

INFLUÊNCIA DO TEOR DE UMIDADE DO CAFÉ NO RENDIMENTO E QUALIDADE PÓS-TORRA

João Victor do Carmo Garcia¹
José Geraldo Magalhães Junior¹
Felipe Latini²
Irlane Toledo Bastos³
Ricardo Arizono dos Reis⁴

ricardo.arizono@gmail.com

ÁREA DO CONHECIMENTO: Ciências Agrárias

RESUMO

O café arábica chegou ao Brasil no ano de 1727, no estado do Pará, e é um dos frutos mais importantes no Brasil, desempenhando papel fundamental na economia e na geração de empregos ao longo de toda a cadeia produtiva. O presente estudo teve como objetivo avaliar a influência do teor de umidade dos grãos de café sobre o rendimento pós-torra, o tempo de torrefação e a qualidade sensorial da bebida. O experimento foi conduzido com três níveis de umidade (11,8%, 12,1% e 12,7%), com cinco repetições para cada tratamento, sendo analisados o rendimento após a torrefação, o tempo necessário até atingir o ponto desejado e nota sensorial das amostras. Os resultados demonstraram que menores teores de umidade apresentaram um maior rendimento e menor tempo de torra, enquanto teores de umidade maiores resultaram em maior perda de massa e aumento no tempo de torra. Em relação à qualidade sensorial, não foram observadas interferências entre os tratamentos, indicando que a variação da umidade estudada não comprometeu as características da bebida. Dessa forma, conclui-se que o teor de umidade influencia diretamente a eficiência do processo de torrefação, sendo o nível de 11,8% o mais indicado para a comercialização de café torrado, por proporcionar melhor rendimento e maior eficiência operacional, sem prejuízo da qualidade sensorial.

PALAVRAS-CHAVE: coffea arábica; teor de umidade; torrefação; qualidade de bebida.

¹ Acadêmicos do curso de Agronomia da Univértix.

² Engenheiro Agrônomo, Especialista em Cafeicultura Sustentável, Professor do curso de Agronomia na Univértix.

² Professora do curso de Agronomia na Univértix.

³ Professor do curso de Agronomia na Univértix.

⁴ Engenheiro Agrônomo, Especialista em Cafeicultura Sustentável, Professor do curso de Agronomia na Univértix.

1 INTRODUÇÃO

O café arábica chegou ao Brasil no ano de 1727, no estado do Pará, e é um dos frutos mais importantes no Brasil, desempenhando papel fundamental na economia e na geração de empregos ao longo de toda a cadeia produtiva. No ano agrícola 2023/24, o Brasil exportou 50,1 milhões de sacas, sendo o maior volume já registrado (ICO, 2025). Além da sua relevância econômica como um dos maiores produtos exportados, o café é também uma das bebidas mais consumidas do Brasil, o que impulsiona pesquisadores a buscarem informações voltadas à melhoria da qualidade e do rendimento do produto final (ABIC, 2021).

O produto final é resultado de uma cadeia produtiva extremamente complexa, que envolve desde o manejo no campo até o beneficiamento, secagem, armazenamento e torra dos grãos. Entre os fatores determinantes para a qualidade, destaca-se o teor de umidade dos grãos, que influencia diretamente no rendimento do processo de torra, nas características sensoriais e na estabilidade da mercadoria pronta (Guelere; Mendonça; Maciel, 2025).

No processo de torrefação, alterações no teor de umidade inicial dos grãos estão associadas a diferenças na transferência de calor e nas transformações físico-químicas, como degradação de açúcares, lipídios, proteínas e compostos bioativos (Debona *et al.*, 2022). Entre estes, destacam-se os ácidos clorogênicos (ACs), cuja degradação é acelerada pelo aumento da temperatura do processo, resultando em modificações na composição nutricional, na liberação de compostos fenólicos e na alteração das propriedades antioxidantes do café (Endeshaw; Belay, 2020). Análises sensoriais confirmam que a homogeneidade de umidade contribui para maior consistência na degustação do café (*cupping*), enquanto níveis inadequados podem levar à perda de voláteis aromáticos e redução da qualidade percebida (Cao *et al.*, 2023).

Outro aspecto significativo do processo de torra é o teor de umidade dos grãos de café que influencia as transições endotérmicas e exotérmicas durante a torra, afetando a absorção e liberação de calor, a eficiência energética do processo e a

formação dos compostos que determinam aroma e sabor da bebida (Mutovkina; Bredikhin, 2023).

É crucial destacar que, em um mercado global cada vez mais exigente, pequenos desvios no teor de umidade do café deixam de ser detalhes técnicos e passam a representar risco de desaprovação sensorial, perda de classificação especial e redução do valor agregado (Moreira *et al.*, 2021)

Diante disso, o presente estudo tem como objetivo avaliar como o teor de umidade dos grãos de café cru influencia o processo de torra, o rendimento e notas sensoriais da bebida.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O café exerce um papel estratégico na economia mundial e tem no Brasil seu maior expoente, haja vista que, no ano agrícola 2023/24 representou aproximadamente 39,16% de produção de sacas de café em relação à produção global (USDA, 2025). O setor cafeeiro brasileiro não apenas movimenta a balança comercial, mas também gera milhões de empregos diretos e indiretos, especialmente na região Sudeste, sendo responsável pela subsistência de pequenos e médios produtores. Essa expressiva representatividade econômica reforça a importância do aprimoramento em todas as etapas da cadeia produtiva (SNA, 2022).

A cadeia produtiva do café é composta por um conjunto de etapas interdependentes, desde o cultivo até a torra, e cada uma delas exerce influência direta sobre as propriedades químicas, físicas e sensoriais do produto final (Abreu *et al.*, 2025). O processo produtivo inicia-se com o manejo agrônomo da lavoura, no qual fatores como variedade, altitude, clima e tipo de solo determinam o potencial de qualidade dos grãos (Souza *et al.*, 2021). A escolha adequada da cultivar é essencial, pois cada genótipo apresenta comportamento distinto frente às condições ambientais, influenciando diretamente a concentração de açúcares, lipídios e ácidos orgânicos, compostos que são precursores do aroma e sabor característicos do café (Viçosi *et al.*, 2023).

Além disso, regiões de maior altitude e temperaturas mais amenas tendem a favorecer a formação de grãos com maior acúmulo de compostos voláteis, resultando

em cafés com complexidade aromática (Simão, 2021). Já o manejo pós-colheita deve ser cuidadosamente conduzido, pois define a uniformidade da umidade nos grãos, o comportamento térmico durante a torra e, conseqüentemente, a geração de importantes precursores de sabor (Pua *et al.*, 2022).

Durante a etapa de secagem, o controle do teor de umidade é fundamental para preservar a integridade física e química do café (Casé, 2022). A secagem inadequada, como condições de alta temperatura ou desuniformidade entre os grãos, pode causar fissuras internas, escurecimento excessivo e perda de compostos aromáticos (Casé, 2022). Outro fator relevante é o armazenamento, no qual grãos armazenados com teor de umidade superior a 12% tornam-se mais suscetíveis à proliferação de fungos e ao aparecimento de micotoxinas (Ferreira; Montanuci, 2020). Ao passo que teores muito baixos podem provocar fragilidade estrutural e perda de compostos voláteis responsáveis pelo aroma durante a torrefação (Ferreira; Montanuci, 2020).

O processo de torra consiste em submeter os grãos de café a temperaturas elevadas, promovendo uma série de transformações físico-químicas que definem a cor, o aroma e o sabor (Linhares, 2025). Durante esse aquecimento, ocorrem fases endotérmicas e exotérmicas associadas a reações como a de Maillard, a caramelização de açúcares e a degradação de ácidos clorogênicos, proteínas e lipídios, que dão origem aos compostos voláteis responsáveis pelo perfil sensorial do café (Linhares, 2025).

O teor de umidade inicial dos grãos influencia diretamente a transferência de calor e o comportamento térmico durante a torrefação, em que grãos com maior teor de umidade apresentam aquecimento mais lento, enquanto aqueles com menor teor de umidade absorvem o calor rapidamente, podendo resultar em carbonização superficial e afetando os compostos aromáticos (Bustos-Vanegas *et al.*, 2025).

Uma simulação do aquecimento dos grãos de café durante a torra revelou que a geração interna de calor, influenciada pelo teor de umidade inicial, impacta diretamente a expansão volumétrica, podendo alcançar até 1,8 vezes o volume original, e reduz a densidade dos grãos, essas alterações térmicas podem gerar pontos quentes ou subdesenvolvidos, comprometendo tanto o rendimento quanto a qualidade sensorial final da bebida (Bustos-Vanegas *et al.*, 2025). Assim,

compreender a interação entre o teor de umidade e comportamento térmico dos grãos é essencial para otimizar o processo de torrefação, garantindo equilíbrio entre rendimento, aroma e estabilidade sensorial.

Esses efeitos do teor de umidade sobre o comportamento térmico dos grãos se refletem diretamente no rendimento do processo e na expressão dos atributos sensoriais da bebida (Carneiro, 2021). Durante o processo de torra, parte da água presente nos grãos é evaporada, ocasionando perda de massa, densidade e modificações físicas que impactam o rendimento final (Martins, 2023). Embora o rendimento represente um indicador fundamental da eficiência produtiva, é por meio da avaliação sensorial que se verifica o impacto real das condições de torra na qualidade percebida da bebida (SCA, 2022).

A avaliação sensorial é uma etapa fundamental para compreender como as condições de teor de umidade inicial e torra, influenciam os atributos finais do café (SCA, 2022). Utilizando o método de *cupping*, reconhecido internacionalmente, é possível quantificar percepções humanas relacionadas a aroma, sabor, acidez, corpo, doçura e equilíbrio da bebida (SCA, 2022). De acordo com o protocolo de *cupping* da *Specialty Coffee Association* (SCA), esse processo de prova padronizado permite comparar amostras de forma objetiva e reproduzível para validar a qualidade alcançada após o processo de torra (SCA, 2022).

Portanto, a avaliação sensorial pelo meio do método de *cupping* consolida a importância do controle de umidade e da padronização da torra, ao evidenciar de forma prática como essas variáveis interferem no rendimento, na percepção de aroma, sabor e corpo do café.

3 METODOLOGIA

O presente estudo tratou-se de uma pesquisa experimental, que é baseada em um tipo de investigação científica caracterizada pelo controle e pela manipulação de variáveis, com o objetivo de observar os efeitos que essas alterações produzem sobre determinado fenômeno (Silva, 2022).

As amostras de café arábica (*Coffea arábica*) foram coletadas de forma semimecanizada, no mês de junho de 2025, no Córrego São Benedito, Zona Rural,

no município de São João do Manhuaçu – MG, região das Matas de Minas, situado nas coordenadas geográficas -20,4209483 de latitude, -42,1490846 de longitude e a aproximadamente 847 m de altitude. Os grãos, provenientes da cultivar catuaí 144 vermelho da mesma safra e lote, foram submetidos a um processo de secagem mecanizada, no mês de julho de 2025, em um secador rotativo, a uma temperatura de 60°C, com o monitoramento a cada 30 minutos até atingirem diferentes níveis de umidade de 11,8%, 12,1% e 12,7%. Após a secagem, realizou-se a etapa de cata manual, com o objetivo de remover grãos defeituosos, impurezas e materiais estranhos de acordo com a Classificação Oficial Brasileira (COB).

Posteriormente, as amostras foram submetidas ao processo de torrefação de café que foi composto por equipamentos destinados a fornecer calor aos grãos. O processo foi realizado em um torrador de prova da marca Carmomaq®, do tipo Laboratto. Entre seus principais elementos estava o tambor de torra, os misturadores internos (que asseguraram uma distribuição uniforme do calor), a bandeja de resfriamento e os controladores das variáveis do processo, como temperatura e tempo.

O delineamento experimental foi do tipo Inteiramente Casualizado (DIC), com três tratamentos (diferentes teores de umidade) e cinco repetições por tratamento. Cada repetição correspondeu a uma unidade experimental composta por 120g de grãos crus de café, os quais foram submetidos à torrefação sob condições padronizadas, visando atingir coloração correspondente a 95 na escala de Agtron, caracterizando uma torra clara. O processo foi conduzido conforme o protocolo da SCA, cujo objetivo é monitorar indiretamente o grau de torra no café. Durante a torrefação, foi registrado o tempo necessário para cada lote atingir a coloração desejada de prova, permitindo evidenciar a variação de tempo necessária para uniformidade de cor. Esse delineamento é recomendado em condições controladas, pois garante simplicidade na aplicação e eficiência na análise estatística por meio de ANOVA (Freitas, 2022).

Após a torra, o café foi submetido a moagem em um moedor da marca Botini®, modelo B55, em uma espessura média-grossa. Após a moagem, as amostras foram avaliadas por meio do método de *cupping*, conforme protocolos descritos no Manual

de Análise Sensorial Descritiva de Café (Nascimento; Celestino; Oliveira, 2023), amplamente utilizados em análises de qualidade de café. A degustação foi conduzida por um avaliador único, devidamente treinado e calibrado para percepção sensorial, e certificado pela SCA como Q-grader, que atribuiu notas de 0 a 10 aos atributos da bebida, como aroma, uniformidade, bebida limpa, doçura, acidez, corpo, sabor, finalização, equilíbrio e impressão geral de acordo com o protocolo de cupping da SCA. O somatório dessas notas aos atributos da bebida resulta na pontuação final do café. Embora a utilização de um único avaliador reduza a replicabilidade estatística, ela garante maior uniformidade nos julgamentos, minimizando variações que poderiam surgir de diferenças individuais de percepção (Aguiar; Celestino; Oliveira, 2023).

As análises sensoriais foram realizadas em sessões cegas, com replicação das amostras, enquanto os dados foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA), seguida de teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade para comparação múltipla entre médias. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software Sisvar.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos por meio do presente estudo demonstraram que as médias de teor de umidade inicial dos grãos influenciaram significativamente o rendimento após o processo de torrefação. Observou-se que os tratamentos apresentaram diferenças nos valores médios de rendimento, sendo o maior valor registrado no tratamento com menor teor de umidade (11,8%). A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos, que se diferem por letras entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% e a média do rendimento pós torra.

Tabela 1 - Rendimento do café torrado em função do teor de umidade e média de rendimento da cultivar catuaí 144

Umidade	Total do rendimento (Kg)	Média de rendimento (%)
11,8	0,513	82,08 A
12,1	0,5	80 B
12,7	0,469	75,04 C

Fonte: Elaborado pelos autores.

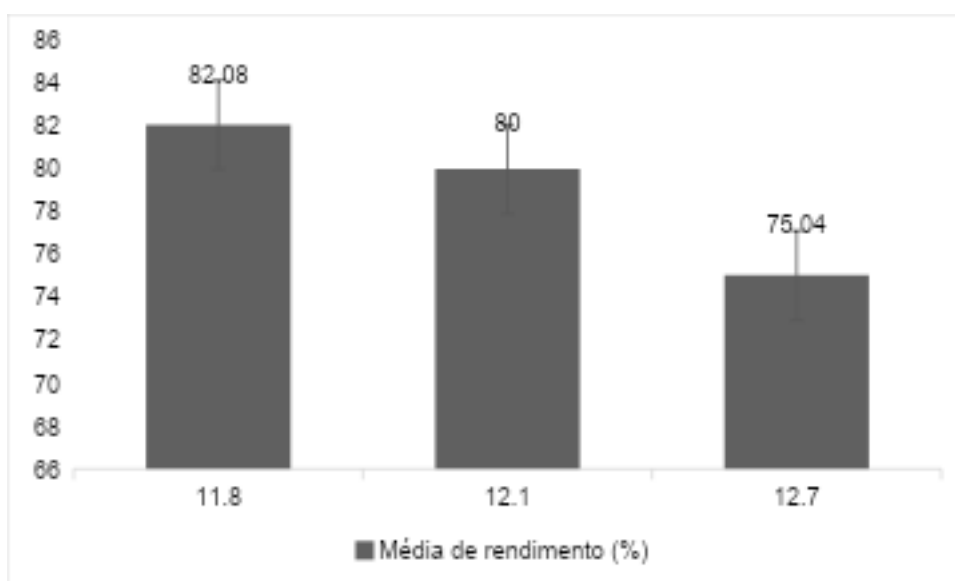
Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, após análise de variância.

Observa-se na Tabela 1 que o tratamento com 11,8% de umidade apresentou o maior rendimento médio, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. O tratamento com 12,1% apresentou rendimento intermediário, enquanto o tratamento com 12,7% de umidade apresentou o menor rendimento médio.

Esse resultado pode ser explicado pela maior quantidade de água presente nos grãos com maior teor de umidade. Durante o processo de torra ocorre evaporação da água e liberação de compostos voláteis, enquanto outra parcela é gerada a partir de reações de degradação da matéria orgânica, como a pirólise de açúcares e outras biomoléculas, o que resulta em perda de massa do grão (Martins, 2023). Dessa forma, grãos com maior quantidade de água tendem a apresentar maior perda de peso durante o processo da torrefação, reduzindo o rendimento final (Vitorino *et al.*, 2021)

Com o objetivo de complementar e facilitar a visualização da variação do rendimento pós-torra entre os tratamentos, os dados também foram representados graficamente (Figura 1). Observa-se que o tratamento com menor teor de umidade (11,8%) apresentou consistentemente os maiores rendimentos, enquanto o tratamento de maior umidade (12,7%) apresentou os menores valores.

Figura 1 – Média de rendimento pós-torra do café em função do teor de umidade dos grãos.



Fonte: Elaboração pelos autores.

Na Figura 1, verifica-se uma tendência clara da redução do rendimento com o aumento do teor de umidade nos grãos. Além disso, observa-se baixa variação entre as amostras dentro de cada tratamento, indicando boa uniformidade dos dados experimentais e maior confiabilidade dos resultados obtidos.

Durante a torrefação ocorre intensa perda de massa decorrente da eliminação de água e da degradação térmica de compostos orgânicos presentes nos grãos. As reações térmicas que ocorrem durante a torra, como as reações de Maillard e a caramelização de açúcares, contribuem para a formação do aroma e sabor do café, mas também promovem redução da massa do produto (Linhares, 2025).

Para a avaliação do tempo necessário para que os grãos atingissem o ponto desejado de torrefação houve diferença significativa pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Os valores médios observados para o tempo de torra em cada tratamento e o resultado obtido pelo teste de Scott-Knott estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Tempo médio de torra em função do teor de umidade dos grãos medido na cultivar catuaí 144

Umidade	Tempo total (s)	Média de tempo (s)
11,8	561	112,2 A
12,1	765	153 B
12,7	872	174,4 B

Fonte: Elaborado pelos autores.

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, após análise de variância.

Observa-se que o tratamento com menor teor de umidade apresentou o menor tempo médio de torra, enquanto os tratamentos com maior teor de umidade demandaram um tempo maior de exposição ao calor para alcançar o grau de torra desejado. Esse comportamento ocorre porque, nas etapas iniciais da torrefação, parte significativa da energia térmica fornecida ao sistema é utilizada para evaporar a água presente no interior dos grãos, prolongando o tempo de torra e aumentando o consumo energético (Workneh; Neela, 2020).

A umidade dos grãos exerce influência direta na transferência de calor durante a torrefação, podendo alterar a velocidade das reações químicas responsáveis pela formação de compostos aromáticos e pela coloração característica do café torrado.

Assim, grãos com maior teor de umidade necessitam de maior tempo para atingir as condições térmicas adequadas para o desenvolvimento dessas reações (Mutokvina, Bredikhin, 2023). Consequentemente, grãos com maior teor de umidade demandam maior consumo energético e maior tempo de processamento, tornando o processo de torrefação menos eficiente do ponto de vista operacional e econômico (Mutokvina, Bredikhin, 2023).

O tempo de torra se configura como um dos principais parâmetros responsáveis por moldar o sabor final da bebida, pois controla a intensidade e a duração das reações químicas que ocorrem dentro do grão, como a degradação de açúcares, a formação de compostos voláteis e a expansão dos gases. Em estudo que avaliou a qualidade da bebida de café em relação ao tamanho de partícula, à temperatura e o tempo de torra, os autores verificaram que alterações no tempo de exposição ao calor influenciam diretamente atributos como sabor, aroma e notas de amargor, indicando que pequenas variações no tempo de processo podem favorecer ou comprometer o perfil sensorial desejado (Workneh; Neela, 2020). No entanto, no presente estudo, não foi observada esta relação com o tempo e o perfil sensorial da bebida, visto que houve diferença significativa para o tempo de torra entre o tratamento de menor umidade (11,8) e os demais tratamentos com umidade superior (12,1 e 12,7) mas não houve diferença significativa no perfil sensorial da bebida.

Para as médias obtidas para a nota sensorial não houve diferença significativa pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Os resultados obtidos dessa avaliação, juntamente com o resultado de Scott-Knott estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Avaliação sensorial da cultivar catuaí 144 em função do teor de umidade dos grãos.

Umidade	Nota sensorial total	Média da nota sensorial
11,8	415	83 A
12,1	415	83 A
12,7	415	83 A

Fonte: Elaborado pelos autores.

Médias seguidas por letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, após análise de variância.

Observa-se que todas as amostras apresentaram média da nota sensorial de 83 pontos, indicando que não houve diferença significativa na qualidade sensorial da bebida. Esse resultado sugere que, embora o teor de umidade influencie parâmetros físicos do processo de torra, como rendimento e tempo de processamento, a variação observada neste estudo não foi significativa para provocar alterações nos atributos sensoriais do café.

Em um estudo em que os autores analisaram atributos físico-químicos, sensoriais e microbiológicos de grãos de café submetidos a diferentes métodos de secagem pós-colheita, os resultados obtidos são semelhantes aos observados neste trabalho, reforçando a importância das condições de processamento inicial para o desempenho final do produto. Os autores demonstraram que variações moderadas nas condições de secagem, como o tipo de método (seca natural, secagem mecânica etc.) e o tempo de exposição, podem impactar significativamente a qualidade sensorial do café, quando os grãos são posteriormente submetidos a condições adequadas de torrefação. Essa sensibilidade dos atributos sensoriais às etapas anteriores à torra indica que pequenas alterações no teor de umidade, na taxa de secagem ou na microbiota do grão já são capazes de influenciar a formação de compostos voláteis e o perfil de aroma do café torrado, evidenciando que o controle rigoroso das condições de processamento pós-colheita é essencial para alcançar um café de alta qualidade quando este passa pelo processo de torrefação (Abreu *et al.*, 2025).

Por outro lado, esse resultado também pode ser analisado de forma crítica, uma vez que a ausência de diferença sensorial pode estar relacionada à faixa relativamente estreita de umidade avaliada (11,8% a 12,7%), que possivelmente não foi suficiente para gerar contrastes sensoriais detectáveis. Em um estudo que teve como objetivo avaliar o teor de umidade no intervalo de 10% a 14%, os resultados obtidos apresentaram uma pontuação final da qualidade sensorial ≥ 80 , no entanto entre 10% a 12% não houve significância, o que corrobora com o presente estudo, entretanto o teor de umidade superior (13%) houve diferença significativa para a qualidade sensorial, sendo este teor de umidade o que apresentou a maior média de pontuação em qualidade sensorial da bebida. No entanto, umidades maiores que 12% apresentam uma maior probabilidade de ataque por microrganismos o que pode

ocasionar perda de qualidade ao longo do tempo de armazenamento (Ortega *et al.*, 2025). Além disso, fatores como a padronização da torra e o uso de um único avaliador podem ter contribuído para a homogeneização das notas atribuídas, reduzindo a sensibilidade da análise em identificar pequenas variações entre os tratamentos.

Esse resultado demonstra que o processo de torrefação foi eficiente em padronizar as características sensoriais, mesmo diante das variações no teor de umidade.

O processo de secagem pós-colheita foi realizado de forma a se obter a maior uniformidade possível, o que pode ter influenciado na manutenção da qualidade da bebida mesmo variando-se os teores de umidade. Além disso, quando o processo de secagem é conduzido adequadamente e o teor de umidade permanece dentro da faixa recomendada para armazenamento e processamento, as características sensoriais do café são preservadas. O controle adequado da umidade dos grãos antes da torra é fundamental para otimizar o rendimento e o desempenho do processo, garantindo maior eficiência operacional. Dessa forma, os resultados obtidos indicam que pequenas variações no teor de umidade podem afetar aspectos operacionais do processo de torrefação, sem necessariamente comprometer a qualidade sensorial final da bebida desde que os processos de secagem sejam bem conduzidos. Esse resultado demonstra que, dentro de limites adequados, o teor de umidade pode ser ajustado visando maior eficiência operacional sem prejuízo das características sensoriais. Entretanto, ressalta-se que essa estabilidade sensorial está condicionada à faixa de umidade avaliada, sendo possível que variações mais extremas possam comprometer a qualidade final da bebida.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O teor de umidade dos grãos de café influenciou o rendimento e o tempo de torra, evidenciando sua importância no controle do processo pós-colheita.

Menores teores de umidade proporcionaram maior rendimento e menor tempo necessário de torra até atingir o ponto desejado, enquanto teores de umidade maiores resultaram em maior perda de massa e um aumento no tempo de torrefação.

A avaliação sensorial não apresentou diferenças entre os tratamentos, indicando que a variação do teor de umidade na faixa estudada não comprometeu a qualidade da bebida.

Adicionalmente, os resultados sugerem que a avaliação de teores de umidade ainda menores pode resultar em incrementos adicionais no rendimento pós-torra, indicando uma perspectiva relevante para estudos futuros e otimização ainda maior no processo.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, L. A.; CELESTINO, S. M. C.; OLIVEIRA, L. L. Metodologia de Análise Descritiva Quantitativa da Bebida de Café (*Coffea arabica* L.): aplicação no treinamento para análise sensorial. Brasília, DF: **Embrapa Café**, 2023. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1141135>. Acesso em: 21 set. 2025.

ABIC - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ. **O café brasileiro na atualidade**. 2021. Disponível em: <https://www.abic.com.br/tudo-de-cafe/o-cafe-brasileiro-na-atualidade/>. Acesso em: 31 ago. 2025.

ABREU, D. J. M.; LORENÇO, M. S.; MACHADO, G. G. L.; SILVA, J. M.; AZEVEDO, E. C.; CARVALHO, E. E. N. Influence of Drying Methods on the Post-Harvest Quality of Coffee: Effects on Physicochemical, Sensory, and Microbiological Composition. **Foods**, v. 14, n. 9, p. 1463, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods14091463>. Acesso em 21 nov. 2025.

BUSTOS-VANEGAS, J. D.; MARTINS, E. A. S.; CORRÊA, P. C.; BAPTESTINI, F. M.; OLIVEIRA, G. H. H. Modeling and simulation of coffee bean heating during roasting. **Frontiers in Food Science and Technology**, v. 5, p. 1-7, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/frfst.2025.1603783>. Acesso em: 18 set. 2025.

CAO, X.; WU, H.; VIEJO, C. G.; DUNSHEA, F. R.; SULERIA, H. A. R. Effects of postharvest processing on aroma formation in roasted coffee – a review. **International Journal of Food Science & Technology**, 2023. Disponível em: <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/ijfs.16261>. Acesso em: 06 set. 2025.

CASÉ, I. N. **Processos alternativos de secagem do café arábica**. 2022. 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/34899>. Acesso em: 11 de nov. 2025

CARNEIRO, C. M. **Processo produtivo do café: torrefação e qualidade**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Química) — Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/31531/1/ProcessoProdutivoDo.pdf>. Acesso em: 07 nov. 2025.

DEBONA, D. G.; LOUVEM, R. F.; LUZ, J. M. R.; NARIYOSHI, Y. N.; CASTRO, E. V. R.; OLIVEIRA, E. C. S.; GUARCONI, R. C.; CASTRO, M. G.; OLIVEIRA, G. F.; PARTELLI, F. L.; SILVA, M. C. S.; BELLON, A. P.; PEREIRA, L. L. Cinética de transferência de calor e massa na qualidade química e sensorial de grãos de café arábica. **Agronomy**, v. 12, n. 11, p. 2880, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/12/11/2880>. Acesso em: 20 set. 2025.

ENDESHAW, H.; BELAY, A. Otimização das condições de torrefação para reduzir o teor de acrilamida e melhorar a composição de nutrientes e propriedades antioxidantes de Coffea arabica. **PLoS ONE**, v. 15, n. 8, p. e0237265, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237265>. Acesso em: 06 set. 2025.

FERREIRA, A. C. C.; MONTANUCI, F. D. Influência da temperatura e método de secagem do café (Coffea arabica) nas características físico-químicas e sensoriais da bebida de café. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Francisco Beltrão, v. 14, n. 2, p. 3228-3249, jul./dez. 2020. Disponível em: <https://revistas.utfpr.edu.br/rbta/article/viewFile/8380/8134>. Acesso em: 10 nov. 2025.

FREITAS, A. R. **Estatística experimental na agropecuária**. Brasília, DF: Embrapa, 2022. 457 p. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1149859>. Acesso em: 21 set. 2025.

GUELERE, P. V.; MENDONÇA, J. M. A.; MACIEL, A. L. R. Análise sensorial de cafés submetidos a diferentes tipos de processamento. **Revista Agroveterinária do Sul de Minas**, v. 7, n. 2, p. 182–195, 2025. Disponível em: <https://periodicos.unis.edu.br/agrovetsulminas/article/view/1024>. Acesso em: 31 ago. 2025.

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION – ICO. **Coffee market report: August 2025**. London, 2025. Disponível em: <https://www.ico.org/documents/cy2024-25/cmr-0825-e.pdf>. Acesso em: 6 set. 2025.

LINHARES, C. M. **Correlação entre os processos gastronômicos e a ciência de alimentos**. Monografia (Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) — Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Nutrição, Ouro Preto, 2025. Disponível em: <http://www.monografias.ufop.br/handle/35400000/8322>. Acesso em: 11 nov. 2025.

MARTINS, G. M. B. **Método alternativo de torra de café utilizando o micro-ondas doméstico**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) —

Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, Morrinhos-GO, jun. 2023. Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/3795>. Acesso em: 12 de nov. 2025.

MOREIRA, R. V.; CORRÊA, J. L. G.; MACEDO, L. L.; ARAÚJO, C. S.; VIMERCATI, W. C.; Souza, A. U.; JUNIOR, I. P.; JUNQUEIRA, J. R. J. *Sensory quality of parchment coffee subjected to drying at different relative humidity of air*. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 10, e541101019351, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/rsd/article/download/19351/17126>. Acesso em: 07 nov. 2025

MUTOVKINA, E. A.; BREDIKHIN, S. A. *Analysis of coffee thermophysical changes during roasting using differential scanning colorimetry*. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 43, p. 1-5, fev. 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/Ffv4BQ5nwKLLprXwNLvF8rP/>. Acesso em: 21 out. 2025.

NASCIMENTO, M. O.; CELESTINO, S. M. C.; OLIVEIRA, L. L. **Manual de análise sensorial descritiva de café**. Brasília, DF: Embrapa Café, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1156137/manual-de-analise-sensorial-descritiva-de-cafe>. Acesso em: 21 set. 2025.

PUA, A.; GOH, R. M. V.; HUANG, Y.; TANG, V. C. Y.; EE, K.; CORNUZ, M.; LIU, S. Q.; LASSABLIERE, B.; YU, B. Recent advances in analytical strategies for coffee volatile studies: opportunities and challenges. **Food Chemistry**, v. 388, p. 132971, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814622009335?via%3Dihub>. Acesso em: 10 nov. 2025.

SILVA, J. G. C. Experimental research. **World Journal of Advanced Research and Reviews**, v. 16, n. 3, p. 239-256, 2022. Disponível em: <https://wjarr.com/sites/default/files/WJARR-2022-1152.pdf>. Acesso em: 28 out. 2025.

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. 67 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Campos dos Goytacazes, RJ, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ifes.edu.br/handle/123456789/1619>. Acesso em: 17 de nov. 2025.

SNA - SOCIEDADE NACIONAL DE AGRICULTURA. **Café é responsável pela geração de mais de 500 mil empregos diretos no Brasil**, 2022. Disponível em: <https://sna.agr.br/cafe-e-responsavel-pela-geracao-de-mais-de-500-mil-empregos-diretos-no-brasil/>. Acesso em: 9 nov. 2025.

SCA – SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION. Understanding and Evolving the SCA Coffee Value Assessment System: Results of the 2020-2021 Cupping Protocol User Perception Study and Proposed Evolution. S.l.: **Specialty Coffee Association**, 2022.

Disponível em:
static1.squarespace.com/static/584f6bbef5e23149e5522201/t/62ff6f82e076e71f661ca1c6/1660907395782/CVAS+Evolution+Report+2022.pdf#page=5.42 Acesso em: 21 nov. 2025

SOUZA, M. A.; SIMÃO, J. B. P.; SILVA, M. V.; ZANUNCIO JUNIOR, J. S. Denominação de origem Caparaó para café arábica. **Incaper em Revista**, Vitória, v. 11 e 12, p. 49-60, dez. 2021. Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/busca?b=ad&id=23769&biblioteca=vazio&busca=incaper%20em%20revista&qFacets=incaper%20em%20revista&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>. Acesso em: 16 nov. 2025.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Coffee: World Markets and Trade – 2024/2025** Report. Foreign Agricultural Service, Washington, D.C., 2025. Disponível em: <https://www.fas.usda.gov/data/production/commodity/0711100>. Acesso em: 9 nov. 2025.

VIÇOSI, D. B.; ZANDONADI, C. U.; GUARÇONI, R. C.; MARTINUZZO, M. B.; ALIXANDRE, F. T.; FERREIRA, C. C.; ROSSI, V. S.; PAULA, E.; FORNAZIER, M. J. Importância da melhoria da qualidade do café arábica para a sustentabilidade de propriedades agrícolas. **Incaper em Revista**, Vitória, v. 13 e 14, p. 57-70, dez. 2023. Disponível em: <https://revista.incaper.es.gov.br/index.php/ojs/article/view/16/16>. Acesso em: 10 nov. 2025.

VITORINO, M.D.; FRANCA, A.S.; OLIVEIRA, L.S.; RODRIGUES, M.A.A. **Modelagem da evolução de umidade e voláteis dos grãos de café durante a torrefação**. *Coffee Science*, v. 16, e161959, 2021. Disponível em: <https://sbicafe.ufv.br/server/api/core/bitstreams/8da9fb83-a9ef-4bc9-be81-b0dec34eee65/content>. Acesso em 08 abr. 2026.

WORKNEH, F. S.; NEELA, S. **Effect of Broken Coffee Beans Particle Size, Roasting Temperature, and Roasting Time on Quality of Coffee Beverage**. *Journal of Food Quality*, v. 2020, Article ID 8871577, 2020. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2020/8871577>. Acesso em: 16 maio 2026.