

AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE CAFÉ ARABICA SUBMETIDO A DIFERENTES PERFIS DE TORRA

EVALUATION OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF ARABIC COFFEE SUBMITTED TO DIFFERENT ROAST PROFILES

¹ Danieli Grancieri Debona
² Patricia Fontes Pinheiro
³ Carlos Alexandre Pinheiro
⁴ Willian dos Santos Gomes
⁵ Raabe de Oliveira Abreu
⁶ Aldemar Polonini Moreli
⁷ Evandro de Andrade Siqueira
^{8*} Lucas Louzada Pereira

¹ Instituto Federal do Espírito Santo, Venda Nova do Imigrante. E-mail: danielidebona@hotmail.com

² Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre. E-mail: patriciafontespinheiro@yahoo.com.br

³ Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre. E-mail: xandre2010@yahoo.com.br

⁴ Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre. E-mail: gwill.bio@gmail.com

⁵ Instituto Federal do Espírito Santo, Venda Nova do Imigrante. E-mail: raabeoliveiraa@gmail.com

⁶ Instituto Federal do Espírito Santo, Venda Nova do Imigrante. E-mail: aldemar.moreli@ifes.edu.br

⁷ Instituto Federal do Espírito Santo, Venda Nova do Imigrante. E-mail: evandro.siqueira@ifes.edu.br

⁸ Instituto Federal do Espírito Santo, Venda Nova do Imigrante. E-mail: lucas.pereira@ifes.edu.br

*Autor de correspondência

Artigo submetido em 30/09/2020, aceito em 08/10/2020 e publicado em 23/12/2020.

Resumo: O café é um importante *commoditie* agrícola, cuja qualidade é influenciada por fatores externos, como a altitude, ou transformada por processos que existem entre sua produção e consumo, como a torra. Assim o objetivo desse estudo foi avaliar cafés de diferentes altitudes, submetidos a perfis de torra distintos, a fim de identificar e quantificar os compostos de trigonelina, cafeína e ácido clorogênico. Para isso, amostras de cafés da espécie *Coffea arabica* L. foram obtidas em diferentes altitudes (750 metros e 1050 metros) e submetidas a três perfis de torra, sendo o primeiro com tempo curto de torra e alta temperatura (claro), o segundo com tempo médio de torra e média temperatura (médio), e por fim, tempo longo de torra com baixa temperatura (escuro). Os grãos torrados foram analisados por cromatografia líquida de ultra performance (UPLC) e os valores comparados pelo teste de Tukey. Os resultados demonstram que a quantidade de trigonelina e cafeína não sofreram mudanças significativas entre os perfis de torra para cafés de alta e baixa altitude, entretanto para o ácido clorogênico, o café com origem de maior altitude apresenta diferença entre os perfis de torra se diferenciando da amostra de café de baixa altitude.

Palavras-chave: *Coffea arabica* L; torrefação de café; trigonelina, cafeína; ácido clorogênico.

Abstract: Coffee is an important agricultural commodity, whose quality is influenced by external factors, such as altitude, or transformed by processes that exist between its production and

consumption, such as roasting. Thus, the objective of this study is to evaluate coffees of different altitudes, submitted to different roasting profiles, in order to identify and quantify the compounds of trigonelline, caffeine and chlorogenic acid. For this, coffee samples of the species *Coffea arabica* L. were obtained at different altitudes (750 meters and 1050 meters) and submitted to three roasting profiles, the first with short roasting time and high temperature (of course), the second with average roasting time and medium temperature (medium), and finally, long roasting time with low temperature (dark). The roasted grains were analyzed by ultra performance liquid chromatography (UPLC) and the values compared by the Tukey test. The results show the amount of trigonelline and caffeine did not change significantly between the roasting profiles for high and low altitude coffees, however for chlorogenic acid, coffee with higher altitude has a difference between the roasting profiles differing from the sample. of low altitude coffee.

Keywords: *Coffea arabica* L; coffee roasting; trigonelline, caffeine; chlorogenic acid.

1 INTRODUÇÃO

O café é uma importante *commoditie* agrícola, sendo cultivado em mais de 80 países (SEMEDO et al., 2018) e comercializado em todos os continentes, se tornando a segunda bebida mais consumida, depois da água (SOUSA, 2013).

A espécie de café, *Coffea arabica* L., é a mais comercializada, dentre o gênero *Coffea sp.*, sendo responsável por 65% da produção mundial (SANTOS, 2019). O café arábica possui maior aceitabilidade no mercado, devido as suas características sensoriais, como doçura, acidez, aroma e corpo (PACETTI et al., 2012).

Essas características, são consequência da composição química do grão do café, que é influenciada por fatores externos, ou transformadas por processos que existem entre sua produção e consumo.

Dentro desse aspecto, destaca-se a altitude, um fator geográfico, de grande impacto, dado que a relação altitude do plantio e qualidade da bebida são proporcionais (MORELI et al., 2019; PEREIRA, 2017).

Isso acontece, por que, quanto maior a altitude, mais propícias serão as condições edafoclimáticas sobre as comunidades fúngicas e bacterianas, que influenciam a qualidade da bebida do café (GOMES et al., 2020).

Por outro lado, os processos de manuseio pós colheita, corroboram para

potencializar a qualidade dessa bebida (CORADI; BORÉM; OLIVEIRA, 2008).

A torrefação, é uma operação de destaque nas etapas pós-colheita, pois ela converte o grão verde em torrado, o tornando apto para moagem e extração da bebida (SCHENKER; ROTHGEB, 2017).

Durante a torrefação, os grãos de café são expostos a altas temperaturas em um dado período de tempo, fazendo com que ocorra uma ruptura na estrutura celular dos frutos, liberando água e compostos aromáticos. Enquanto se expulsa a umidade, os aminoácidos e açúcares redutores reagem, produzindo melanoidinas, o que causa o escurecimento do grão. Simultaneamente a absorção de energia é prolongada, desencadeando demais reações, como a caramelização e pirólise, nesse momento compostos são volatilizados do grão e outros novos são formados (BHUMIRATANA; ADHIKARI; CHAMBERS, 2011).

Logo, temos que a composição química do café é transformada pelas condições de torra, principalmente pelo tempo-temperatura em função da transferência de calor (BAGGENSTOSS et al., 2008).

A essa relação é dado o nome de perfil de torra, que pode ser claro (alta temperatura e curto período de tempo), médio (média temperatura com médio período de tempo) ou escuro (baixa temperatura com longo período de tempo) (PUTRA; HANIFAH; KARIM, 2019).

Existem alguns compostos químicos, que são fundamentais e caracterizam sensorialmente os cafés submetidos a torra, visto que são propulsores de reações. A esse exemplo se tem o ácido clorogênico, cafeína e trigonelina.

O ácido clorogênico (ACG), sofre intensa degradação durante o processamento térmico do grão, e dá origem a uma série de compostos voláteis, como os fenólicos, que são importantes para o sabor do café (ELIAS, 2019).

Já a cafeína é considerada a identidade do café (CAZARIM; UETA, 2014), possui propriedades estimulantes e dá o amargor característico que contribui para a qualidade final da bebida (ELIAS, 2019; NOGUEIRA; TRUGO, 2003).

Por fim, a trigonelina é uma n-metil betaína, (ALVES, 2012), responsável pela formação de produtos de degradação como pirróis e piridinas que são importantes para o aroma do café (PINHEIRO et al., 2019).

Assim, este estudo avaliou o café arábica de diferentes altitudes, submetidos a três perfis de torra: claro, médio e escuro, a fim de averiguar com o binômio tempo e temperatura executado durante a torra, exerce influência sobre os compostos químicos: ácido clorogênico, cafeína e trigonelina.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 COLETA E PREPARO DAS AMOSTRAS

As amostras foram preparadas a partir do café arábica (*Coffea arabica* L.) da região montanhosa do Espírito Santo, considerando duas diferentes altitudes, assim, a primeira amostra foi coletada a 750 metros e a segunda a 1050 metros.

Os frutos foram selecionados manualmente com 90% de maturação. Após colhidos, foram levados à área de processamento do Laboratório de Análise e Pesquisa em Café – LAPC do Instituto Federal do Espírito Santo, onde os grãos

foram lavados com água corrente para se retirar impurezas como folhas e pequenos pedaços de caule dos grãos de café, seguidamente os mesmos foram separados em café maduro, boia e verde.

O café maduro, foi descascado e levado para o terreiro suspenso até atingir 12% de grau de umidade (DEETO et al., 2018). Já seco, o café passou pela classificação física conforme protocolo da *Specialty Coffee Association of America* (SCAA, 2008), para posteriormente ser torrado.

2.2 PROCEDIMENTO DE TORREFAÇÃO

Foram elaborados três perfis de torra a partir da variação tempo e temperatura: tempo curto de torra com alta temperatura (claro), tempo médio de torra com média temperatura (médio), e por fim, tempo longo de torra com baixa temperatura (escuro), sendo esses adaptados dos estudos (GLOESS et al., 2014; SCHENKER; ROTHGEB, 2017).

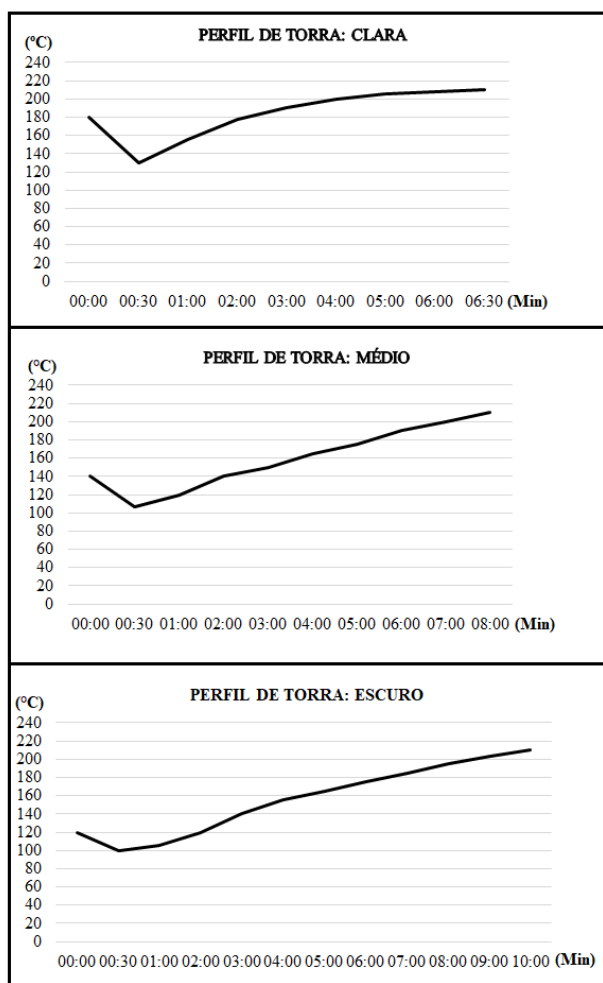
Para realização das torras, foi usado o torrador IKAWA PRO., um equipamento para amostra, de leito fluidizado que permite a repetibilidade, dado a sua precisão digital (IKAWA, 2020).

Para cada amostra torrada, foi utilizado 50g de café verde. Os perfis de torra foram programados e enviados para o torrador, assim a temperatura e tempo variavam conforme desejado, o que manteve a consistência do experimento.

Os grãos torrados, foram resfriados e armazenados em embalagens de poliéster metalizadas, para posterior análise química.

Assim, ao final do processo foram totalizadas trinta amostras torradas, sendo dois cafés submetidos a três perfis de torra, com repetibilidade de cinco. Sendo o processo experimental conduzido no delineamento bloco casualizado com cinco repetições, onde foram avaliados três perfis de torra (Figura 1) para dois cafés de diferentes altitudes.

Figura 1: Perfis de torra: claro, médio e escuro, com variação binominal, tempo e temperatura.



Fonte: Elaborado pelos autores.

2.3 ANÁLISE QUÍMICA

Para a determinação simultânea dos teores de ácido clorogênico, trigonelina e cafeína, foram utilizados 0,5 g de café moído (em triplicata) e 100 mL de água Mili-Q a 80 °C, sob agitação magnética por 15 minutos. Após esse tempo, procedeu-se uma filtração simples; o filtrado foi coletado em balão volumétrico de 100 mL.

Em seguida, após esfriar em temperatura ambiente, foi realizada uma filtração usando uma seringa, contendo um filtro com membrana de PTFE Hidrofílico, com 25mm de diâmetro e poros de 0,22µm. Os extratos aquosos de café foram colocados em vials de 1mL. Esses extratos

foram analisados por UPLC (Ultra Performance Liquid Chromatography) no cromatógrafo da marca Waters ACQUITY H-Class PLUS, Waters Corporation, EUA. Uma coluna de fase reversa C18 (50 mm x 2,1 mm, 1,7 µm) (Waters Corporation, Irlanda) foi utilizada.

As condições de análise utilizadas foram: fluxo de 0,1 mL min⁻¹; fase móvel: metanol grau HPLC, água Mili-Q e ácido acético grau HPLC, na proporção de 20:80:1; temperatura da coluna 40 °C e comprimento de onda de 272 nm, o volume de injeção foi de 2 µL, conforme adaptação do estudo (ABRAHÃO et al., 2008; PINHEIRO et al., 2019).

O método de padrão externo foi utilizado na quantificação simultânea dos teores de ácido clorogênico, trigonelina e cafeína nas amostras de café *C. arabica*.

Para isso, foram preparadas soluções de concentrações conhecidas dos padrões dessas substâncias, adquiridos da Sigma Aldrich, que foram analisadas nas condições supracitadas. Através das áreas dos picos de cada amostra nos cromatogramas e concentrações conhecidas, foram obtidas as retas de calibração com R²>0,99; as equações foram usadas nos cálculos, por meio das áreas desses constituintes obtidas dos cromatogramas das análises dos extratos dos cafés.

As soluções de trigonelina (cloridrato de 1-metilpiridínio-3-carboxilato) foram preparadas a 12,5; 25; 50; 100 µg mL⁻¹, as soluções do ácido clorogênico (ácido 5-cafeoilquínico, 5-ACQ) utilizadas na obtenção da reta de calibração foram preparadas nas concentrações de 25, 50, 100, 150 e 300 µg mL⁻¹(ppm), e as soluções do padrão de cafeína (1,2,7-trimetilxantina) foram utilizadas nas concentrações de 40, 60, 80, 100 e 200 µg mL⁻¹. Todas as soluções dos padrões foram preparadas usando água Mili-Q, foram filtradas usando uma seringa contendo um filtro com membrana de 0,22 µm e o volume de injeção foi de 2 µL.

2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os valores obtidos, foram submetidos às análises conjuntas de experimentos, sendo as médias comparadas pelo teste de *Tukey*, com 5% de probabilidade.

Os dados de altitudes/perfis de torra foram agrupados utilizando o método de Agrupamento Hierárquico Ligação Simples e a distância Euclidiana Média.

A proposta é de maximizar a homogeneidade de objetos dentro de grupos, ao mesmo tempo que se maximiza

a heterogeneidade entre os grupos. Para as análises estatísticas foi utilizado o programa R (R Core Team, 2019).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados na Tabela 1 e 2, mostram que não foram observadas diferenças significativas ($p < 0,05$) para a trigonelina e cafeína, entre perfis de torra para os cafés de diferentes altitudes.

Tabela 1: Médias \pm desvios padrões de trigonelina em relação aos três perfis de torra, para cafés de duas altitudes.

Perfis de Torra	Experimentos						Média	
	Altitude - 1050m			Altitude - 750m				
Claro	0.984 \pm 0,135	a	A	1.061 \pm 0,034	a	A	1.022 \pm 0,105	a
Médio	1.061 \pm 0,046	a	A	1.041 \pm 0,018	a	A	1.051 \pm 0,036	a
Escuro	1.055 \pm 0,031	a	A	1.051 \pm 0,027	a	A	1.053 \pm 0,028	a
Média	1.033 \pm 0,090	A		1.051 \pm 0,027	A			
Média Geral	1.042							
CV(%)	9.27							

Valores expressos em $\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$. Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem entre si pelo teste de *Tukey* a 5% de probabilidade

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 2: Médias \pm desvios padrões de cafeína em relação aos três perfis de torra, para cafés de duas altitudes.

Perfis de Torra	Experimentos						Média	
	Altitude - 1050m			Altitude - 750m				
Claro	1.442 \pm 0,209	a	A	1.540 \pm 0,030	a	A	1.491 \pm 0,155	a
Médio	1.469 \pm 0,048	a	A	1.511 \pm 0,053	a	A	1.490 \pm 0,054	a
Escuro	1.457 \pm 0,040	a	A	1.500 \pm 0,033	a	A	1.478 \pm 0,042	a
Média	1.456 \pm 0,124	A		1.517 \pm 0,042	A			
Média Geral	1.486							
CV(%)	9.340							

Valores expressos em $\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$. Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem entre si pelo teste de *Tukey* a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tanto a trigonelina quanto a cafeína são compostos fenólicos, não voláteis, comumente encontrados no café torrado (ALCANTARA, 2019).

A trigonelina é degradada ao longo do estágio de torra, acarretando a formação de diversos compostos voláteis como, derivados da piridina e pirrol, e na

formação de não voláteis, como a niacina (ALCANTARA, 2019), entretanto seu grau de degradação está diretamente relacionada com a temperatura do processo, que deve ser entre 180 e 230°C, com maior intensidade entre 210 e 220°C, ou seja, a taxa de degradação da trigonelina está mais relacionada a

temperatura do processo de torra do que o tempo em que o grão é exposto ao calor (SOUZA, 2018), desta forma os perfis de torra, claro, médio e escuro do presente estudo, finalizaram a 210°C, o que explica a ausência de diferença estatística.

Já a cafeína, é uma substância bioativa que apresenta grande estabilidade térmica (NOGUEIRA; TRUGO, 2003), portanto, a variação dos teores desse composto durante o desenvolvimento dos diferentes perfis de torra testados para ambos cafés, não foram suficientes para diferenciação estatística.

Por outro lado, a Tabela 3, demonstra que para o café da altitude de 750m não foram observadas diferenças significativas ($p < 0,05$) para os ácidos clorogênicos entre perfis de torra. No entanto, para os cafés de maior altitude, 1050m, as quantidades de ácidos clorogênicos foram superiores no perfil de torra médio, quando comparado com o perfil claro, mas não apresentou diferença quando comparado com o perfil de torra escuro, sendo que em média o perfil de torra médio apresentou maior quantidade de ácidos clorogênico.

Tabela 3: Médias \pm desvios padrões de ácidos clorogênicos em relação aos três perfis de torra, para cafés de duas altitudes.

Perfis de Torra	Experimentos						Média	
	Altitude - 1050m			Altitude - 750m				
Claro	1.148 \pm 0,134	b	A	1.120 \pm 0,039	a	A	1.134 \pm 0,098	b
Médio	1.284 \pm 0,034	a	A	1.203 \pm 0,033	a	A	1.244 \pm 0,053	a
Escuro	1.189 \pm 0,051	ab	A	1.110 \pm 0,030	a	A	1.150 \pm 0,058	b
Média	1.207 \pm 0,101	A		1.144 \pm 0,054	B			
Média Geral	1.176							
CV(%)	5.77							

Valores expressos em g.100g⁻¹. Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A quantidade de ácidos clorogênicos foram superiores em média para o café de 1050m. Sendo a altitude um fator que influencia a qualidade da bebida, ou seja, quanto maior a altitude melhor a sua qualidade (PEREIRA, 2017), temos que os dados obtidos corroboram para os estudos de Ferandes et al. (2001) e Agnoletti (2013), que demonstraram maiores teores de ácido clorogênico a medida que a qualidade do café aumenta. Entretanto esse resultado, contrapõe os estudos de Farah et al. (2005), que observaram o aumento de ácido clorogênico a medida que a qualidade da bebida diminuí, o que enfatiza a necessidade de maiores investigações para melhor compreensão da relação existente entre a quantidade de ácido clorogênico em cafés com a qualidade e origem (altitude) da bebida.

Por outro lado, as diferenças de ácidos clorogênico entre perfis de torra, se dão ao fato da sensibilidade desse composto á torrefação. Isso acontece, por que o ácido clorogênico sofre intensa degradação térmica em temperaturas acima de 180-200°C, o que leva profundas modificações na estrutura química do café (NOGUEIRA; TRUGO, 2003; SOARES, 2018; VIGNOLI, 2009)

Por isso, a quantidade de ácido clorogênico no perfil de torra claro é inferior à da torra média, dado que a temperatura inicial foi superior (180°C) aos demais perfis, assim, apesar da torra ter finalizado em tempo reduzido (6:30min) e ter gerado como produto um café com coloração clara, os grãos ficaram expostos a temperaturas superiores a 180°C por 4:30 minutos, assim o ácido clorogênico foi degradado com mais intensidade e rapidez.

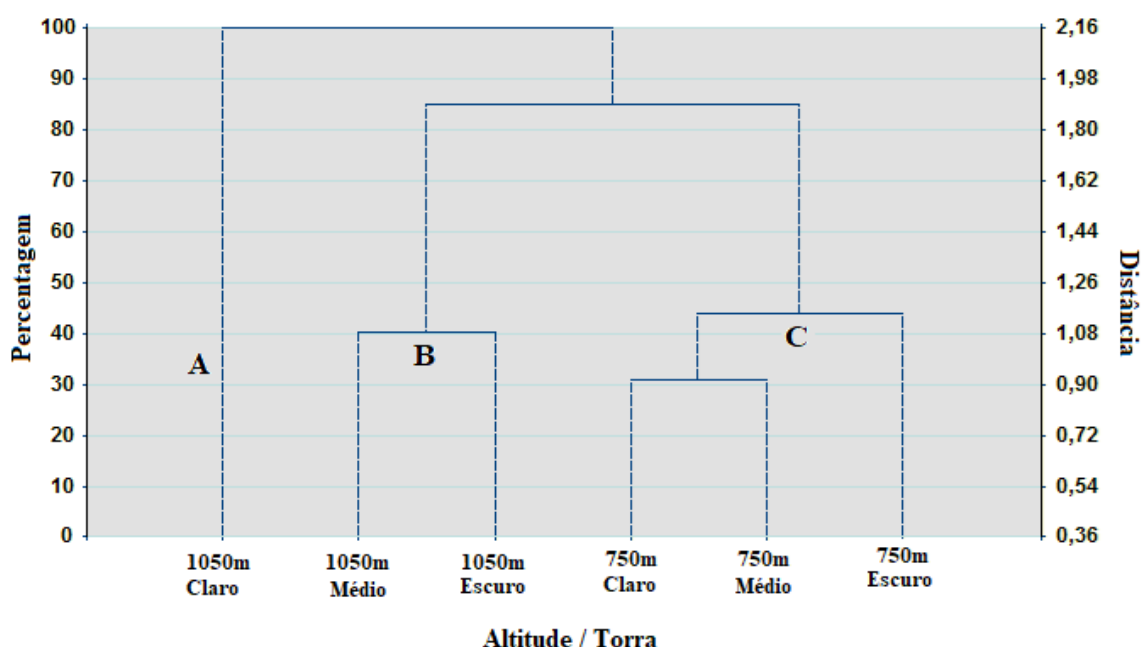
Já o perfil de torra escuro, teve a menor temperatura inicial (120°C) e o maior tempo de torra (10:00min), ou seja, os grãos de café ficaram mais tempo expostos a uma temperatura crescente, assim, por cerca de 4 minutos o café ficou exposto a temperaturas acima dos 180°C, o que também culminou na maior degradação do ácido clorogênico.

O perfil de torra médio, iniciou com temperatura mediana (140°C), quando

comparado aos perfis de torra claro e escuro, os grãos ficaram expostos a temperaturas superiores a 180°C apenas por 3 minutos, o que influenciou diretamente e reduziu a degradação do ácido clorogênico.

Para dar suporte e maior embasamento sobre as análises dos testes de Tukey, foi elaborada uma análise multivariada com uso de dendrograma, apresentado na Figura 2.

Figura 2: Distribuição dos agrupamentos entre altitudes e perfis de torra referente ao painel químico a partir da distância Euclidiana média.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A disposição da Figura 2, sugere a existência de três grupos homogêneos: o grupo A formado pelo perfil de torra clara para o café de maior altitude, o B formado pelos perfis de torra médio e escuro para o café de maior altitude e o C pelos três perfis de torra para o café de baixa altitude, ou seja, para o café de 750m, os três perfis de torra foram similares quanto as características químicas avaliadas.

Para o café de altitude igual a 1050m, os perfis de torra médio e escuro foram similares quanto as características químicas originais e dissimilares ao perfil de torra claro da mesma altitude.

Desta forma, considera-se a necessidade de um estudo adicional, que seja capaz de avaliar sensorialmente a qualidade da bebida final, dos grãos submetidos a diferentes perfis de torra, com o intuito de correlacionar os resultados sensoriais com os resultados encontrados neste presente estudo.

4 CONCLUSÕES

A trigonelina e a cafeína não apresentaram diferença significativa entre

perfis de torra claro, médio e escuro para os cafés de diferentes altitudes, com extratos térmicos variando entre 120-210°C.

No que diz respeito ao ácido clorogênico, para o café de 1050m submetido a diferentes perfis de torra, a torra média apresenta maior concentração de ácido clorogênico em relação a torra clara. Para o café coletado à 750m, não houve diferença significativa entre os perfis de torra.

AGRADECIMENTOS

A Cooperativa de Crédito Sul Serrana do Espírito Santo pelo financiamento (nº do processo: 23186000886201801), ao departamento de Agroquímica, da Universidade Federal do Espírito Santo e ao Laboratório de Análise e Pesquisa em Café do Instituto Federal do Espírito Santo. Ao Instituto Federal do Espírito Santo, através do edital Pesquisador Produtividade PPP – 10/2019, junto ao suporte no desenvolvimento desta pesquisa. Finalmente, a todos os Q-Graders participantes deste estudo.

REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, S. A. et al. Compostos bioativos em café integral e descafeinado e qualidade sensorial da bebida. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 12, p. 1799–1804, dez. 2008.

AGNOLETTI, B. Z. Avaliação das propriedades físico-químicas de café arábica (*coffea arabica*) e conilon (*coffea canephora*) classificados quanto à qualidade da bebida. **Journal of Chemical Information and Modeling**, v. 53, n. 9, p. 1689–1699, 2013.

ALCANTARA, G. M. R. do Na. de. **Comparação das espécies químicas não voláteis entre cafés especiais e**

tradicionais. 2019. 74 f. Universidade Estadual de São Paulo, 2019.

ALVES, B. H. P. **Análise Química do Aroma e da Bebida de Cafés de Minas Gerais e Espirito Santo em Diferentes Graus de torra**. 2012. 162 f. Universidade Federal de Uberlândia, 2012.

BAGGENSTOSS, J. et al. Coffee Roasting and Aroma Formation: Application of Different Time-Temperature Conditions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, p. 5836–5846, 2008.

BHUMIRATANA, N.; ADHIKARI, K.; CHAMBERS, E. Evolution of sensory aroma attributes from coffee beans to brewed coffee. **LWT - Food Science and Technology**, v. 44, n. 10, p. 2185–2192, 1 dez. 2011.

CAZARIM, M. D. S.; UETA, J. Café: Uma bebida rica em substâncias com efeitos clínicos importantes, em especial a cafeína. **Revista de Ciências Farmaceuticas Basica e Aplicada**, v. 35, n. 3, p. 363–370, 2014.

CORADI, P. C.; BORÉM, F. M.; OLIVEIRA, J. A. Quality of natural and washed coffee after different types of drying and storage. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 2, p. 181–188, 2008.

DEETO, S. et al. The experimental new hybrid solar dryer and hot water storage system of thin layer coffee bean dehumidification. **Renewable Energy**, v. 115, p. 954–968, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2017.09.009>>.

ELIAS, A. M. T. **Perfil físico-químico de blends de variedades de café em diferentes condições do processo de torrefação**. 2019. 1–78 f. Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2019.

- FARAH, A. et al. Effect of roasting on the formation of chlorogenic acid lactones in coffee. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 5, p. 1505–1513, 9 mar. 2005.
- FERANDES, S. M. et al. Teores de polifenóis, ácido clorogênico, cafeína e proteína em café torrado. **Rev. Bras. de Agrociências**, v. 7, n. 3, p. 197–199, 2001.
- GLOESS, A. N. et al. Evidence of different flavour formation dynamics by roasting coffee from different origins: On-line analysis with PTR-ToF-MS. **International Journal of Mass Spectrometry**, v. 365–366, n. 2014, p. 324–337, 15 maio 2014.
- GOMES, T. et al. Effects of environmental factors on microbiota of fruits and soil of *Coffea arabica* in Brazil. **Scientific Reports**, p. 1–11, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/s41598-020-71309-y>>.
- IKAWA. **For Professionals - IKAWA Coffee**. Disponível em: <<https://www.ikawacoffee.com/for-professionals>>. Acesso em: 9 abr. 2020.
- MORELI, A. P. et al. **Quality of the arabic coffee in different altitudes in the Espírito Santo state**. 2019, Vitória: [s.n.], 2019.
- NOGUEIRA, M.; TRUGO, L. C. Distribuição de isômeros de ácido clorogênico e teores de cafeína e trigonelina em cafés solúveis brasileiros. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 2, p. 296–299, ago. 2003.
- PACETTI, D. et al. Authentication of Italian Espresso coffee blends through the GC peak ratio between kahweol and 16-O-methylcafestol. **Food Chemistry**, v. 135, n. 3, p. 1569–1574, 1 dez. 2012.
- PEREIRA, L. L. **Novas abordagens para produção de cafés especiais a partir do processamento via-úmida**. 2017. 200 f. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2017.
- PINHEIRO, C. A. et al. Physico-chemical properties and sensory profile of *Coffea canephora* genotypes in high-altitudes. **AJCS**, v. 13, n. 12, p. 1835–2707, 2019.
- 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. April, p. 1–7, 2019.
- R Core Team (2016) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.Rproject.org/>
- SANTOS, T. F. dos. **Monitoramento da qualidade do café por meio de análise molecular usando pcr em tempo real**. 2019. 1–141 f. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), 2019.
- SCAA, S. C. A. **Protocolo para análise sensorial de café metodologia SCAA**. . [S.l.]: TSC-SCAA. , 2008
- SCHENKER, S.; ROTHGEB, T. The Roast-Creating the Beans' Signature. In: BRITTA FOLMER (Org.). . **Cr. Sci. Coffee**. 1. ed. [S.l.]: Elsevier Inc., 2017. p. 245–271.
- SEMEDO, J. N. et al. Coffee responses to drought, warming and high [CO₂] in a context of future climate change scenarios. **Climate Change Management**, p. 465–477, 2018.
- SOARES, M. J. **Avaliação do efeito da adição de ingredientes sobre os compostos fenólicos e a capacidade antioxidante de cápsulas de café expresso e sua bioacessibilidade**. 2018. 114 f. Universidade de São Paulo, 2018.

SOUSA, J. D. P. **Consumo de café: riscos e benefícios**. 2013. 1–63 f. Universidade de Coimbra, 2013. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10316/47914>>.

SOUZA, M. N. dos S. B. T. de. **Determinação da trogonelina em cafés através de um sistema de baixa pressão com separação cromatográfica e detecção eletroquímica**. 2018. 1689–1699 f. Universidade do Porto, 2018.

VIGNOLI, J. A. **Efeito da matéria-prima e do processamento nos compostos bioativos e na atividade antioxidando do café**. 2009. 129 f. Universidade Estadual de Londrina, 2009.