

A INFLUÊNCIA DA FERMENTAÇÃO E DIFERENTES GRAUS DE TORREFAÇÃO NA QUALIDADE DE CAFÉ ARÁBICA

Pedro Henrique de Almeida Satil Gonçalves¹, Bernardo Aparecido Buqueroni Mateini¹, Kailane Pimenta Inácio¹, Evandro Messias², Paulo Roberto Filgueiras², 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, kailanepimentainacio@gmail.com, 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, paulo.filgueiras@ufes.br.

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

O café é um importante produto agrícola do Brasil, sendo a espécie arábica valorizada por suas propriedades sensoriais superiores. Este estudo objetivou caracterizar os compostos voláteis e atributos sensoriais de duas variedades de arábica, Obatã e Catuaí Amarelo, submetidas à torrefação em diferentes graus e fermentação anaeróbica autoinduzida. Amostras controle e fermentadas foram avaliadas quanto a notas e atributos sensoriais e analisadas por HS-SPME/CG-EM. Os resultados mostraram que Obatã apresentou maior nota sensorial, com Retrogosto (*Aftertaste*) e Fragrância (*Fragrance*) sendo determinantes na nota final, enquanto Catuaí Amarelo apresentou maior variabilidade nas amostras fermentadas. O PCA evidenciou que a torra impacta fortemente no perfil orgânico volátil e que a fermentação intensifica diferenças entre variedades e torras. A fermentação SIAF aumentou a complexidade aromática, especialmente no Catuaí Amarelo. Estes resultados indicam que fermentação e torra modulam perfis aromáticos, sendo ferramentas importantes para diversificação de cafés especiais.

Palavras-chave: Café arábica. Qualidade. Fermentação. PCA. HS-SPME/CG-EM.

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

Introdução

O café possui grande valor e influência comercial em todo o Brasil, sendo o país o maior produtor e exportador do grão e o segundo maior consumidor da bebida em todo o mundo. As duas espécies mais cultivadas são *Coffea arabica* e *Coffea canephora*, respectivamente. A produção de conilon, variedade de *C. canephora*, se concentra nos estados do Espírito Santo, Bahia e Rondônia, enquanto a espécie arábica é largamente cultivada em Minas Gerais, seguida por São Paulo, Espírito Santo e, por fim, Bahia (Mapa, 2017). Desta forma, é notável observar a relevância do estado capixaba no cenário da cafeicultura nacional, representando mais de 30% de toda a produção brasileira de café. Com exceção do município de Vitória, a cultura cafeeira é exercida em todos os demais municípios do estado (Incaper, 2025), sendo o café conilon o mais produzido, englobando 70% da produção nacional e 20% da produção mundial (Incaper, 2025). Já a espécie arábica vem logo em seguida como a segunda mais produzida no estado, representando a terceira maior produção nacional, cobrindo uma área de 160 mil hectares e seguindo como a principal fonte de renda para 80% de todas as propriedades localizadas na região do sul-capixaba, onde predomina o clima frio e o relevo montanhoso, condições ideais para o seu cultivo (Incaper, 2025).

O café arábica é descrito massivamente como detentor de propriedades organolépticas superiores à outras espécies do gênero *Coffea*, sendo o preferido de consumidores com o paladar mais exigente (Kulapichitr *et al.*, 2019). Devido à sua alta qualidade sensorial, o seu valor de mercado se torna mais elevado. As notas sensoriais únicas e a complexidade de aromas e sabores da bebida de café arábica

são resultado de compostos voláteis e não voláteis originados a partir do processo de torrefação dos grãos. Muitos outros fatores no manejo e beneficiamento do fruto também corroboram para a qualidade final do produto, como: clima, temperatura, sombra, altitude, pluviometria, composição química e microbiológica do solo, técnicas de manejo pré e pós-colheita, além de características genéticas do vegetal (Silva *et al.*, 2024; Tavares, 2018).

Para além do beneficiamento comum, o processo de fermentação controlada também vem sendo estudado há alguns anos como potencial agregador de qualidade, propiciando resultados como aromas e sabores diferenciados, sejam doces, amargos, cítricos ou frutados, por exemplo, podendo-se obter diferentes tipos de café de qualidade variando-se temperatura, tempo e sistema de fermentação empregado (Puerta Q.; Echeverry M., 2015; Bressani, 2017). O processo de fermentação visa promover alterações químicas intencionais no produto, podendo ser realizado de forma espontânea/autoinduzida (método SIAF - *Self Induced Anaerobiosis Fermentation*), que conta com os microrganismos presentes no próprio ambiente fermentativo, ou controlada, na qual se realiza a inoculação de microrganismos específicos de acordo com o perfil sensorial que se deseja obter. Ambos os métodos ocorrem pela via anaeróbica, ou seja, sem a presença de gás oxigênio. Os microrganismos degradam os chamados compostos precursores de sabor, originários do café cru, para formar derivados que serão absorvidos pelos grãos (Silva *et al.*, 2024).

Dessa forma, o presente trabalho tem por objetivo caracterizar a composição orgânica volátil de duas variedades de café arábica, Obatã e Catuaí Amarelo, submetido ao processo de torrefação em diferentes graus e fermentação anaeróbica autoinduzida.

Metodologia

Neste trabalho, foram escolhidas diferentes amostras de cafés cultivados na zona rural de Mimoso do Sul/ES. As variedades Obatã e Catuaí Amarelo foram selecionadas, realizando-se a análise de sólidos solúveis (*Brix*) presentes nos frutos através do Refratômetro Digital Portátil 0-85% BRUX, modelo MA871, da marca Milwaukee, antes e após fermentação, com o intuito de se escolher amostras homogêneas com teor $\geq 20^\circ$ *Brix* e também analisar o consumo dos açúcares presentes nos cafés pelas bactérias fermentadoras. Os cafés foram colhidos, na safra de 2024, higienizados e separados em dois grupos: amostras controle que, após colheita, seguiram normalmente para secagem em terreiro suspenso, sendo a outra metade das amostras submetida à fermentação autoinduzida (método SIAF) durante 7 dias em biorreatores de 7 litros cada. A temperatura foi acompanhada no decorrer dos dias, excepcionalmente, a cada 24 horas, a fim de se verificar o andamento do processo fermentativo.

Os cafés, por fim, foram retirados dos biorreatores e espalhados em terreiro suspenso de sombrite, cobertos por lona, expostos à radiação solar até atingirem cerca de 11% de umidade. As amostras controle (sem fermentação), também em triplicata, das duas variedades objetivadas para estudo, devidamente lavadas e selecionadas, seguiram diretamente para a secagem em terreiro suspenso.

Os cafés foram encaminhados ao Ifes *Campus* Venda Nova do Imigrante para torrefação em torrador Probatino, da marca Probat, com um conjunto de discos Agtron-SCAA, com controle de tempo e temperatura, para se obter diferentes graus de torra: clara, média e escura. Após isso, o teste de xícara foi feito por seis (6) provadores certificados seguindo-se os protocolos da *Specialty Coffee Association of America* - SCAA (SCAA, 2003).

No método de microextração em fase sólida utilizando o modo *headspace*, combinado com cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (HS-SPME/CG-EM), foram pesados 3 g de café moído e torrado em diferentes graus, de cada uma das amostras, os quais foram acondicionados em frascos *headspace* (frasco de vidro de 20 mL), que possuem tampas de rosca magnética e septos de silicone. Os frascos foram aquecidos a 70°C durante 30 minutos. Os compostos voláteis do grão torrado foram coletados pela fibra Divinilbenzeno/Carboxeno/Polidimetilsiloxano (DVB/CAR/PDMS, com espessura de filme de 50 μ m) 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), e o hélio 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. A coluna começou com 40 °C, sofrendo acréscimos de 3 °C por minuto, até atingir a temperatura de 125 °C, permanecendo estagnada por 1 minuto para que a temperatura voltasse a aumentar 10 °C a cada minuto, até atingir a temperatura de 245°C, a qual foi mantida por 3 minutos.

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

Para traçar os constituintes orgânicos voláteis, os espectros resultantes foram comparados ao da biblioteca do equipamento, como também com outros trabalhos publicados e com os referidos índices de retenção. No cálculo dos índices de retenção (IR), uma mistura de alcanos lineares (C_8 a C_{23}), 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).

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

(1)

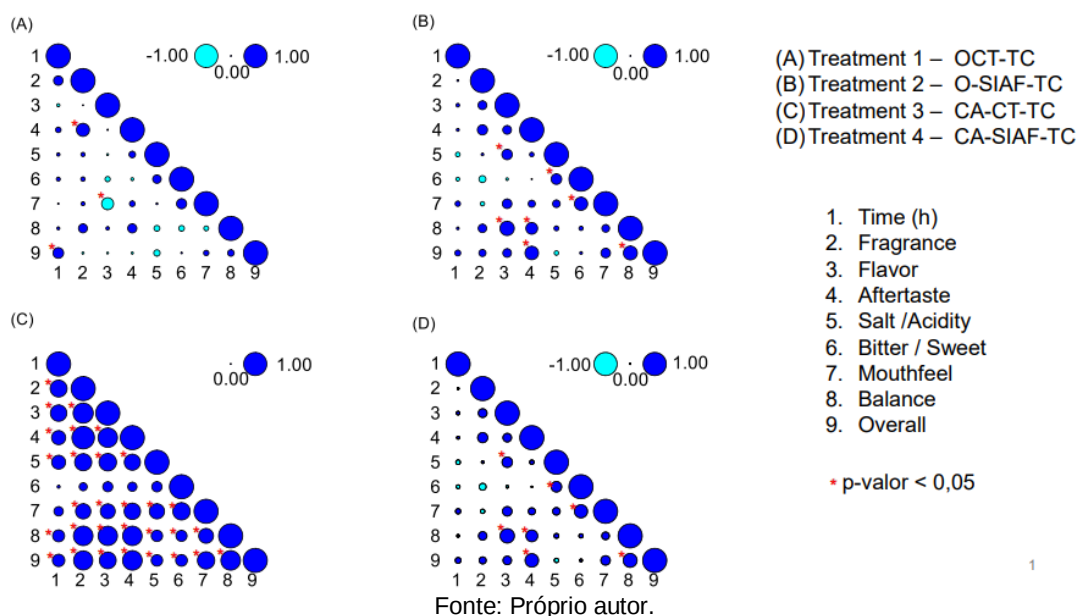
Onde: t_c - tempo de retenção do composto de interesse; t_n - tempo de retenção do hidrocarboneto posterior; n - nº de carbonos do hidrocarboneto anterior.

Resultados

A qualidade sensorial do café foi avaliada usando o Protocolo de Análise Sensorial da SCAA, com 6 Q-Graders. A qualidade da bebida de café foi expressa por uma escala centesimal numérica. O formulário de degustação permite avaliar dez (10) atributos sensoriais do café, dentre os quais: fragrância/aroma, uniformidade, xícara limpa, sabor, acidez, corpo, retrogosto, equilíbrio e geral.

A Figura 1 representa uma matriz de correlação dos atributos sensoriais percebidos pelos provadores. Para o presente estudo, para a análise das notas e atributos sensoriais, foi tomada apenas a torra clara como estatisticamente significativa ($p < 0,05$), com os descritores não se apresentando bem correlacionados em outros graus de torrefação ($p > 0,05$).

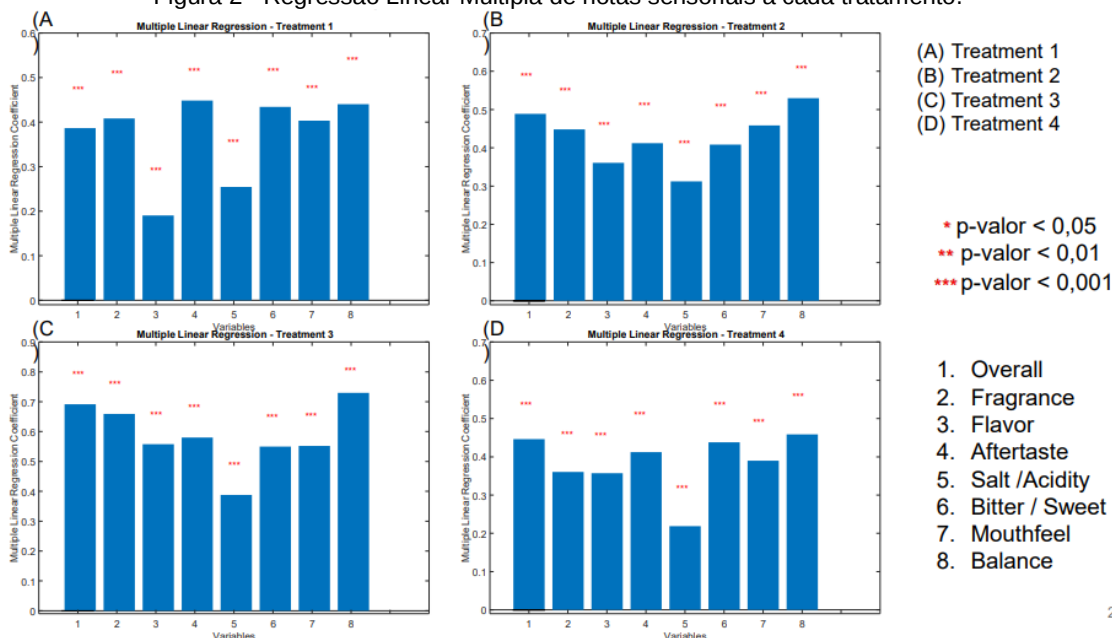
Figura 1 - Coeficientes de correlação de notas sensoriais a cada tratamento.



A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

A Figura 2 apresenta gráficos de Regressão Linear Múltipla de notas sensoriais de cada grupo, permitindo visualizar a influência de cada atributo na nota final.

Figura 2 - Regressão Linear Múltipla de notas sensoriais a cada tratamento.

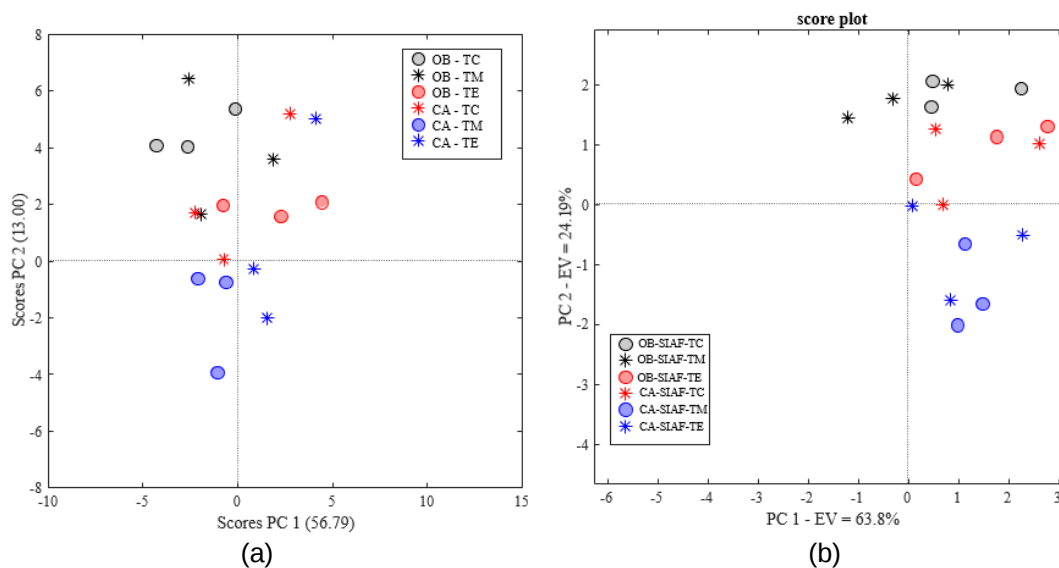


Fonte: Próprio autor.

(A) Tratamento 1: O-CT-TC, (B) Tratamento 2: O-SIAF-TC, (C) Tratamento 3: CA-CT-TC, (D) Tratamento 4: CA-SIAF-TC.

Na Figura 3 há a representação gráfica da Análise dos Componentes Principais (PCA) de cada uma das amostras, subdivididas em fermentadas ou não, por variedade e por grau de torra (clara – TC -, média – TM - e escura - TE).

Figura 3 – (a) PCA dos compostos voláteis identificados via CG-EM nas amostras de café do grupo controle por variedade e grau de torra; (b) PCA dos compostos voláteis identificados via CG-EM nas amostras de café do grupo tratamento (SIAF) por variedade e grau de torra.



Fonte: Próprio autor.

Discussão

No controle do café Obatã submetido à torra clara, observou-se forte correlação positiva entre Retrogosto (*Aftertaste*) e Fragrância (*Fragrance*) e entre Impressão geral (*Overall*) e Tempo (*Time*), evidenciada por círculos azuis escuros, indicando que esses atributos contribuem para uma percepção consistente da xícara. Foi observada correlação negativa entre Corpo (*Mouthfeel*) e Sabor (*Flavor*). Coeficientes de regressão linear múltipla mostraram que o Retrogosto (*Aftertaste*), Amargor/Doçura (*Bitter/Sweet*), Equilíbrio (*Balance*) e Fragrância (*Fragrance*) são os principais determinantes da nota global, enquanto Sabor (*Flavor*) e Sal/Acidez (*Acidity/Salt*) tiveram menor impacto.

A fermentação SIAF no Obatã, também em torra clara, manteve a predominância das correlações positivas e a relevância de Sal/Acidez (*Acidity/Salt*), Sabor (*Flavor*), Retrogosto (*Aftertaste*), Equilíbrio (*Balance*), Amargor/Doçura (*Bitter/Sweet*), Corpo (*Mouthfeel*) e Impressão geral (*Overall*), refletindo maior variabilidade sensorial. Os coeficientes de regressão indicaram impacto de Equilíbrio (*Balance*), Impressão geral (*Overall*), Fragrância (*Fragrance*) e Corpo (*Mouthfeel*) e leve aumento na contribuição de Sabor (*Flavor*) e Sal/Acidez (*Acidity/Salt*), sugerindo redistribuição da influência dos atributos e aumento da complexidade sensorial.

Para o Catuaí Amarelo controle (torra clara), as matrizes mostraram correlações positivas robustas entre a maioria dos atributos, com maior número de relações significativas em comparação a Obatã, indicando elevada consistência sensorial. A regressão múltipla confirmou que Fragrância (*Fragrance*), Retrogosto (*Aftertaste*), Equilíbrio (*Balance*) e Impressão geral (*Overall*) têm impacto elevado na nota global, reforçando a dependência desses atributos na percepção da xícara. A fermentação SIAF no Catuaí Amarelo reduziu a contribuição de Corpo (*Mouthfeel*) e Sal/Acidez (*Acidity/Salt*), e algumas correlações perderam significância, evidenciando maior variabilidade e complexidade sensorial decorrente do processo fermentativo.

Nas amostras controle, o PC1 explicou 56,79% da variabilidade e destacou principalmente o efeito da torra, enquanto o PC2 (13%) capturou diferenças sutis relacionadas à variedade. Observou-se que a variedade Obatã apresentou agrupamento mais homogêneo entre as torras, indicando maior estabilidade do perfil volátil, enquanto Catuaí Amarelo apresentou maior dispersão, especialmente entre torra clara e escura, refletindo maior variabilidade de compostos voláteis. Já nas amostras submetidas à fermentação SIAF por 168 horas, o PC1 explicou 63,8% da variabilidade e o PC2 24,19%, evidenciando que a fermentação intensificou as diferenças entre variedades e torras. As amostras de Catuaí Amarelo apresentaram ampla separação entre as torras, especialmente nas médias e escuras, enquanto Obatã manteve perfis mais próximos, indicando menor sensibilidade à fermentação.

Conclusão

No Obatã, o controle apresentou atributos mais bem definidos, com destaque para o Retrogosto (*Aftertaste*) e a Fragrância (*Fragrance*) como atributos determinantes para a sua nota. A fermentação, por sua vez, promoveu uma redistribuição das contribuições sensoriais, aumentando a variabilidade de nuances na xícara. O Catuaí Amarelo apresentou alta consistência nos controles, mas maior variabilidade sensorial após a fermentação, com redução da significância de algumas correlações e menor contribuição de Corpo (*Mouthfeel*) e Sal/Acidez (*Acidity/Salt*). O PCA colaborou para esses resultados, evidenciando que a torra impacta fortemente o perfil volátil (PC1) e que a fermentação intensifica diferenças entre variedades e torras, principalmente no caso do Catuaí Amarelo. Assim, a fermentação autoinduzida aumenta a complexidade sensorial, enquanto Obatã mantém maior coesão de atributos sensoriais.

Referências

BRESSANI, A. P. P. **Avaliação química e sensorial de café Catuaí amarelo fermentado pelo processamento por via seca com inoculação de leveduras**. [s. l.], 28 mar. 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufla.br/handle/1/12581>. Acesso em: 1 set. 2025.

Café no Brasil e Ementário do Café. Ministério da Agricultura e Pecuária. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/cafe/cafeicultura-brasileira>. Acesso em: 1 set. 2025.

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

INCAPER - CAFEICULTURA. [s. d.]. Disponível em: <https://incaper.es.gov.br/cafeicultura>. 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.

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

KULAPICHITR, F.; BOROMPICHAICHARTKUL, C.; SUPPAVORASATIT, I.; CADWALLADER, K. R. Impact of drying process on chemical composition and key aroma components of Arabica coffee. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 291, p. 49–58, 1 set. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.03.152>.

PUERTA Q., G. I.; ECHEVERRY M., J. G. **Fermentación controlada del café : Tecnología para agregar valor a la calidad**. Technical Report. [S. l.]: Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé), abr. 2015. Disponível em: <https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/558>. Acesso em: 1 set. 2025.

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.