

MUDANÇAS NO PERFIL QUÍMICO E SENSORIAL DE CAFÉS OBTIDOS POR INFUSÃO OU FILTRAÇÃO EM DIFERENTES TEMPERATURAS

Gabriel Gonçalves Moulin, Gabriel Bernardes Pinheiro, Cristhiane Altoé Filete, Michel Mendonça dos Santos, Mayana Marchezi do Nascimento, Lucas Louzada Pereira, Emanuele Catarina da Silva Oliveira.

Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Venda Nova do Imigrante, CEP 29375-000, Venda Nova do Imigrante-ES, Brasil

Resumo: As espécies de café que abrangem maior parte do mercado mundial são o *Coffea arabica* e o *Coffea canephora*, os quais se diferenciam na sua composição física quanto química. Além de outros fatores, a qualidade final da bebida do café é determinada pela boa condução do processo de extração. O objetivo deste trabalho foi diferenciar e avaliar a composição química e sensorial da bebida a partir de distintos métodos de extração sob condições diferentes de temperatura para as espécies *Coffea arabica* e o *Coffea canephora* (var. conilon). As extrações foram realizadas utilizando dois métodos de extração (V60 e Prensa Francesa), em quatro temperaturas diferentes, 80°C, 85°C, 90°C e 95°C, para as duas espécies. Os resultados sugerem diferenças significativas na análise sensorial, nas características físico-químicas e nos resultados de infravermelho entre as amostras, onde, os cafés preparados nas temperaturas de 80°C e 85°C apresentaram resultados positivos para as duas espécies. A partir desse estudo, pode-se concluir que cada espécie, método de extração e temperatura da água irá influenciar nas características sensoriais na xícara.

Palavras-chave: café, método de extração, temperatura, composição química.

1. INTRODUÇÃO

As duas espécies mais conhecidas do café são o Café arábica (*Coffea arabica*) e o Café conilon ou robusta (*Coffea canephora*), ambas pertencendo ao gênero *Coffea*. As plantas do *C. arabica* são cultivadas em regiões montanhosas, onde as temperaturas são amenas, e sua composição química apresenta maior quantidade de açúcares, resultando em maior acidez após a torra e na formação de furanos responsáveis pelos atributos que remetem à doçura e o atributo sensorial que remete ao sabor caramelo na bebida (CAPORASO, 2018). Por sua vez, o *C. canephora* possui grãos menores, cujas plantas suportam climas mais quentes, cultivo em regiões de baixa altitude e a composição química dos grãos dessa espécie apresentam maior quantidade de ácidos clorogênicos e cafeína em comparação ao arábica (PREEDY, 2014). O *C. arabica* apresenta maior

doçura e acidez com notas de melão e chocolate, enquanto o *C. canephora* possui corpo e aroma mais intenso, com notas de cereais (PEREIRA, 2019).

O aroma e o sabor encontrados na xícara de café são o produto de uma série de fatores que abrangem desde o cultivo da planta até a extração do café para obter a bebida final. A qualidade do café pode ser descrita como um conjunto de características físicas, químicas e sensoriais que satisfazem uma ampla gama de consumidores (MAHMUD, 2020). Ao longo do processo de torração, acontecem uma variedade de interações entre substâncias químicas que levam à degradação e formação de diversos compostos, tais como ácidos carboxílicos, aldeídos, açúcares, cetonas, proteínas, aminoácidos, ácidos graxos e compostos fenólicos, todos estes responsáveis pela complexidade do aroma e sabor do café (ALVARENGA, 2017). Com isso, a qualidade final obtida na xícara de café também irá depender da execução e controle dos parâmetros envolvidos durante a extração.

A extração do café é um procedimento complexo que inclui diversos parâmetros, como qualidade e tamanho das partículas do pó de café, temperatura da água, velocidade do fluxo, tempo de extração, relação água/café, e pressão e até mesmo o hábito dos baristas (PARK, 2021). Esse processo se trata de uma operação unitária caracterizada por uma extração sólido-líquido em que os parâmetros do processo têm um impacto significativo na cinética de extração dos diferentes compostos químicos presentes no café torrado (CORDOBA et al., 2020). Na extração ocorre a absorção de água pelo café moído, a transferência em massa de sólidos solúveis presentes no pó para a água quente e a separação do extrato resultante dos sólidos (ANGELONI et al, 2019).

Segundo Moroney et al. (2015), a extração do café pode ser classificada em três categorias principais: métodos de percolação, métodos de infusão, e métodos de pressão, sendo essa a mais utilizada. Os métodos de extração podem ser categorizados pelas ferramentas de extração, bem como pelos principais parâmetros do processo que influenciam o perfil do sabor final (MESTDAGH et al., 2017).

No processo de extração do café, a temperatura da água é a força motriz que favorece a extração dos compostos químicos presentes na borra de café. Em temperaturas mais altas, a energia cinética das moléculas de água é maior (MESTDAGH et al., 2017). O aumento da mobilidade amplia a possibilidade de lixiviação de compostos do leito do café devido a forças físicas mais altas favorecendo a solubilidade de muitos desses compostos (MESTDAGH et al., 2017). A diferença na

concentração de compostos químicos em bebidas de café geralmente ocorre quando esses compostos apresentam diferentes solubilidades, que geralmente aumentam com a temperatura (CORDOBA et al., 2020). Portanto, o gradiente de temperatura na extração relaciona-se com a caracterização do perfil sensorial na xícara.

Os atributos sensoriais do café que descrevem a sua qualidade são avaliados por meio dos órgãos dos sentidos, especialmente paladar, olfato e tato (RABELO, 2016). Embora possa parecer uma avaliação subjetiva, a análise sensorial, quando aliada a análises químicas e ferramentas estatísticas, é o método mais adequado para caracterizar a qualidade da bebida do café (RABELO, 2016).

As medições de acidez total e pH são amplamente utilizadas para caracterizar e relacionar as bebidas de café pela percepção de acidez. Os teores de pH estão relacionados com a concentração aquosa de íons de hidrogênio e fornecem uma medida dos níveis de moléculas de ácido desprotonadas em uma amostra (CORDOBA et al., 2020). A acidez titulável total é uma medida de todos os prótons ácidos em uma amostra, incluindo prótons não dissociados que podem ser neutralizados pela adição de uma base forte. Normalmente, a acidez percebida é atribuída principalmente a vários ácidos carboxílicos, incluindo os ácidos acético, málico, fórmico, láctico, clorogênico e quínico. A temperatura pode afetar a percepção da acidez, em que, em geral, é mais pronunciada em temperaturas mais baixas de infusão do café (RAO & FULLER, 2018).

Os sólidos solúveis totais contidos em um material são o total de todos os sólidos dissolvidos na água, começando com açúcar, sais, proteínas, ácidos, entre outras bebidas. O rendimento da extração é a razão entre a massa de solúveis de café extraído e a massa de grãos de café utilizados (CORDOBA et al., 2020). A composição química dos sólidos totais do café podem variar dependendo da qualidade do café verde, do processo de torrefação e do método de preparo (PETRACCO, 2005).

A espectroscopia na região do infravermelho é uma metodologia difundida para análises qualitativas e quantitativas de diversos produtos alimentícios, inclusive o café (OLIVEIRA et al., 2020). Os espectros de infravermelho de amostras de café possuem várias bandas de absorção, refletindo sua grande complexidade química. Assim, para que a informação útil seja obtida desse grande volume de dados é necessário recorrer a técnicas matemáticas adequadas, sendo a quimiometria um dos campos da química mais utilizados (SANTOS, 2005).

Sabendo-se que o perfil sensorial da bebida final do café está diretamente relacionado com a sua composição química e a concentração desses compostos, torna-se necessário um melhor entendimento da composição química dos extratos obtidos por diferentes métodos de extração em diferentes temperaturas.

Diante disso, surge a suposição de que a bebida final do café Arábica e do café Conilon são afetadas de maneiras diversas pelos métodos de extração e pela temperatura da água, resultando em distintos perfis sensoriais.

Portanto, com o intuito de compreender a influência da temperatura da água no processo de extração do café, este estudo visa avaliar os efeitos químicos e sensoriais da bebida de café produzida por diferentes métodos de extração em condições de temperatura variadas, considerando as espécies arábica e conilon.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 OBTENÇÃO E PREPARO DA AMOSTRA

As amostras utilizadas neste experimento foram constituídas de cafés secos, verde e beneficiados, obtendo-se 300g de *Coffea arabica* e *Coffea canephora* var. Conilon, ambas de fruto cereja descascado, em que é o café passou pelo processo de descascamento mecânico da retirada da casca do café. O processo de torra foi realizado no torrador modelo Probatino, com capacidade para 1,2 kg, no ponto de torra médio e tempo de torra entre 11 e 12 minutos, segundo o protocolo da SCA para cafés especiais.

Após 24 horas do processo de torração, o café foi moído em moinho de discos (Bunn Coffee Mill, modelo G3A HD), onde para a extração feita na V60 foi usada a granulometria das peneiras 16 e 20 mesh, e na granulometria da peneira 12 mesh para a extração feita na prensa francesa.

2.2 EXTRAÇÃO

Foram utilizados dois métodos de extração, a V60 e a Prensa Francesa, para o conilon e o arábica. Para cada tipo de café e para cada método houve quatro repetições distintas, utilizando água em diferentes temperaturas, sendo elas 95°C, 90°C, 85°C e 80°C. Para a medição da temperatura foi utilizado um termômetro digital da marca TP101. No total obteve-se 16 amostras de cafés extraídos. As amostras foram codificadas de forma aleatória.

Os cafés preparados na Prensa Francesa foram utilizados a proporção de 7g de café, tanto o arábica quanto o conilon, para cada 100mL de água, a extração foi realizada por cerca de 4 minutos de infusão. Para os cafés preparados na V60 foi utilizado a proporção de 7g de café, tanto o arábica quanto o conilon, para cada 100mL de água, realizada as extrações entre 2 minutos e 2 minutos e 30 segundos, (2'30'') (Tabela 1).

Tabela 1 – Dados de preparo das amostras obtidas na extração.

Espécie	Método de Extração	Temperatura (°C)	Massa (g)	Volume (ml)	Tempo de infusão
Conilon	PF	80	35	502	4'14''
	PF	85	34,9	502,7	4'13''
	PF	90	35,1	505,7	4'15''
	PF	95	35,2	500	4'14''
	V60	80	34,5	506	2'16''
	V60	85	34,4	504	2'25''
	V60	90	34,8	503,9	2'10''
	V60	95	33,7	504	2'09''
Arábica	PF	80	35,1	503,6	4'18''
	PF	85	34,5	504,7	4'20''
	PF	90	34,8	507,3	4'15''
	PF	95	34,7	505	4'15''
	V60	80	34,5	502	2'58''
	V60	85	34,2	503,01	2'19''
	V60	90	34,5	506	2'40''
	V60	95	34,4	503,1	2'18''

2.3 ANÁLISE SENSORIAL

A realização da análise sensorial baseou-se nos métodos descritivos, utilizando-se escala linear não estruturada (GOMIDE, 2016) em que os avaliadores demarcaram na ficha sensorial (Figura 1) a intensidade dos atributos sensoriais indicados na escala de 10 cm. O painel foi montado com 12 provadores treinados em uma única sessão, em que as amostras foram preparadas sem repetição.

Nome: _____
 Data: _____
 Amostra: _____

Sabor	Doçura	Acidez	Adstringência	Corpo
Muito fraco	Muito fraco	Muito fraco	Muito fraco	Muito fraco
Muito forte	Muito forte	Muito forte	Muito forte	Muito forte

Figura 1 – Ficha de análise sensorial. Fonte: Próprio autor, 2023.

2.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Para as análises físico-químicas de pH e acidez titulável total (ATT) foram coletadas 50mL do extrato líquido de cada amostra. As análises foram feitas em triplicata.

O teor de sólidos solúveis totais foi determinado utilizando o Refratômetro Digital Portátil 0-85% BRIX. A leitura de pH foi realizada em pHmetro em temperatura ambiente. A acidez titulável total foi realizada a partir do mesmo extrato da análise de pH, utilizando-se titulador automático, e coletando 15mL do extrato para cada análise da triplicata e diluídas em 15mL de água destilada. Foi adicionada de 2 a 3 gotas de fenolftaleína e foi feita uma titulação com NaOH 0,1 mol L⁻¹ até pH 8,2 (ponto de viragem da fenolftaleína), sob temperatura ambiente.

2.5 ANÁLISE DE INFRAVERMELHO

As borras de café foram secas em estufas à temperatura de 60°C por cerca de 7 horas, depois, cada amostra foi peneirada em peneira de análise granulométrica e macerada em seguida.

Os espectros de infravermelho na região do médio das amostras das borras dos cafés foram obtidos em um espectrômetro modelo Cary 630 FTIR do fabricante Agilent Technologies, num acessório ATR (Reflexão Total Atenuada do inglês, attenuated total reflectance) de diamante com ângulo de reflexão de 45°, 1 mm de diâmetro, 200 µm de área ativa e aproximadamente 2 µm de profundidade de penetração na amostra, utilizando um detector de reflectância de Seleneto de Zinco (ZnSe). O espectro registrado foi obtido como a média de 8 varreduras consecutivas, com resolução de 4 cm⁻¹ na faixa de trabalho de 4000 a 630 cm⁻¹. As análises de espectroscopia de infravermelho foram realizadas em triplicata, totalizando 48 amostras.

2.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Para as análises estatísticas, os modelos de regressão testados pelo teste de F e os estimadores pelo teste de t, para cada método de extração. Foram realizadas análises de componentes principais para observar a distribuição dos 8 extratos, oriundos dos dois métodos de extração e de quatro temperaturas para os 2 cafés analisados, quanto às características sensoriais estudadas, mediante exames visuais em dispersões gráficas. Para as análises estatísticas foi utilizado o programa R (R Core Team, 2023).

Para a análise dos dados obtidos por espectroscopia de infravermelho, os espectros originais foram organizados em uma matriz, onde cada réplica foi considerada como uma amostra. Para os cálculos, foi utilizado o software Matlab versão R2013a. Para a aplicação das ferramentas quimiométricas ao conjunto de dados, foram aplicados como recursos de tratamento dos dados a correção do espalhamento multiplicativo (MSC – *multiplicative scatter correction*) e os mesmos centrados na média. Para os dados físico-químicos e sensoriais, aplicou-se o auto escalonamento. Posteriormente, os conjuntos de dados foram submetidos a análise exploratória por meio da técnica multivariada de análise de componentes principais (PCA) e Análise hierárquica de clusters (HCA).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ANÁLISE SENSORIAL

Os valores médios dos atributos sensoriais, doçura, acidez, corpo, adstringência e sabor, em relação a cada amostra de conilon são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Notas médias dos atributos sensoriais para as oito amostras de conilon.

Método	Temperatura de Extração (°C)	Sabor	Doçura	Acidez	Adstringência	Corpo
V60	80	6,10	6,98	3,78	2,29	5,15
	85	6,07	6,16	3,67	3,18	4,88
	90	6,15	6,40	4,70	3,45	5,69
	95	6,16	5,50	3,63	3,98	6,84
Prensa Francesa	80	6,22	7,29	4,99	2,76	5,11
	85	5,91	6,65	4,77	2,67	5,27
	90	5,42	6,53	4,33	2,91	4,29
	95	4,58	6,11	3,35	3,05	4,71

De acordo com a Tabela 2, na extração realizada na V60 e na Prensa Francesa observa-se uma relação direta entre Adstringência e temperatura de extração, ou seja, a adstringência aumenta com a temperatura de extração. Durante a extração com água quente, os compostos altamente polares são extraídos no início e os compostos menos polares perto do final (MESTDAGH, GLABASNIA, & GIULIANO, 2017). Portanto, de acordo com Cordoba (2021), a água em temperaturas mais altas favorece a extração eficiente de compostos com menor solubilidade e polaridade, nomeadamente aqueles relacionados com sabores amargos ou adstringentes.

Foi observada uma tendência em que a doçura diminui com o aumento da temperatura em ambos os métodos. No método Prensa Francesa foi observada relação inversa significativa entre sabor, doçura e acidez com a temperatura de extração, ou seja, sabor, doçura e acidez diminuem com a temperatura de extração, e que corpo aumenta com a diminuição da temperatura de extração

Há uma tendência que a adstringência aumenta com a temperatura e que o corpo oscila. O estudo de Salamanca (2017), indicou que o uso de perfis de gradiente de temperatura crescente (88–93 °C) resultou em aumento de cafeína, alguns compostos ácidos e extração de ácido clorogênico. E segundo os estudos de Gloess (2013), há uma

maior eficiência de extração para cafeína e ácidos clorogênicos com tempo de extração prolongado e temperatura de extração mais alta, e também observou que a acidez é mais pronunciada em temperaturas mais baixas na preparação do café.

Para agrupar as oito interações entre métodos e temperatura de extração, quanto às características sensoriais para o café conilon, foram utilizados os dois primeiros componentes principais (figura 2), onde os dois componentes absorveram 85,67% da variância acumulada dos dados, sendo o CP1 (Dim1) com 51,16% e o CP2 (Dim2) com 34,51%.

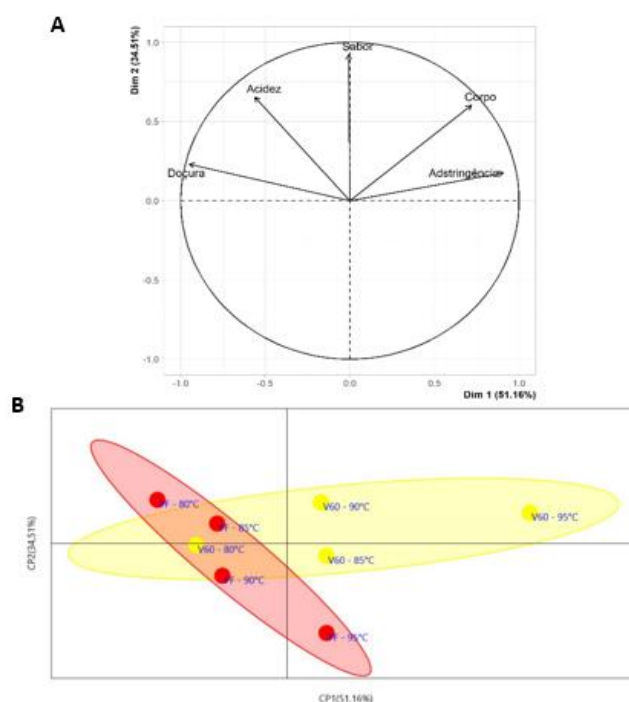


Figura 2 - Diagrama de dispersão (imagens A e B) em relação aos dois primeiros componentes principais para as oito amostras do conilon.

De acordo com a Figura 2, foi observado através dos autovetores de doçura e adstringência, em sentidos contrários, uma correlação negativa e significativa entre essas duas variáveis ao nível de 1% de probabilidade, ou seja, quanto maior a adstringência menor a doçura. Com isso, pode-se observar que o café utilizado na extração com V60 em temperaturas mais altas se apresentaram mais adstringentes, e que os cafés na extração com Prensa Francesa possuíram maior doçura conforme o aumento da temperatura. Segundo estudos de Moraes (2008) e Matei (2012), os ácidos clorogênicos são abundantes no café Conilon, e que durante o processo de torra,

produzem compostos ácidos, lactonas e outros derivados fenólicos que contribuem para o aroma e sabor do café, acidez final e adstringência da bebida.

Foram observadas também correlações positivas e significativas entre doçura e acidez, entre adstringência e corpo, que podem ser observadas pelos ângulos agudos entre os autovetores delas (figura 2). Isso significa que cafés com maior acidez possuem mais doçura e que café mais adstringentes são mais encorpados. No estudo realizado por Mestdagh et al (2017), o uso de água mais quente para extração aumenta a mobilidade das moléculas de água, o que aumenta a probabilidade de lixiviação de compostos do leito de café devido a forças físicas mais elevadas, e que nessas condições, a água pode permear mais facilmente o leito do café e acessar os espaços intercelulares para solubilizar os compostos do café.

Este efeito pode melhorar a extração de sólidos suspensos (por exemplo, lipídios e carboidratos), que são considerados relevantes para conferir corpo, amargor e o retrogosto às bebidas de café. E de acordo com Cordoba (2021) esses efeitos também poderiam explicar o maior amargor, corpo e adstringência percebidos em comparação com aquelas produzidas com água em temperatura mais amenas. Esses resultados confirmam os da Tabela 2.

Para o café arábica, é apresentado na tabela 3 os valores médios de cada atributo sensorial estudado.

Tabela 3 - Notas médias dos atributos sensoriais para as oito amostras de café arábica.

Método	Temperatura de Extração (°C)	Sabor	Doçura	Acidez	Adstringência	Corpo
V60	80	7,10	6,25	6,28	3,72	5,43
	85	7,38	6,80	6,88	3,64	6,04
	90	6,50	6,90	6,01	4,61	5,61
	95	7,46	7,23	6,79	3,10	6,27
Prensa Francesa	80	6,42	6,54	6,32	2,51	5,70
	85	6,86	6,17	6,04	2,43	5,61
	90	6,09	7,00	5,76	2,18	4,82
	95	6,26	5,72	5,37	2,63	5,74

Para o método V60 nota-se uma relação direta significativa entre doçura e temperatura de extração, ou seja, a doçura aumenta com a temperatura de extração. E na Prensa Francesa foi observada relação inversa significativa entre acidez e temperatura de extração, ou seja, a acidez diminuiu com a temperatura de extração. De acordo com Gloess (2013), a acidez é mais pronunciada em temperaturas mais baixas da preparação do café, havendo correlação com a sensação de amargor e adstringência, pois, interações com outros atributos sensoriais podem ser sobrepostas neste ponto, onde, por exemplo, o amargor percebido é afetado por mudanças no pH de uma bebida. No entanto, a questão de saber se o elevado amargor mascara a acidez de uma bebida não pode ser respondida neste momento.

Para agrupar as oito interações métodos e temperatura de extração, quanto às características sensoriais do café arábica, foram utilizados os dois primeiros componentes principais (Figura 3), onde os dois componentes absorveram 76,91% da variação existentes nas características originais, sendo o CP1 (Dim1) com 57,27% e o CP2 (Dim2) com 19,64%.

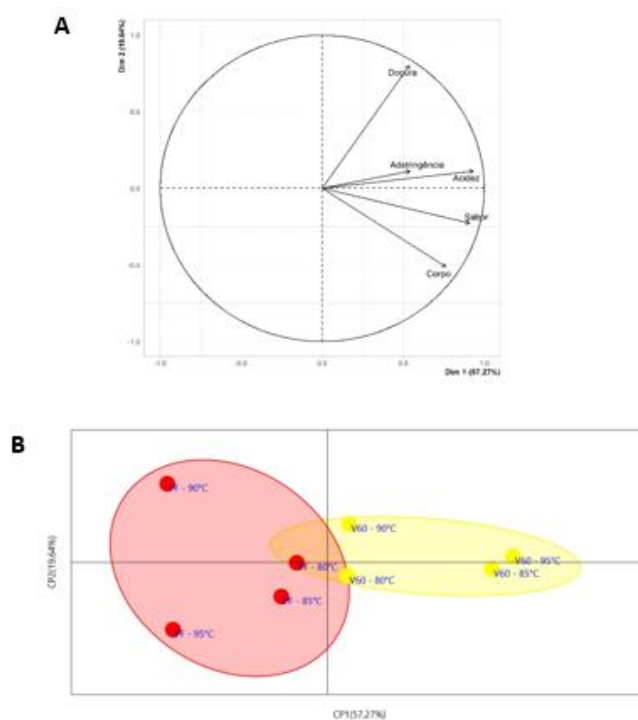


Figura 3 – Diagrama de dispersão (imagem A e B) em relação aos dois primeiros componentes principais, obtido a partir das 8 amostras do café arábica.

De acordo com a Figura 3, foi observado, através dos autovetores de sabor e acidez, uma correlação positiva e significativa entre essas duas variáveis ao nível de 1%

de probabilidade, ou seja, quanto maior acidez maior o sabor. Com isso, pode-se observar que os cafés utilizando a extração com V60 possuem mais sabor e acidez que os com Prensa Francesa. Segundo Xinrong Liu (2021) os grãos de café Arábica apresentam maiores concentrações de ácidos orgânicos em comparação aos grãos de conilon.

Foi observada também correlação positiva e significativa entre sabor e corpo, que pode ser observada pelo ângulo agudo entre os autovetores delas (Figura 3). Isso significa que cafés com maior sabor possuem mais corpo, também corroborando com os resultados de Mestdagh et al (2017). Perez-Martínez et al. relataram maiores eficiências de extração com o prolongamento do tempo de contato da água com o pó de café, principalmente no caso de substâncias menos solúveis em água, como açúcares e ácidos orgânicos, relacionando-se com os resultados de Gloess (2013), dentro dos métodos de infusão estudados, a extração da Prensa Francesa apresentou a maior eficiência de extração (alto tempo e temperatura de extração).

3.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Os resultados obtidos para os 3 parâmetros físico-químicos avaliados nas 8 amostras de café arábica e conilon são apresentados na Figura 4.

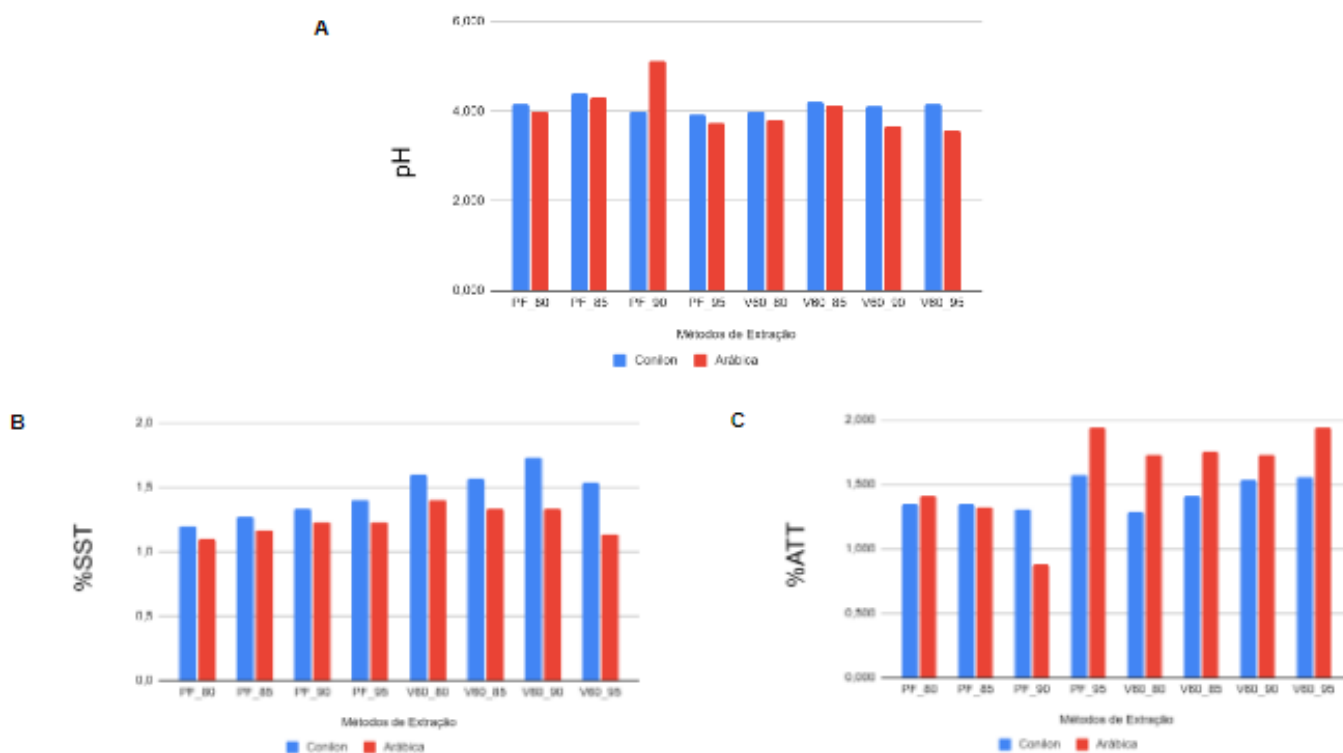


Figura 4 - Parâmetros físico-químicos determinados para as amostras de cafés.

Para o café conilon, é possível observar que em relação à acidez titulável houve um pequeno aumento desta com o aumento da temperatura de extração em cada um dos métodos, havendo também pequena variação nos valores de pH, e verifica-se variação nos valores de SST, demonstrando-se maior no método V60 e na temperatura de 90°C. O valor de acidez titulável para a Prensa Francesa à 95°C demonstrou ser mais elevado que os demais, se divergindo com a análise sensorial que apresentou menor intensidade de acidez.

Há divergências entre vários estudos sobre a correlação entre pH, acidez titulável e acidez percebida. No entanto, a falta de acordo sobre as relações de acidez na extração do café pode ser explicada pelo fato de que as mudanças na acidez da extração são pequenas, e os métodos mais comuns para medir a acidez (titulação alcalina) não podem detectar pequenas mudanças (GLOESS, 2013).

Em relação à percepção da acidez, a interação entre os ácidos e as papilas gustativas não é totalmente compreendida, e a acidez percebida pode se sobrepor a outros atributos sensoriais (CORDOBA, 2021). A temperatura pode afetar a percepção da acidez, em geral, é mais pronunciada em temperaturas mais baixas de infusão do café (RAO & FULLER, 2018).

Para o café arábica, é possível observar que houve variação significativa para os valores de acidez, pH e SST, tanto para os métodos de extração quanto para as distintas temperaturas. Os valores de pH mais altos foram observados na Prensa Francesa, onde relaciona-se com o estudo de Zapata (2019) em que o pH da bebida preparada pelo método infusão foi superior ao das demais bebidas. Esses resultados convergem com a análise sensorial, em que os cafés preparados na Prensa Francesa apresentaram intensidade de acidez menor, principalmente nas extrações com temperatura mais elevada. Enquanto os maiores valores de acidez titulável foram observados na prensa francesa à 95°C e nos cafés preparados na V60, que corroboram com as notas de acidez mais elevadas nesse método.

3.3 INFRAVERMELHO

A análise de componentes principais foi aplicada, gerando uma distribuição das amostras, baseando-se nos dois tratamentos testados e nas quatro temperaturas de extração (ambos indicados pela cor dos marcadores para cada tratamento).

Para o Gráfico de *scores* do café conilon (Figura 5), a PC1 explicou 84,61% da variabilidade dos dados e a PC2 5,90%, portanto, as duas componentes principais explicaram 90,51%.

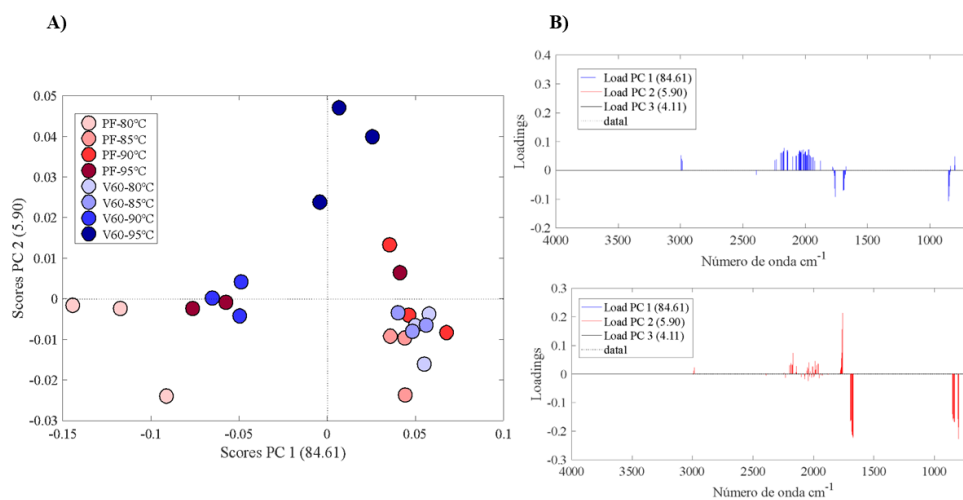


Figura 5 – A) Gráfico de Scores na primeira e segunda componentes principais para todos os tratamentos, B) Gráfico de *loadings* das variáveis originais na primeira e segunda componente principal para o café conilon.

Para o gráfico de resposta do conilon, verifica-se que na PC1 negativa, a temperatura de 90°C na V60 junto com a 80°C e 95°C da Prensa Francesa aglutinaram-se, em contrapartida, as amostras extraídas à 85°C e 90°C no método de imersão e em 80°C e 85°C no filtrado se encontram na PC1 positiva. A amostra feita a 80°C na Prensa Francesa e a de 95°C na V60 ficaram separadas entre si e das demais amostras. De acordo com o gráfico de *loadings* podemos observar que as regiões que mais contribuíram para a separação foram entre 1600-1700 cm^{-1} , 1400- 1300 cm^{-1} e 900-700 cm^{-1} .

Para a PC2, observa-se que as amostras preparadas no método V60 em 95°C separou-se das demais amostras. Conforme demonstrado no gráfico de *loadings* podemos observar que as regiões que mais contribuíram para a separação foram entre 900-700 cm^{-1} , em torno de 1400 cm^{-1} e 1600-1700 cm^{-1} .

As bandas de absorção relatadas no café conilon (Figura5), demonstraram bandas de absorção de interesse entre 1700 a 1600 cm^{-1} para as amostras na PC2 negativa, com as temperaturas mais amenas para os dois métodos, e para as temperaturas de 90°C e 95°C na Prensa Francesa e à 90°C na V60, relacionados à

carboidratos e lipídios. Houve bandas de absorção na faixa entre 2400 a 2000 cm^{-1} associadas a cafeína para as amostras na PC1 positiva com as temperaturas de 85°C e 90°C na Prensa Francesa e nas temperaturas de 80°C e 85°C na V60. A faixa entre 900 a 700 cm^{-1} demonstraram bandas de interesse na PC2 negativa para a prensa francesa à 80°C, e na PC1 positiva, para a V60 à 95°C, que podem estar relacionadas às proteínas e aminoácidos (MUNYENDO, 2021).

Os resultados encontrados na análise sensorial para o atributo corpo mostraram menor intensidade para a V60 à 80°C e 85°C e para a Prensa Francesa à 90°C e 95°C, convergindo com os resultados no infravermelho das borras dos cafés, onde os cafés extraídos nessas temperaturas demonstraram maiores concentrações dos compostos que estão associados aos lipídios, ou seja, o extrato líquido continha menor concentração dos mesmos. Para os atributos de doçura e sabor, observou-se menor intensidade nas amostras preparadas na Prensa Francesa a 90°C e 95°C. Isso também está de acordo com a análise de infravermelho, que mostrou maior concentração de compostos associados a proteínas e carboidratos nas borras dessas amostras.

Em relação ao atributo de adstringência, as amostras preparadas na V60 a 80°C e 85°C, e na Prensa Francesa a 85°C, apresentaram menor intensidade deste atributo. Esses resultados são reforçados pela análise de infravermelho, que indicou maiores concentrações de compostos associados à cafeína nas amostras extraídas.

As proteínas do café são importantes para a qualidade sensorial, pois as proteínas são responsáveis pela formação da cor, sabor e aroma da bebida, sendo em sua grande maioria, devido às reações químicas envolvendo proteínas no processo de torrefação (RODRIGUES, 2022). Os carboidratos presentes no café contribuem para a doçura e para a formação de cor e aroma do café, pois durante o processo de torra de café, os açúcares reagem formando compostos coloridos desejáveis, responsáveis pela cor marrom e características de aroma (SILVA et al., 2014). Maiores teores de açúcares também são associados a uma melhor qualidade do copo da bebida de café (SUNARHARUMA et al., 2014).

A presença de lipídios pode contribuir para uma bebida mais encorpada. Os lipídios desempenham um papel importante na retenção do aroma, portanto uma extração rica em lipídios garante o aumento do aroma na xícara final do café (SALAMANCA, 2017).

No café arábica (Figura 6), a primeira componente principal (PC1) explicou 86,69% da variabilidade dos dados e a segunda (PC2) explicou 8,84%, assim, as duas explicaram 95,53%.

Através do gráfico de resposta para o arábica, observamos que ao longo da PC1 positivo tivemos a separação das amostras obtidas pelo método V60 em 90°C, e para o método Prensa Francesa em 90°C e 95°C, para a PC1 negativa ficou contida as amostras V60 em 80°C, 85°C e 95°C e para a Prensa Francesa em 80°C e 85°C. Ao longo da PC2 positiva houve a separação entre os métodos, onde na PC2 positiva encontra-se o método Prensa Francesa e na PC2 negativa encontra-se o método V60.

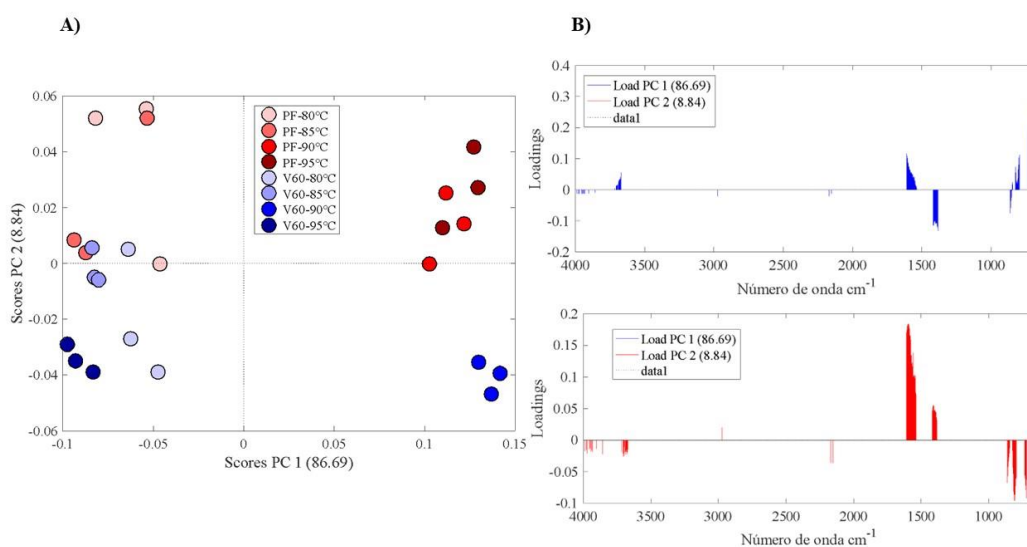


Figura 6 – A) Gráfico de Scores na primeira e segunda componentes principais para todos os tratamentos, B) Gráfico de *loadings* das variáveis originais na primeira e segunda componente principal para o café arábica.

Para o café arábica, observou-se bandas de absorção de interesse associados a diferentes compostos químicos, onde apresentou-se picos significativos entre 800 a 700 cm^{-1} na PC1 positiva, para a Prensa Francesa à 90°C e 95°C e para V60 à 90°C e na PC2 negativa, para as temperaturas de 80°C e 85°C na Prensa Francesa e nas temperaturas de 80°C, 85°C e 95°C na V60, que são associadas aos ácidos clorogênicos, trigonelina e carboidratos. Na faixa entre 1700 a 1600 cm^{-1} , verifica-se picos significativos associados à ácidos clorogênicos e proteínas na PC2 positiva e na PC1 positiva, para as amostras da Prensa Francesa à 90°C e 95°C, e para a V60 à 90°C.

Para a PC1 negativa e PC2 positiva verifica-se picos significativos associados à proteínas e ácidos orgânicos na faixa entre 1400 a 1500 cm^{-1} , para a Prensa Francesa nas temperaturas de 80°C e 85°C, e para a V60 nas temperaturas de 80°C, 85°C e 95°C.

Os resultados da análise sensorial para o atributo de doçura mostraram menor intensidade para o café preparado na V60 a 80°C e na Prensa Francesa a 95°C. Esses achados são corroborados pela análise de infravermelho, que revelou maiores concentrações de compostos associados aos carboidratos nas borras desses cafés.

Para o atributo de adstringência, as amostras preparadas na V60 a 95°C e na Prensa Francesa a 90°C apresentaram menor intensidade. A análise de infravermelho das borras desses cafés indicou maiores concentrações de compostos associados aos ácidos clorogênicos.

No atributo de sabor, observaram-se menores notas para as amostras preparadas na V60 a 90°C e na Prensa Francesa a 90°C e 95°C. Os resultados da análise de infravermelho mostraram maiores concentrações de compostos associados às proteínas e aos ácidos orgânicos nas borras desses cafés.

Os ácidos clorogênicos são os principais compostos fenólicos não voláteis encontrados no café, e a trigonelina, faz parte da classe dos alcalóides (ALVARENGA, 2017).

Segundo Cordoba et. al. (2020), um aumento de temperatura de 88 para 98 °C é favorável para a extração de lipídeos, e o uso de perfis de gradiente de temperatura crescente (88–93 °C) resulta em um aumento de cafeína, alguns compostos ácidos e extração de ácido clorogênico. A diminuição dos perfis de gradiente de temperatura (93–88 °C) diminui o ácido 5-cafeoilquínico (5-CQA) (SALAMANCA, 2017).

Os resultados observados a partir da análise dos espectros de infravermelho indicam que os cafés da Prensa Francesa continham as classes de compostos relacionadas com a cafeína e lipídios em maior concentração, enquanto os cafés preparados na V60 continham as classes relacionadas com os polissacarídeos e proteínas em maior concentração. Além disso, há uma separação visível entre as temperaturas. Essas descobertas destacam a influência tanto do método de extração quanto da temperatura da água na composição química e, conseqüentemente, na qualidade final do café.

4. CONCLUSÃO

Os resultados indicam que a temperatura da água é um dos fatores mais controláveis na preparação do café e tem um impacto direto na qualidade da bebida final.

Para o café arábica, o método V60 a 95°C foi o mais eficiente em todos os atributos, e também com bons resultados à 80°C para a Prensa Francesa. Já para o café conilon, a Prensa Francesa a 80°C foi a melhor em todos os atributos, e o método V60 mostrou resultados positivos para os atributos corpo e acidez a 90°C e 80°C.

Diante das análises químicas, o café arábica mostrou resultados distintos nas análises físico-químicas para as oito amostras alinhando com a sensorial, e para o infravermelho, as duas espécies demonstraram separação das amostras na PCA, confirmando o efeito da temperatura da água durante a extração na composição química do café.

Como possibilidades de futuras pesquisas, avaliar o impacto de outros métodos de extração, como Espresso e Aeropress, e expandir o estudo para outras variedades de café, como o robusta, é essencial para compreender como diferentes espécies e métodos de extração podem influenciar na qualidade final da bebida. Isso inclui análises detalhadas da composição química do café, como identificação de compostos voláteis e quantificação de cafeína, ácidos clorogênicos e trigonelina.

Portanto, o estudo conclui que cada espécie, método de extração e temperatura influenciam nas características sensoriais do café. A temperatura ideal de extração é aquela que equilibra os aspectos positivos e negativos ou destaca os positivos, crucial para uma extração equilibrada e sabores desejados.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, S. T. Caracterização química e sensorial de cafés especiais do sul de

minas gerais. 120 p. Dissertação (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG, 2017. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/9109>. Acesso em: 08 fev. 2020.

ANGELONI, G.; GUERRINI, L.; MASELLA, P.; BELLUMORI, M.; DALUIO, S.; PARENTI, A.; INNOCENTI, M. What kind of coffee do you drink? An investigation on the effects of eight different extraction methods. *Food Research International*, v. 116, p. 1327 – 1335, 2019.

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.

BORÈM, FM, de Oliveira, PD, Isquierdo, EP, Giomo, GDS, Saath, R, & Cardoso, R. A. (2013). Microscopia eletrônica de varredura de grãos de café submetidos a diferentes formas de processamento e secagem. *do Café*, 8(2), 218–225.

CANTERGIANI, E. et al. Characterization of mouldy/earthy defect in green Mexican coffee. In: COLLOQUIUM OF INTERNATIONAL COFFEE 52 SCIENCE ASSOCIATION, 18., 1999, Helsinki. Proceedings... Helsinki: ASIC, 1999.

CAPORASO, N.; Whitworth, M. B.; Cui, C.; Fisk, I. D.; *Food Res. Int.* 2018, 108, 628. [Crossref]

CHAPKO, Matthew J.; SEO, Han-Seok. Caracterização da percepção sensorial dependente da temperatura do produto de bebidas de café fabricadas: análise sensorial descritiva. **Food Research International** , v. 612-621, 2019.

CORDOBA, Nancy et al. Extração do café: uma revisão dos parâmetros e sua influência nas características físico-químicas e no sabor das infusões de café. **Tendências em Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 96, p. 45-60, 2020.

DE LUCA, S et al. Caracterização dos efeitos de diferentes condições de torra em amostras de café de diferentes origens geográficas por HPLC-DAD, NIR e quimiometria. *Microquímica. J., Roma*, v. 348-361, 2016.

GLOESS, Alexia N. et al. Comparação de nove métodos comuns de extração de café: análise instrumental e sensorial. *Investigação e Tecnologia Alimentar Europeia*. V. 607-627, 2013.

GOMIDE, Aline Iamin. Métodos sensoriais descritivos (Perfil Descritivo Otimizado e

Perfil Convencional): estudo do tamanho da escala linear. 2016.

LEMOS, Mayara Fumière et al. Perfil químico e sensorial de novos genótipos de *Coffea canephora* brasileira. **Química dos Alimentos**, v. 310, pág. 125850, 2020.

MAHMUD, MM Chayan; SHELLIE, Robert A.; KEAST, Russell. Unravelling the relationship between aroma compounds and consumer acceptance: Coffee as an example. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 19, n. 5, p. 2380-2420, 2020.

MALTA, M. R.; CHAGAS, S. J. R. Avaliação de compostos não voláteis em diferentes cultivares de cafeeiro produzidas na região sul de Minas Gerais. *Acta Scientiarum. Agronomy, Maringá*, v. 31, n. 1, p. 57-61, 2009.

MATEI, Marius Febi; JAISWAL, Rakesh; KUHNERT, Nik lai. Investigando as alterações químicas dos ácidos clorogênicos durante a preparação do café: Adição conjugada de água à porção olefínica dos ácidos clorogênicos e seus quinídeos. **Revista de química agrícola e alimentar**, v. 49, pág. 12105-12115, 2012.

MESTDAGH, F., Glabasnia, A., & Giuliano, P. (2017). A bebida. Extraído por excelência. O ofício e a ciência do café (pp. 355–380). Imprensa Acadêmica.

MORAIS, S. A. L. de; Nascimento, E. A.; Rocha, R. S.. Constituintes voláteis de cafés gourmet e mole do cerrado do triângulo mineiro em função da torra. *Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, SP*, v. 23, n. 2, p. 282-284, 2003.

MUNYENDO, Leah; NJOROGÉ, Daniel; HITZMANN, Bernd. The potential of spectroscopic techniques in coffee analysis—A review. **Processes**, v. 10, n. 1, p. 71, 2021.

MORAIS, Sérgio Antônio Lemos de et al. Compostos bioativos e atividade antioxidante do café conilon apresentaram diferentes graus de torra. **Química Nova**, v. 32, pág. 327-331, 2009.

NASCIMENTO, Priscilla Mendes do. Estudo da composição química, atividade antioxidante e potencial odorífico de um café conillon, em diferentes graus de torrefação e análise comparativa com café arábica. 2006.

NGUYEN, TNH; BYUN, SY Mudanças combinadas nas condições do processo melhoraram as propriedades aromáticas do Robusta vietnamita. *Biotechnol Bioprocess Eng., Ho Chi Minh*, v. 248-256, 2013.

PENHA, Maria Flávia Azevedo da. "Café arábica (*Coffea arábica*) do tipo sombreado produzido no Maciço de Baturité-CE: perfil dos consumidores, sensorial e de voláteis." (2022).

PEREIRA, L. L.; Moreli, A. P.; Moreira, T. R.; Caten, C. S. T.; Marcate, J. P. P.; Debona, D. G.; Guarçoni, R. C.; *Agric. Sci.* 2019, 10, 395. [Crossref]

PEREZ-MARTÍNEZ M, Caemmerer B, Paz de Peña M, Cid C, Kroh LW (2010) Influência do método de preparo e dos reguladores de acidez na capacidade antioxidante das preparações de café. *J Agric Food Chem* 58:2958–2965.

PREEDY, V. R.; *Coffee in Health and Disease*, 1st ed.; Academic Press: London, 2014.

PETRACCO, M. (2005). Percolação. Em A. Illy, & R. Viani (Eds.). *Café expresso. A ciência da qualidade* (pp. 259–289). (2a ed.). Elsevier Academic Press. Quintanilla-Casas, B., Dulsat-Serra, N., Cortés-Francisco, N., Caixach, J., & Vichi, S.

RABELO, Mariane Helena Sances. Limiar de percepção sensorial da presença de grãos Quakers em café natural especial. 2016.

RAO, Nova Zelândia e Fuller, M. (2018). Acidez e atividade antioxidante do café cold brew. *Relatórios Científicos*, 8(1), 1–9.

RODARTE, Mirian Pereira. *Análise sensorial, química e perfil de constituintes voláteis de cafés especiais*. 2008.

RODRIGUES, Alcimar. *Marcadores de qualidade em grãos de café arábica*. 2022.

C. Alejandra Salamanca, Núria Fiol, Carlos González, Marc Saez, Isabel Villaescusa, Extraction of espresso coffee by using gradient of temperature. Effect on physicochemical and sensorial characteristics of espresso, *Food Chemistry*, Volume 214, 2017, Pages 622-630, ISSN 0308-8146, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.120>.

SANTOS, E. de S. M. dos; Deliza, R. Freitas, D. De G. C.; Corrêa, F. M. Efeito de grãos conilon no perfil sensorial e aceitação de bebidas de café. *Semina: Ciências Agrárias* 2013, 34, 2297. [Crossref]

SANTOS, M. C. S. (2005). *Utilização da espectroscopia na região do infravermelho (FTIR) e quimiometria na identificação do café torrado e moído adulterado (Dissertação de Mestrado)*. Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG.

SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION (SCA). Protocols: Cupping Specialty Coffee.2015. 10p. Disponível em: http://scaa.org/PDF/resources/cupping_protocols.pdf.

STONE, Herbert; BLEIBAUM, Rebecca; THOMAS, Heather A. Sensory evaluation practices. Academic press, 2020.

SILVA, P. A. et al. Quality assessment of coffee grown in Campos Gerais, Minas Gerais State, Brazil Acta Scientiarum Technology, v. 36, n. 4, p. 739-744, 2014.

SUNARHARUMA, W. B. et al. Complexity of coffee flavor: A compositional and sensory perspective. Food Research International, v. 62, n. 1, p. 315–325, 2014.

LIU, Xinrong et al. Diferença físico-química de grãos de café com diferentes espécies, áreas de produção e graus de torra. **Pesquisa em Plantas de Bebidas** , v. 1, pág. 1-8, 2022.

ZAPATA, Angela María Ormaza; ARANGO, Félix Octavio Díaz; ROJANO, Benjamín Alberto. The effect of gravity-drip filtration methods on the chemical and sensorial properties of coffee (*Coffea arabica* L. var. Castillo). 2019.




MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CAMPUS VENDA NOVA DO IMIGRANTE

ANEXO VII


FORMULÁRIO DE PARECER DA APRESENTAÇÃO FINAL DO TCC II

O(A) aluno(a) **Gabriel Gonçalves Moulin** apresentou a versão final do TCC intitulado **Mudanças no perfil químico e sensorial de cafés obtidos por infusão ou filtração em diferentes temperaturas** à Comissão de avaliação de TCC II do Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo – Campus Venda Nova do Imigrante, como requisito para aprovação no componente curricular Trabalho de Conclusão de Curso II. O referido TCC, elaborado e defendido em sessão pública realizada nesta data, foi avaliado pela Banca Examinadora com Nota **95,8** e com o seguinte parecer:


.....
.....
.....

Assinatura:.....  Documento assinado digitalmente
EMANUELE CATARINA DA SILVA OLIVEIRA
Data: 19/07/2024 16:06:35-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Nome:
Professor(a) orientador(a)

Assinatura:.....  Documento assinado digitalmente
FABRICIA RIBEIRO MATTOS
Data: 22/07/2024 19:20:48-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Nome:

Assinatura:.....  Documento assinado digitalmente
BRUNA LOPES CAON
Data: 23/07/2024 09:49:26-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Nome:
Avaliador(a) II

Assinatura:.....  Documento assinado digitalmente
LUCAS LOUZADA PEREIRA
Data: 25/07/2024 08:48:05-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Nome:
Avaliador(a) III

Venda Nova do Imigrante, ES, de de