

APLICAÇÃO DE FTIR E PCA NO ESTUDO DE TERROIRS BRASILEIROS DE CAFÉS CANÉFORA

Bárbara Zani Agnoletti 1; André Luiz Tschaen Tonoli 2; Maria Imaculada Augusto 2; Carolina Augusto de Souza 3; Lucas Louzada Pereira 2; Enrique Anastacio Alves 3; Rodrigo Barros Rocha 3; Danieli Gracieri Debona 1; Marcos Valério Vieira Lyrio 1; Eustáquio Vinicius Ribeiro de Castro 1; Emanuele Catarina da Silva Oliveira 2; Paulo Roberto Filgueiras 1

RESUMO

O termo *terroir*, que passou a ser utilizado também para cafés Canéfora, foi recentemente reconhecido no Brasil pelo registro de Indicação Geográfica. O INPI concedeu ao Estado do Espírito Santo a Indicação de Procedência para o café Conilon, enquanto Rondônia foi contemplado com a Denominação de Origem Matas de Rondônia, com o produto Robusta Amazônico. Interações complexas entre fatores agrícolas e ambientais resultam em cafés com características químicas e sensoriais exclusivas do *terroir* e que podem ser utilizadas para determinar sua origem. Neste trabalho, a espectroscopia FTIR e PCA foram combinadas para avaliar *terroirs* de cafés Conilon do Espírito Santo e Robusta Amazônico de Rondônia. A PCA contribui de maneira eficiente para a separação destas duas origens. Os resultados revelaram vibrações C–H (2840-2940 cm^{-1}) associadas a lipídios e cafeína, e vibrações do grupo C=O (1747 cm^{-1}) de ésteres como responsáveis pela separação. Ao serem inseridos no modelo PCA como conjuntos teste, cafés Canéfora de São Paulo e de Minas Gerais exibiram um perfil próximo ao *terroir* Amazônico. Enquanto isso, parte dos cafés Canéfora da Bahia apresentou relações com o *terroir* Conilon, à medida que a outra parte teve um padrão similar ao *terroir* Amazônico.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, os cafés Conilon e Robusta, variedades botânicas da espécie *Coffea canephora*, tiveram aumento de demanda e ganharam maior importância no mercado internacional. Sua valorização e ganho de expressão provocaram mudanças no cenário mundial do café, como principal matéria-prima dos cafés solúveis e nos *blends* com Arábica. Além disso, o surgimento de cafés especiais Conilon e Robusta, considerados finos, vem quebrando paradigmas e abrindo novas oportunidades de mercado (1).

O Brasil é responsável por cerca de 20% da produção mundial de *Coffea canephora*, popularmente conhecido como Canéfora. Predominantemente constituída por café Conilon, a produção nacional em 2021 foi de 16.292,5 mil sacas beneficiadas (60 kg), sendo o Estado do Espírito Santo o maior produtor, responsável por 68,87% da produção, seguido por Rondônia (13,89%), Bahia (13,75%) e Minas Gerais (1,74) (2,3).

No que se refere ao Espírito Santo, o Estado é referência nacional e mundial no desenvolvimento da cafeicultura do café Conilon, que ocupa lugar importante na história, cultura, paisagem e economia de grande parte dos municípios (4,5). Diante disso, em 2021, o Estado recebeu o reconhecimento do Instituto Nacional da Propriedade Industrial

1 Universidade Federal do Espírito Santo.

2 Instituto Federal do Espírito Santo.

3 Embrapa Rondônia.

(INPI), que concedeu a Indicação Geográfica na modalidade de Indicação de Procedência para o Café Conilon [Figura 1(A)] (5). Neste mesmo ano, o Estado de Rondônia também foi reconhecido pelo INPI com a Indicação Geográfica denominada Matas de Rondônia, na modalidade de Denominação de Origem com o produto Robusta Amazônico [Figura 1(B)]. A base genética dos cafés Robusta Amazônico é de natureza híbrida a partir de clones resultantes do cruzamento entre as variedades Conilon e Robusta selecionadas ao longo de anos de forma empírica pelos próprios produtores locais (6,7).



Figura 1: Representação gráfica das Indicações Geográficas do café Conilon do Espírito Santo (A) e do Robusta Amazônico das Matas de Rondônia (B). Fonte: Sebrae (5,6).

Dessa forma, as Indicações de Procedência e as Denominações de Origem garantem a diferenciação de produtos e serviços. Ao mesmo tempo em que o bem possui uma qualidade diferenciada, ele está protegido por ser reconhecido como produção única de uma região. Assim, as Indicações Geográficas promovem as economias locais e o dinamismo regional, pois proporcionam o real significado da criação de valor local (8).

Neste contexto, o *terroir* do café é determinado por interações complexas entre condições ambientais, genéticas e técnicas agrícolas típicas que resultam em cafés com características químicas e sensoriais que podem ser utilizadas para determinar sua origem, sendo exclusivas desse *terroir* (9). Do ponto de vista químico, a espectroscopia FTIR (*Fourier Transform Infrared*) e a análise de componentes principais (PCA, *Principal Component Analysis*) mostrou ser uma combinação eficiente para avaliar a origem geográfica de cafés de cinco países (Brasil, Colômbia, Etiópia, Quênia e Iêmen), sendo as vibrações simétricas e assimétricas CH₂, bem como a vibração de estiramento C=O em ésteres, responsáveis pela distinção dos cafés conforme seu país de origem (10).

OBJETIVO

Utilizar espectros FTIR de cafés *Canéfora* provenientes dos Estados do Espírito Santo e de Rondônia na elaboração de um modelo PCA para avaliar o *terroir* característico.

Identificar informações químicas importantes relacionadas a padrões amostrais.

Investigar tendências amostrais de cafés *Canéfora* da Bahia, Minas Gerais e São Paulo adicionados no modelo construído como conjuntos de teste.

MATERIAL E MÉTODOS

Café *Canéfora* torrado foi a matéria-prima utilizada no presente trabalho. Espectros de FTIR foram adquiridos conforme Gomes et al. (11) e pré-processados utilizando a 1ª derivada com janela de 15 pontos e polinômio de segunda ordem. Os dados foram

centrados na média e a PCA (12) foi construída utilizando um conjunto com 52 amostras, sendo 26 amostras de café Conilon do Espírito Santo (ES) e 26 de Robusta Amazônico de Rondônia (RO). Para compor os conjuntos de teste foram utilizadas 24 amostras de cafés Canéfora da Bahia (BA), 15 de Minas Gerais (MG) e 10 de São Paulo (SP). Os dados espectrais dos conjuntos de teste foram avaliados no modelo construído. A variedade de café Canéfora das amostras da BA, MG e SP não foi definida. Todas as análises foram realizadas no software Matlab R2013.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Na Figura 2 são apresentados os resultados da PCA. Pelo gráfico de *scores* [Figura 2(A)] observamos a separação entre os cafés do ES e de RO. Este comportamento ocorre ao longo da primeira componente principal (PC1), em que cafés do ES estão localizados no sentido negativo da PC1, enquanto cafés de RO estão situados no sentido positivo da PC1. O gráfico de *loadings* [Figura 2(B)] mostra em destaque as regiões do espectro de FTIR responsáveis por essa separação. No primeiro destaque, entre 2840-2940 cm^{-1} ocorrem vibrações de grupos C-H associados a lipídios e cafeína. O segundo destaque que ocorre próximo de 1747 cm^{-1} sinaliza vibrações do grupamento C=O de ésteres (13).

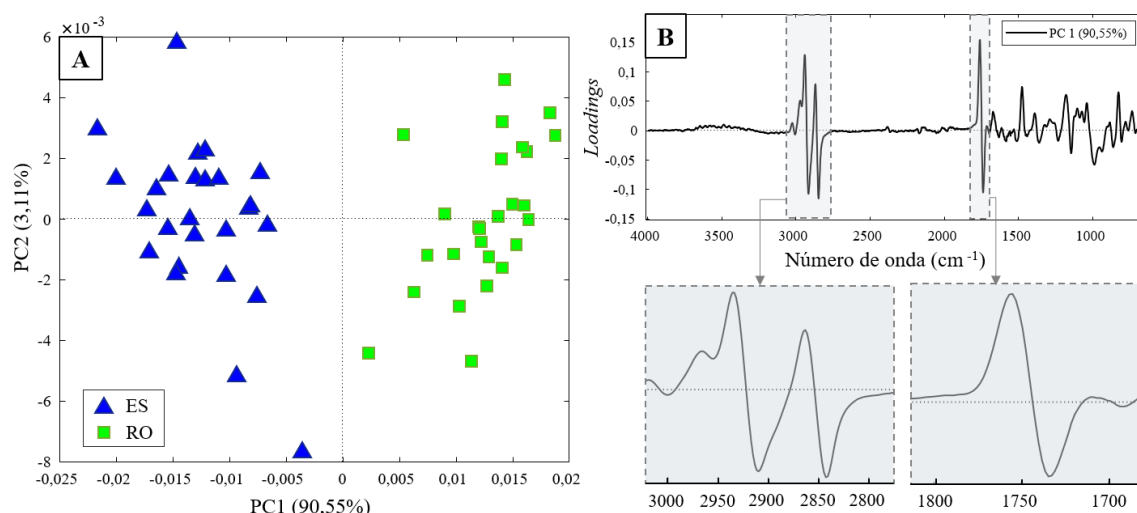


Figura 2: Resultados da PCA. Gráfico de *scores* (A) e gráfico de *loadings* (B).

Os lipídios e a cafeína são compostos químicos que apresentam estabilidade durante o processo de torrefação do grão (14). A fração lipídica pode ser percebida na xícara, conferindo atributos relacionados ao sabor, textura e corpo da bebida, além da produção de compostos voláteis importantes para a qualidade sensorial, como no caso de ésteres aromáticos que contribuem com notas mais frutadas (14,15). Também relacionada ao corpo da bebida, a cafeína é um dos atributos de amargor mais importantes para a qualidade do café. De fato, o consumo de café está associado ao aumento da disponibilidade de energia, estado de alerta e concentração, e isto se deve à cafeína (14). Em termos quantitativos, o teor de cafeína pode variar entre 1,2 - 4,0%, enquanto o de lipídios está entre 7 - 10%, em cafés Canéfora (14,16). Nesta perspectiva, os resultados encontrados são influenciados pelo *terroir* característico do ES e de RO, o que pode estar relacionado a diferentes níveis de lipídios e cafeína nesses cafés.

Na Figura 3 observamos os resultados para os conjuntos teste de SP [Figura 3(A)] e de MG [Figura 3(B)]. Um comportamento semelhante pode ser verificado para os dois conjuntos, em que há uma tendência dos cafés Canéfora de SP e MG se aproximarem do perfil característico do *terroir* Amazônico.

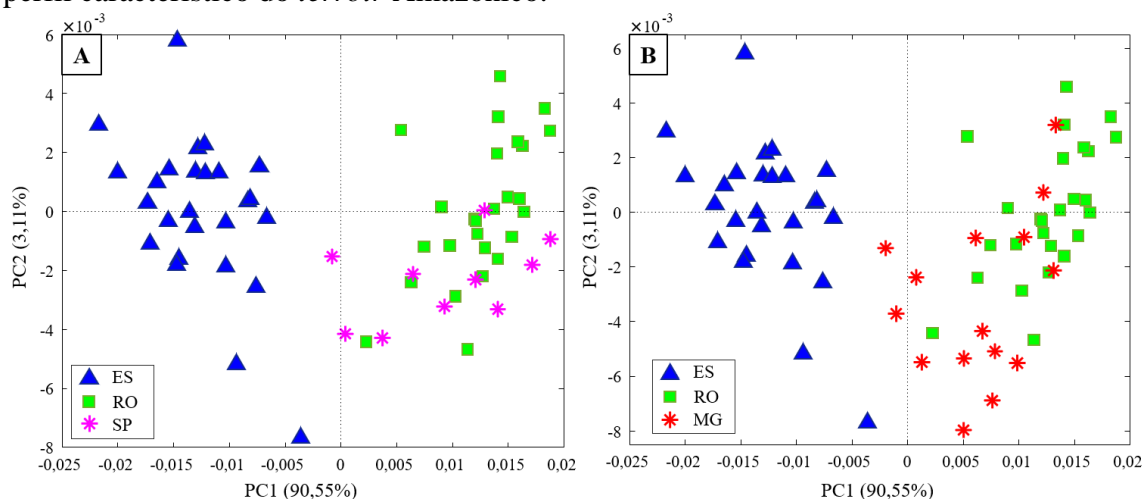


Figura 3: Resultados da PCA para conjuntos teste. Gráficos de *scores* para cafés Canéfora de SP (A) e de MG (B).

Para o conjunto teste da BA (Figura 4) percebemos uma tendência diferente à observada para os grupos de cafés de SP e MG, algumas amostras da BA ficaram no sentido negativo da PC1, característico do *terroir* de cafés Conilon do ES, ao mesmo tempo em que outras amostras estão situadas na porção positiva da PC1, próximas ao *terroir* Robusta Amazônico de RO.

Os resultados encontrados para os conjuntos de teste implicaram no reconhecimento de padrões baseados nos *terroirs* do ES e de RO, em que fatores como genótipo, técnicas agrícolas e condições climáticas estão relacionados.

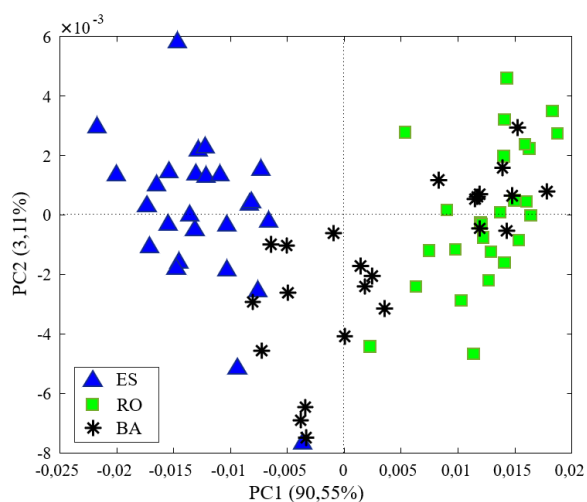


Figura 4: Resultados da PCA para conjuntos teste. Gráficos de *scores* para cafés Canéfora da BA.

CONCLUSÃO

Cafés Conilon do Espírito Santo e Robusta Amazônico de Rondônia são separados pela análise de componentes principais, indicando que diferenças intrínsecas entre esses cafés estão relacionadas ao *terroir* característico de cada região. Essas diferenças foram reveladas pela análise química e associadas às moléculas de lipídios e cafeína.

Cafés Canéfora de São Paulo e de Minas Gerais apresentaram similaridade ao perfil característico do *terroir* Robusta Amazônico de Rondônia. Por outro lado, parte dos cafés

da Bahia apresentou padrões próximos do *terroir* de cafés Conilon do Espírito Santo, enquanto outras amostras se aproximaram do *terroir* Robusta Amazônico de Rondônia.

Esses resultados evidenciam a propagação de diferentes clones de *Coffea canephora* nestas zonas produtoras e, portanto, a combinação de espectroscopia FTIR e PCA pode contribuir de maneira significativa para dar base aos registros de Indicação Geográfica.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

1. EPAMIG. **Informe Agropecuário- Cafés Conilon e Robusta: potencialidades e desafios**. MOURA, W. de M.; TANCREDI, F. D. (ed.). Belo Horizonte, MG, v. 41, n. 309, 124 p., 2020.
2. OIC. Organização Internacional do Café. **Estatísticas comerciais**. 2022. Disponível em: https://www.ico.org/trade_statistics.asp. Acesso em: 25 de set. 2022.
3. CONAB. **Safra brasileira de Café**. Produção e análise de mercado de Café. 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafes>. Acesso em: 25 de set. 2022.
4. **Capítulo de livro**: FERRÃO, R. G.; DA FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G. ; DE MUNER, L. H. COFFEA CANEPHORA. In: FERRÃO, R. G.; DA FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; DE MUNER, L. H. (ed.) **Café Conilon**. 2 ed. Vitória, ES: Incaper; 2017. p. 37–53.
5. Sebrae. **IG – Espírito Santo**. 2021. Disponível em: <https://datasebrae.com.br/ig-espirito-santo/>. Acesso em: 25 de set. 2022.
6. Sebrae. **IG - Matas de Rondônia**. 2021. Disponível em: <https://datasebrae.com.br/ig-matas-de-rondonia/>. Acesso em: 25 de set. 2022.
7. Capítulo de Livro: SOUZA, F. F.; FERRÃO, L. F. V.; CAIXETA, E. T.; SAKIYAMA, N. S.; PEREIRA, A. A., OLIVEIRA, A. C. B. Aspectos gerais da biologia e da diversidade genética de *Coffea canephora*. In: MARCOLAN, A. L., ESPINDULA, M. C. (ed.) **Café na Amazônia**. Brasília, DF: Embrapa; 2015. 474 p.
8. Sebrae. **Indicações Geográficas Brasileiras**. 2022. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/indicacoes-geograficas-brasileiras,01da047daa691810VgnVCM100000d701210aRCRD>. Acesso em: 25 de set. 2022.
9. SCHOLZ, M. B. DOS S.; KITZBERGER, C. S. G.; PRUDENCIO, S. H.; SILVA, R. S. DOS S. F. DA. The typicity of coffees from different terroirs determined by groups of physico-chemical and sensory variables and multiple factor analysis. **Food Research International**, v. 114, p. 72-80, 2018.
10. OBEIDAT, S. M.; HAMMOUDEH, A. Y.; ALOMARY, A. A. Application of FTIR Spectroscopy for Assessment of Green Coffee Beans According to Their Origin. **Journal of Applied Spectroscopy**. v. 84, n. 6, p. 1051-5, 2018.
11. GOMES, W. DOS S.; PEREIRA, L. L.; FILETE, C. A.; MOREIRA, T. R.; GUARÇONI, R. C.; OLIVEIRA, E. C. DA S.; MORELI, A. P.; GUIMARÃES, C. V.; SIMMER, M. M. B.; JÚNIOR, V. L.; ROMÃO, W.; CASTRO, E. V. R. DE; PARTELLI, F. L. Changes in the Chemical and Sensory Profile of *Coffea*. **Agronomy**, v. 12, p. 2265, 2022.
12. VALDERRAMA, L.; PAIVA, V. B.; MARÇO, P. H.; VALDERRAMA, P. Proposta Experimental Didática Para O Ensino De Análise De Componentes Principais. **Química Nova**, v. 39, n. 2, p. 245-249, 2016.
13. MUNYENDO, L.; NJOROGÉ, D.; HITZMANN, B. The Potential of Spectroscopic Techniques in Coffee Analysis—A Review. **Processes**, v. 10, n. 1, p. 1-25, 2022.
14. CHENG, B.; FURTADO, A.; SMYTH, H. E.; HENRY, R. J. Influence of genotype and environment on coffee quality. **Trends in Food Science and Technology**, v.57, p. 20-30, 2016.
15. WANG, C.; SUN, J.; LASSABLIÈRE, B.,; YU, B.; LIU, S. Q. Coffee flavour modification through controlled fermentations of green coffee beans by *Saccharomyces cerevisiae* and *Pichia kluyveri*: Part I. Effects from individual yeasts. **Food Research International**, v. 136, p. 109588, 2020.
16. HALL, R. D.; TREVISAN, F.; VOS RCH, D. E. Coffee berry and green bean chemistry – Opportunities for improving cup quality and crop circularity. **Food Research International**, v. 151, p. 110825, 2022. 0825.