirmando, desta forma, sua estabilidade térmica durante esse processo. Estudos demonstram também que a cafeína pode se apresentar como inibidora do crescimento de fungos diversos, inclusive os toxigênicos.

O objetivo deste estudo foi compreender como a fermentação controlada em diferentes intervalos de tempo modula a concentração de cafeína em grãos de *Coffea arabica* de altitude, contribuindo para estratégias de melhoria da qualidade e valorização dos cafés especiais.

Metodologia

O presente trabalho foi desenvolvido em dois ambientes, sendo eles divididos entre o ambiente “A” e ambiente “B”.

A – A coleta de dados desta pesquisa foi realizada no Sítio Santa Rita, localizado no município de Espera Feliz, Minas Gerais. O clima da região é do tipo Cwb, segundo a classificação de Köppen, caracterizado pelo inverno seco e verão chuvoso. Foi selecionado um talhão para colheita das amostras, os frutos utilizados foram de café arábica, da cultivar “Catuaí Vermelho”. A altitude do talhão varia de 1.030 a 1.070 m, com topografia acidentada e face soalheira, a área do talhão selecionado abrange 1,68 ha e possui 3.733 plantas em um espaçamento de 3 x 1,5 m, com idade de 23 anos após recapeira.

B – As análises físico-químicas dessa pesquisa foram realizadas no Laboratório de Química Aplicada do Instituto Federal do Espírito Santo – campus de Alegre, localizado no Distrito de Rive, Alegre – ES, onde as amostras foram devidamente identificadas e separadas para a realização das metodologias estabelecidas.

A coleta das amostras foi manual e seletiva de frutos maduros. A colheita foi realizada em um único dia, com recata manual, resultando em um lote composto apenas por frutos maduros, posteriormente, o lote foi homogeneizado e separado em sete frações de 50 L cada. Cada fração foi submetida a um período de fermentação, que variou de 0 a 144 h, com intervalos de 24 h.

Com exceção da fração 0 h, que não foi fermentada, as demais amostras foram acondicionadas em tambores plásticos de 50 L, sem adição de água, apenas úmidos da lavagem. Ao término de cada tempo de fermentação, as frações foram colocadas para secar em terreiro suspenso.

Os tambores utilizados foram inicialmente limpos, identificados e perfurados na parte inferior (3 furos com 5 mm de diâmetro) para realizar a drenagem da água residual do processo de lavagem e do líquido proveniente da fermentação. Os tambores foram colocados no mesmo ambiente, sob telhado e sobre área cimentada, não exposto a chuva.

O tambor com a fração de 144 h de fermentação recebeu um termômetro digital que foi inserido na massa de grãos, a 20 cm da superfície do café, registrando a temperatura a cada 10 minutos. A cada dia, também foram registradas as temperaturas máximas e mínimas do ambiente.

A seca dos grãos foi realizada na sede do Sítio, em terreiro suspenso, com cobertura plástica alta transparente, a 1,2 m do chão. A movimentação foi constante durante a seca, com instrumentos independentes entre os tratamentos, com cinco revolvimentos ao dia em cada amostra, em camadas que variaram de 2 a 8 cm, do início ao final da secagem, até atingir entre 11 a 11,8% de umidade, mediante utilização de determinador portátil de umidade.

De cada tratamento, foram coletadas três amostras, repetições, de igual volume, visando atender as análises, com folga para possíveis reavaliações.

Após a secagem, cada lote de café em coco foi acondicionado em sacos plásticos próprios e armazenados em tulha por aproximadamente 60 dias. A umidade dos lotes foi acompanhada durante o armazenamento.

O beneficiamento do café se deu ao término do armazenamento, utilizando máquina apropriada para este fim, com rigorosa limpeza entre um lote e outro.

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

De cada tempo de fermentação, retirou-se, após homogeneização, uma amostra de 1,5 kg de café descascado, que foi dividida em três parcelas cada, compondo um experimento com três repetições em um total de 21 parcelas. Após uma rigorosa codificação, as amostras passaram por análise física e separação por peneiras, utilizando apenas grãos de tamanho 16 e acima, de acordo com o Protocolo de Classificação Oficial Brasileira de Café (COB), Instrução Normativa nº 08, de 11 de junho de 2003, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2003) aos 80 dias após aplicação dos tratamentos.

Cafeína (CAF)

Para a mensuração da cafeína, as amostras constaram de grãos *in natura* isentos de defeitos e secos a 65°C em estufa de circulação de ar forçada (modelo MA 035 da Marconi), por 48h. Os grãos foram triturados em moinho tipo Willye modelo TE 631/2 da Tecnal, com peneira de 2 mm, acondicionadas em embalagens de plástico e armazenadas em freezer à temperatura de -18 °C até a realização das análises.

Para esta determinação, foram utilizados os seguintes procedimentos de extração. Em um béquer de 100 mL foram adicionados 0,2 g da amostra, aos quais foram acrescidos 50 mL de água quente, a aproximadamente 90°C. Após agitação, deixou-se a suspensão em repouso durante 10 minutos. O conteúdo foi então transferido para um balão volumétrico de 100 mL, com lavagens sucessivas com água destilada, até aproximadamente 80 mL. Os resultados foram expressos em porcentagem (m m⁻¹) de cafeína, calculados a partir da equação.

$$\text{CAF (\%)} = ((A - 0,00261) / 0,5037) * 10 / m) \quad R^2 = 0,99 \quad \text{Eq.}$$

CAF = cafeína presente nos grãos de café; A = absorbância; m = massa da amostra utilizada

Análise estatística

O experimento foi composto por sete tratamentos, correspondentes aos tempos de fermentação (0, 24, 48, 72, 96, 120 e 144 horas), com três repetições, totalizando 21 parcelas experimentais. A variável química foi submetida ao teste de regressão, utilizando o software Rbio (Bhering; Teodoro, 2021).

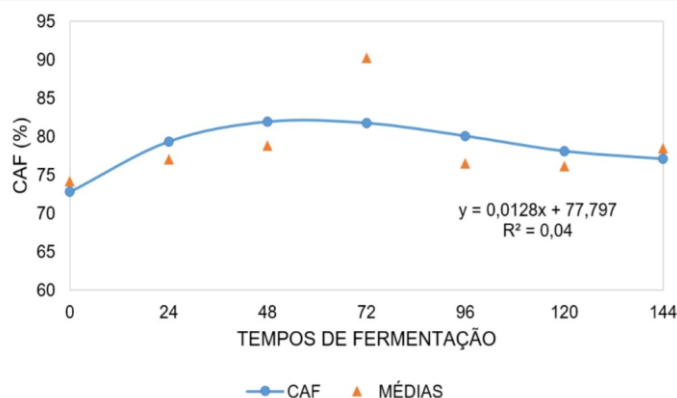
Resultados

A análise dos dados permite observar que a fermentação desempenha um papel essencial na modulação das características químicas. Associando a estabilização da variável de cafeína (90,18%), observa-se que esse cenário favorece um perfil sensorial mais agradável, equilibrando acidez, corpo e sabores. De acordo com Silva *et al.* (2021), períodos de fermentação intermediários, como 48 a 72 horas, otimizam a qualidade sensorial por preservar compostos voláteis e açúcares, enquanto minimizam adstringência e amargor, concordando com Pereira *et al.* (2020), que afirma que fermentações mais longas, tendem a intensificar compostos como a cafeína, resultando em sabores menos equilibrados.

Os resultados apresentados, refletem uma interação eficiente entre microrganismos e compostos presentes na mucilagem, criando condições favoráveis para o desenvolvimento de características sensoriais desejáveis. Estudos prévios apontam que o tempo de fermentação exerce papel crucial na definição da qualidade final do café, destacando 72 horas como um período estratégico para o desenvolvimento de perfis sensoriais superiores (Lacerda *et al.*, 2020; Silva, 2014; Pereira *et al.*, 2020). Tais achados solidificam a literatura existente, que identifica o controle do tempo de fermentação como um fator determinante na produção de cafés especiais de alta qualidade (Pimenta e Vilela, 2003; Neto *et al.*, 2017; Martinez *et al.*, 2017).

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

Figura 1 – Dinâmica da Cafeína com relação ao Tempo de Fermentação



Fonte: a autora (2025).

A concentração de cafeína (CAF), apresentou um comportamento interessante ao longo da fermentação. No início, a concentração era de 72%, aumentando gradualmente até atingir um pico de 92% às 72 horas. Em seguida, observou-se uma leve redução para 80% às 96 horas, com estabilidade nos valores ao final do processo, chegando a 89% às 144 horas. Esses resultados evidenciaram a influência da fermentação na dinâmica dos compostos presentes no grão. O aumento inicial, até 72 horas, pode ser explicado pela liberação de cafeína que estava inicialmente ligada a estruturas celulares, como paredes celulares ou proteínas. A atividade enzimática gerada pela fermentação provavelmente contribuiu para esse processo de liberação, conforme sugerido pela literatura (Lee *et al.*, 2015). Por outro lado, a leve redução observada após o pico pode estar associada a interações químicas no meio fermentativo, como a formação de complexos com compostos fenólicos ou ácidos orgânicos, o que pode reduzir a quantidade de cafeína livre. A estabilização ao final da fermentação, por volta de 144 horas, pode indicar o esgotamento da atividade enzimática ou o alcance de um equilíbrio químico natural no sistema, como descrito por Silva *et al.* (2019). Esse comportamento da cafeína é relevante porque sua concentração está diretamente ligada às características sensoriais do café, como o amargor e os efeitos estimulantes da bebida.

Estes resultados observados reforçam a importância de controlar as etapas e o tempo de fermentação para atingir um perfil sensorial equilibrado no café.

A adoção de técnicas específicas e o controle rigoroso dos processos fermentativos podem resultar em produtos com qualidades diferenciadas no mercado de cafés especiais (Lacerda *et al.*, 2020). Ao observar o comportamento da cafeína (CAF), indica picos no início da fermentação e concentrações mais estáveis ao longo do processo, caracterizando um estado de equilíbrio químico dinâmico, típico de sistemas fermentativos bem controlados (Lee *et al.*, 2015).

Conclusão

O processo fermentativo alterou de maneira expressiva a dinâmica da cafeína, sendo o período de 72 horas identificado como ponto ótimo para obtenção de grãos mais equilibrados quimicamente e sensorialmente. A manutenção de altos níveis de cafeína, sem intensificação indesejada de amargor, favorece a produção de cafés de qualidade superior, com maior valor agregado no mercado de especiais. Além disso, os resultados confirmam que o controle rigoroso do tempo de fermentação é uma ferramenta estratégica para produtores, permitindo padronizar processos, otimizar atributos sensoriais e atender às exigências crescentes de consumidores por bebidas com perfis diferenciados.

Referências

- BHERING, L. L.; TEODORO, P. E. **Estatística Experimental no Rbio**. 1.ed., Curitiba, PR, Brasil. **Brazil Publishing**, 2021. Disponível em: <https://biometria.ufv.br/apresentacao/> . Acesso em: 8 jan. 2025.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 8, de 11 de junho de 2003**. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade para a Classificação do Café Beneficiado Grão Cru. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 13 jun. 2003. Disponível em: <https://encurtador.com.br/DmCsA>
- CASTRO, L. L. F. POTENCIALIDADES E LIMITAÇÕES SOCIOECOLÓGICAS DA REGIÃO DAS MONTANHAS CAPIXABAS PREDOMINANTE DA CAFEICULTURA DE ARÁBICA. 1. ed. [s.l.] **Associação de Produtores de Cafés Especiais das Montanhas do Espírito Santo – ACEMES**, 2019.
- CASTRO, C. V. **Fermentação controlada de café para pequenos produtores**. 2022.
- LACERDA, J.M.B. et al. Efeito da fermentação natural em café arábica. **Revista Internacional de Ciências**, v. 6, n. 3, p. 99-111, 2020. DOI: 10.36524/ric.v6i3.808.
- LEE, L.W. et al. Coffee fermentation and flavor - An intricate and delicate relationship. **Food Chem**. 185, 182–191. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.124>.
- MARTINEZ, S.J. et al. Different inoculation methods for semi-dry processed coffee using yeasts as starter cultures. **Food Res**. Int. 102, 333–340. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.09.096>
- NETO, D.P.C. et al. diversity and physicochemical characteristics associated with coffee bean fermentation from the Brazilian Cerrado Mineiro region. **Fermentation** 3. 2017. <https://doi.org/10.3390/fermentation3010011>
- PEREIRA, G. V. M. et al. Lactic acid bacteria: what coffee industry should know? Current Opinion in **Food Science**, [S. l.], v. 31, p. 1-8, 2020.
- Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE). **Cafés especiais ganham preferência no gosto do brasileiro**. 2021. Disponível em: <https://encurtador.com.br/LrvE9> . Acesso em: 16 jan. 2025.
- PIMENTA, C. J. Qualidade de café. 3. ed. Lavras: **Editora UFLA**, 200308
- SILVA, C. F. **Microbial activity during coffee fermentation**. In: **Cocoa and Coffee Fermentations**. [S. l.: s. n.], 2014.
- SILVA, M. C. S. et al. Microrganismos na fermentação induzida do café: Cartilha 2. Luzerna: Editora Ad Verbum, 2021. 20 p. il. 23 cm. (**Série Fermentação do Café e Pós- colheita**). ISBN 978-65-87362-10-6.
- SIMÃO, F. P. **Relações entre fatores ambientais, tempo de secagem e atributos sensoriais de qualidade do café arábica do Caparaó, avaliadas em diferentes datas de colheita**. 2021. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte-Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes – RJ.