



**KATIANY MANSUR TAVARES**

**PERFIL FÍSICO-QUÍMICO, QUÍMICO E  
SENSORIAL DE CAFÉS ESPECIAIS DO  
CERRADO MINEIRO**

**LAVRAS - MG  
2016**

**KATIANY MANSUR TAVARES**

**PERFIL FÍSICO-QUÍMICO, QUÍMICO E SENSORIAL DE CAFÉS  
ESPECIAIS DO CERRADO MINEIRO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Doutor.

Orientadora

Dra. Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira

**LAVRAS - MG  
2016**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha  
Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados  
informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Tavares, Katiany Mansur.

Perfil físico-químico, químico e sensorial de cafés especiais do  
Cerrado Mineiro / Katiany Mansur Tavares. - 2016.

146 p. : il.

Orientador(a): Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2016.

Bibliografia.

1. Processamento pós-colheita. 2. Análise sensorial. 3. Constituintes  
voláteis. I. Pereira, Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga. . II. Título.

**KATIANY MANSUR TAVARES**

**PERFIL FÍSICO-QUÍMICO, QUÍMICO E SENSORIAL DE CAFÉS  
ESPECIAIS DO CERRADO MINEIRO**

**SPECIAL COFFEES PHYSICO-CHEMICAL, CHEMICAL AND  
SENSORIAL PROFILE FROM CERRADO MINEIRO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 13 de setembro de 2016.

Dra. Sara Maria Chalfoun de Souza	EPAMIG
Dr. Marcelo Ribeiro Malta	EPAMIG
Dra. Ana Carla Marques Pinheiro	UFLA
Dra. Lidiany Mendonça Zacaroni Lima	UFLA

Dra. Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira  
Orientadora

**LAVRAS – MG  
2016**



## AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado força, coragem e, sobretudo, saúde para realizar este trabalho.

Aos meus pais, Pedro e Sandra, pelo apoio, incentivo e amor incondicional. Ao meu marido, Ednaldo, pelo carinho, cuidado, amor, compreensão e paciência. Aos meus familiares e, em especial, à tia Alzira, pelo incentivo e apoio.

À professora Rosemary Gualberto F. A. Pereira, pela confiança e valiosos ensinamentos.

Ao professor Mário César Guerreiro, pela primordial ajuda nas análises cromatográficas. Aos professores Cleiton e Ana Carla, pela colaboração nas análises quimiométricas e sensorial.

Às amigas Adriene, Sandra, Míriam Helena, Fernanda, Emanuelle e Larissa, pela amizade e auxílio para a realização deste trabalho. Aos demais amigos do Polo de Tecnologia em Qualidade do Café, em especial ao Bruno e ao Edson, pela amizade e apoio no desenvolvimento dos trabalhos. À querida amiga Gislaine, muito obrigada pela amizade sincera, paciência e companheirismo durante todos os anos da pós-graduação.

Aos amigos e funcionários e professores do Departamento de Ciência dos Alimentos e Química, pela convivência, motivação e auxílio. A todos os amigos e familiares que torceram por mim e me apoiaram, em especial à tia Vera, Cris, Célia e a querida amiga Késia.

À Universidade Federal de Lavras e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, pela oportunidade e à CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Às instituições parceiras deste trabalho, CAPES, CNPq, Fapemig, UFMG e Federação dos Cafeicultores do Cerrado Mineiro e a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram, agradeço e dedico este trabalho.



## RESUMO

A qualidade do café está estritamente relacionada com as suas características de sabor e aroma que são desenvolvidas durante o processo de torração. Tais características são fortemente influenciadas pela composição química do grão cru, que pode variar de acordo com a influência de diversos fatores, como o local de cultivo, a variedade, o manejo da lavoura e os procedimentos adotados durante e após a colheita. O café apresenta composição química extremamente complexa, constituída por diversos compostos voláteis e não voláteis, muitos dos quais são gerados nas reações térmicas que ocorrem durante a torração dos grãos. A crescente demanda por cafés especiais, associada à diversidade de sabores e aromas dos cafés produzidos no Brasil, justifica os estudos sobre a sua composição química, visando estabelecer uma relação entre os seus constituintes e o perfil sensorial da bebida. Assim, o objetivo, neste trabalho, foi avaliar a composição química e o perfil volátil de cafés especiais do Cerrado Mineiro e sua influência nos atributos sensoriais da bebida. Foram avaliadas 10 amostras de cafés especiais da região de Cerrado Mineiro, sendo cinco oriundas do processamento natural (A, B, C, D e E) e cinco do cereja descascado (F, G, H, I e J), quanto aos atributos físico-químicos, sensoriais e perfil volátil. Os resultados foram analisados por meio de testes de médias (Scott-Knott) e análise de componentes principais (PCA). Na análise sensorial, apenas a amostra A diferiu significativamente ( $p < 0,05$ ) dos demais cafés naturais quanto aos atributos sensoriais analisados e à nota final. Os cafés cereja descascados não diferiram significativamente quanto à nota sensorial final. Os principais compostos voláteis identificados nos cafés foram furanos, pirazina, cetonas, pirróis, álcoois e aldeídos, independente do tipo de processamento pós-colheita. A PCA mostrou que os constituintes que mais contribuíram para a discriminação da amostra A com maior nota sensorial entre os cafés naturais foram cafeína, trigonelina, ácido esteárico, álcoois, pirróis, cetonas e pirazinas. A amostra F discriminou dos demais cafés descascados e os constituintes que mais contribuíram para a sua distinção foram acidez titulável, ácido 5-cafeoliquínico, trigonelina, cinzas, os ácidos palmítico e linoleico, além das pirazinas, fenóis e cetonas.

**Palavras-chave:** *Coffea arabica* L. Processamento pós-colheita. Atributos Sensoriais. Composição química.





## ABSTRACT

The coffee quality is narrowly related with its flavor and aroma characteristics that are developed during the roasting process. Such characteristics are strongly influenced by the raw grain chemical composition that may vary according to the influence of various factors, as cultivation place, variety, crop management and procedures adopted during and after harvest. Coffee has an extremely complex chemical composition, consisting of several volatile and non-volatile compounds, many of which are generated in the thermal reactions that occur during grain roasting. The ascendancy demand for specialty coffees, associated with the flavor and aromas diversity of coffees produced in Brazil, justifies studies on their chemical composition, aiming to establish a relationship between their constituents and the beverage sensorial profile. Therefore, the objective of this study was to evaluate the chemical composition and volatile profile of Cerrado Mineiro special coffee and its influence on the beverage sensorial attributes. Ten samples of special coffees from the Cerrado Mineiro region were evaluated, five of them from natural processing (A, B, C, D and E) and five from pulped coffee (F, G, H, I and J) regarding physical-chemical, sensorial and volatile profiles attributes. The results were analyzed through means tests (Scott-Knott) and principal components analysis (PCA). In the sensorial analysis, only the sample A distinguished significantly ( $p < 0.05$ ) from the other natural coffees regarding the sensorial attributes analyzed and the final note. The pulped coffee did not distinguished significantly in the final sensorial grade. The main volatile compounds identified in the coffees were furans, pyrazine, ketones, pyrroles, alcohols and aldehydes, regardless of the post-harvest processing type. The PCA showed that the constituents that contributed the most to the discrimination of sample A with the highest sensorial grade among natural coffees were caffeine, trigonelline, stearic acid, alcohols, pyrroles, ketones and pyrazines. The sample F discriminated from the other pulped coffee and the constituents that most contributed to its distinction were titratable acidity, 5-caffeoylquinic acid, trigonelline, ashes, palmitic and linoleic acids, as well as pyrazines, phenols and ketones.

**Keywords:** *Coffea arabica* L. Post-harvest processing. Sensorial Attributes. Chemical composition.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### CAPÍTULO 1

Figura 1 - Mapa da região produtora de cafés no Cerrado Mineiro. ....26

### CAPÍTULO 2

Figura 1 - Biplot da PCA da caracterização química e dos atributos sensoriais dos cafés naturais (A) e cereja descascados (B). ....80

Figura 2 - Biplot da PCA dos perfis de ácidos graxos e qualidade sensorial dos cafés naturais (A) e cereja descascado (B). ....88

### CAPÍTULO 3

Figura 1 - Biplot da PCA dos atributos sensoriais dos cafés especiais submetidos ao processamento natural (A) e cereja descascado (B).113

Figura 2 - Biplot das classes de constituintes voláteis de cafés especiais submetidos ao processamento natural (A) e cereja descascado (B).136



## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1

Tabela 1 - Resultados, segundo SCAA, para a classificação dos cafés a partir da nota final da análise sensorial. ....	30
---	----

### CAPÍTULO 2

Tabela 1 - Resultados da análise sensorial dos cafés especiais submetidos ao processamento natural. ....	73
Tabela 2 - Resultados da análise sensorial dos cafés especiais submetidos ao processamento cereja descascado. ....	74
Tabela 3 - Resultados das análises químicas de cafés especiais submetidos ao processamento natural. ....	76
Tabela 4 - Resultados das análises químicas de cafés especiais submetidos ao processamento cereja descascado. ....	76
Tabela 5 - Correlações dos parâmetros químicos avaliados para as duas primeiras componentes principais para os cafés naturais e cereja descascados. ....	83
Tabela 6 - Perfil de ácidos graxos de cafés especiais submetidos ao processamento natural. ....	85
Tabela 7 - Perfil de ácidos graxos de cafés especiais submetidos ao processamento cereja descascado. ....	85
Tabela 8 - Correlações dos conteúdos dos ácidos graxos avaliados para as duas primeiras componentes principais para os cafés naturais e cereja descascados. ....	89

### CAPÍTULO 3

Tabela 1 - Identificação dos compostos voláteis encontrados nas amostras de café torrado provenientes do processamento por via seca (natural), pela técnica de SPME. ....	116
Tabela 2 - Identificação dos compostos voláteis encontrados nas amostras de café torrado, provenientes do processamento por via úmida (descascado), pela técnica de SPME. ....	124
Tabela 3 - Correlações das classes de compostos voláteis e atributos sensoriais avaliados para as duas primeiras componentes principais, para os cafés naturais e cereja descascados. ....	139



## **LISTA DE ABREVIATURAS**

EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
OIC	Organização Internacional do Café
PCA	Análise de Componentes Principais
SCAA	Associação Americana de Cafés Especiais
BSCA	Associação Brasileira de Cafés Especiais





## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b>	
1	<b>INTRODUÇÃO GERAL ..... 19</b>
2	<b>REVISÃO DE LITERATURA ..... 23</b>
2.1	<b>Importância econômica e produção de café no Brasil..... 23</b>
2.2	<b>Indicação geográfica..... 24</b>
2.2.1	<b>Produção de café no cerrado mineiro ..... 25</b>
2.3	<b>Qualidade ..... 27</b>
2.3.1	<b>Cafés especiais..... 28</b>
2.4	<b>Processamento pós-colheita ..... 31</b>
2.5	<b>Processo de torração..... 32</b>
2.6	<b>Composição química..... 34</b>
2.6.1	<b>Constituintes voláteis..... 40</b>
2.7	<b>Análise sensorial ..... 43</b>
	<b>REFERÊNCIAS..... 47</b>
<b>CAPÍTULO 2 ANÁLISE QUÍMICA E SENSORIAL DE CAFÉS ESPECIAIS SUBMETIDOS A DIFERENTES FORMAS DE PROCESSAMENTO PÓS-COLHEITA ..... 61</b>	
1	<b>INTRODUÇÃO ..... 63</b>
2	<b>MATERIAL E MÉTODOS ..... 67</b>
2.1	<b>Matéria-prima e locais de execução ..... 67</b>
2.2	<b>Torração das amostras ..... 67</b>
2.3	<b>Análise sensorial ..... 68</b>
2.4	<b>Caracterização química do café torrado ..... 69</b>
2.4.1	<b>Teor de água..... 69</b>
2.4.2	<b>Análises físico-químicas ..... 69</b>
2.4.3	<b>Cafeína, trigonelina e ácido 5-cafeiolquínico ..... 69</b>
2.5	<b>Perfil de ácidos graxos livres ..... 70</b>
2.6	<b>Análise estatística..... 70</b>
3	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 73</b>
3.1	<b>Análise sensorial ..... 73</b>
3.2	<b>Caracterização química..... 75</b>
3.2.1	<b>PCA da composição química e os atributos sensoriais..... 79</b>
3.2.2	<b>Perfil de ácidos graxos..... 84</b>
3.2.3	<b>PCA do perfil de ácidos graxos e qualidade sensorial..... 87</b>
4	<b>CONCLUSÕES..... 93</b>
	<b>REFERÊNCIAS..... 95</b>
<b>CAPÍTULO 3 ATRIBUTOS SENSORIAIS E CONSTITUINTES VOLÁTEIS DE CAFÉS ESPECIAIS DA REGIÃO DO CERRADO MINEIRO..... 103</b>	
1	<b>INTRODUÇÃO ..... 105</b>

<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>109</b>
<b>2.1</b>	<b>Matéria-prima e locais de execução</b> .....	<b>109</b>
<b>2.2</b>	<b>Torração das amostras</b> .....	<b>109</b>
<b>2.3</b>	<b>Análise sensorial</b> .....	<b>110</b>
<b>2.4</b>	<b>Análise dos constituintes voláteis</b> .....	<b>111</b>
<b>2.4.1</b>	<b>Extração dos compostos voláteis</b> .....	<b>111</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Análise cromatográfica</b> .....	<b>111</b>
<b>2.5</b>	<b>Análise estatística</b> .....	<b>112</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>113</b>
<b>3.1.1</b>	<b>Análise de componentes principais dos atributos sensoriais</b> .....	<b>113</b>
<b>3.2</b>	<b>Perfil volátil do café</b> .....	<b>115</b>
<b>3.2.1</b>	<b>Análise de componentes principais das classes dos constituintes voláteis</b> .....	<b>135</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>141</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>143</b>

## CAPÍTULO 1

### 1 INTRODUÇÃO GERAL

O consumo de cafés especiais tem aumentado nos últimos anos, devido, principalmente, às mudanças no comportamento dos consumidores que buscam não apenas o seu efeito estimulante, mas também prazer e satisfação ao degustar a bebida. O café tem seu valor comercial baseado em parâmetros qualitativos, portanto, os produtores buscam, cada vez mais, aperfeiçoamento nas práticas agrícolas, visando produzir cafés de alta qualidade e com características sensoriais distintas para atender ao mercado consumidor. Assim, o consumo de cafés especiais cresce em torno de 15% ao ano, enquanto o café *commodity* apresenta um crescimento de 2% (BRAZIL SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION - BSCA, 2016).

Um café especial deve apresentar grãos com bom aspecto físico e ausência de defeitos primários (preto, ardido, coco, material estranho e grãos atacados por insetos ou fungos), além de um perfil altamente aromático e sabor agradável (GIOMO; BORÉM, 2011; SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA - SCAA, 2016). O aroma do café é formado por uma ampla variedade de compostos voláteis, oriundos das reações que ocorrem nos constituintes químicos dos grãos crus durante a torração, podendo resultar em um café de excelente qualidade (TOLEDO et al., 2016).

No entanto, a qualidade do café se expressa em função do local de plantio, sendo influenciada pelos aspectos ambientais, espécie, cultivar, práticas de colheita e pós-colheita, armazenamento e industrialização (ALVES et al., 2011; AVELINO et al., 2005; BERTRAND et al., 2012; CAMARGO, 2010; SILVEIRA, 2014; TOLEDO et al., 2016; VILLARREAL et al., 2009).

O Brasil apresenta grande potencial para a produção de cafés de qualidade, devido à sua diversidade de clima e amplo parque cafeeiro, além das tecnologias de produção. O estado de Minas Gerais se destaca por produzir mais da metade do café brasileiro, apresentando características sensoriais distintas, atendendo aos anseios dos diversos mercados consumidores. as principais regiões produtoras são Sul Minas, Matas de Minas, Chapadas de Minas e Cerrado Mineiro (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2016). O Cerrado Mineiro é reconhecido pela produção de cafés diferenciados com características singulares de clima, solo e cultivo, sendo a primeira região brasileira a apresentar o Selo de Denominação de Origem para o café (CONSELHO DAS ASSOCIAÇÕES DE CAFEICULTORES DO CERRADO - CACCER, 2016).

Para avaliar a influência dos diversos fatores relacionados com a qualidade do café, como ambiente de produção, cultivar, tipo de colheita e processamento pós-colheita, entre outros, diversos estudos têm sido realizados (ARRUDA et al., 2011; BARBOSA et al., 2012; BORÉM et al., 2016; FIGUEIREDO et al., 2015; GONZALEZ-RIOS et al., 2007; RODRIGUES et al., 2009; SANTOS; CHALFOUN; PIMENTA., 2009; SILVA et al., 2016). Dentre esses fatores, os tipos de processamento pós-colheita vêm sendo estudados, pois alguns autores relataram diferenças no perfil sensorial de cafés submetidos à via seca e à via úmida. Os cafés naturais produziram bebidas mais doces e encorpadas e os cafés descascados resultaram em bebidas com acidez mais equilibrada e aroma acentuado (BORÉM et al., 2008; ILLY; VIANI, 2005; SANTOS; CHALFOUN; PIMENTA, 2009).

No entanto, devido à complexidade desses fatores e de suas interações, são necessários mais estudos para avaliar suas correlações com a qualidade da bebida. Além disso, são poucos os trabalhos nos quais se avaliaram os constituintes químicos dos cafés especiais com certificação de indicações geográficas e sua

correlação com as características sensoriais do café (ALVES et al., 2007; NASCIMENTO; MORAIS; ROCHA, 2003; PEREIRA et al., 2010). Assim, o objetivo, neste trabalho, foi caracterizar cafés especiais do Cerrado Mineiro oriundos de diferentes tipos de processamento pós-colheita (natural e cereja descascado) por meio dos parâmetros físico-químicos, químicos e sensoriais, visando estudar sua influência nos atributos da bebida.



## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Importância econômica e produção de café no Brasil**

O café é um produto de grande importância econômica para o Brasil, pois sua cadeia produtiva gera mais de oito milhões de empregos diretos e indiretos (BRASIL, 2016). Para o ano de 2016, a estimativa de produção é de, aproximadamente, de 50 milhões de sacas, sendo em torno de 80% de café arábica, ou seja, cerca de 35 milhões de sacas (CONAB, 2016). As exportações brasileiras de café, no ano de 2015, chegaram a quase 37 milhões de sacas, dos quais aproximadamente 9 milhões foram de cafés diferenciados, o que gerou uma receita de 1,8 bilhão de dólares para o país (CONSELHO DOS EXPORTADORES DE CAFÉ DO BRASIL - CECAFÉ, 2016).

Os principais estados produtores de café são Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Bahia, Paraná, Rondônia e Goiás, responsáveis por mais de 90% da produção nacional. O estado de Minas Gerais se destaca pela produção de mais da metade de todo o café produzido no país (51,5%) e suas principais regiões produtoras são Sul de Minas (sul e centro-oeste), Matas de Minas (Zona da Mata, Rio Doce e Central), Chapadas de Minas (norte, Jequitinhonha e Mucuri) e Cerrado Mineiro (Triângulo, Alto Paranaíba e noroeste). Essas regiões apresentam diferentes características de ambiente, o que propicia a produção de cafés de qualidade, com ampla diversidade de aromas e sabores (BSCA, 2016; CONAB, 2016). Entre as regiões produtoras do estado de Minas Gerais, o Cerrado Mineiro merece destaque, pois a produção de cafés naquela região se consolidou com a adoção de inovações tecnológicas, com elevada produtividade, além de excelente qualidade da bebida (ORTEGA; JESUS, 2011).



## 2.2 Indicação geográfica

As indicações geográficas protegidas são organizações territoriais que buscam a valorização das potencialidades locais, bem como sua organização e gestão territorial (CALDAS; CERQUEIRA; PERIN, 2005). As indicações geográficas já são utilizadas há muitos anos em países com grande tradição na produção de vinhos, como, por exemplo, França, Portugal e Itália (INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL - INPI, 2016).

No Brasil, o marco legal das indicações geográficas foi a publicação da Lei nº 9.279, do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), que contempla duas formas de proteção, que são as Indicações de Procedência (IP) e as Denominações de Origem (DO). A Indicação de Procedência se refere ao nome geográfico do país, da cidade, da região ou da localidade de seu território que se tornou conhecido como centro de extração, produção ou fabricação de um determinado produto ou serviço. Já a Denominação de Origem indica o nome geográfico de um país, cidade, região ou localidade de um território que possa designar produtos ou serviços, cujas qualidades ou características podem ser atribuídas à sua origem geográfica (CALDAS; CERQUEIRA; PERIN, 2005; INPI, 2016; SILVA et al., 2013). Dessa forma, pode-se dizer que a Indicação de Procedência é um instrumento de organização local de produção, enquanto a Denominação de Origem fundamenta-se na organização qualitativa do processo de produção (CALDAS; CERQUEIRA; PERIN, 2005; INPI, 2016).

A região do Cerrado Mineiro é a primeira região do Brasil com Denominação de Origem para o café (BSCA, 2016; CACCER, 2016). Primeiramente, foi concedida a Indicação de Procedência aos cafés do Cerrado Mineiro no ano de 2005, atestando a região como produtora e, em dezembro de 2013, foi concedida a Denominação de Origem, que atesta que a região tem características únicas de qualidade da produção e rastreabilidade, além dos

fatores humanos que envolvem o processo produtivo (INPI, 2016). De acordo com a Instrução Normativa nº 25, de 21 de agosto de 2013, a Denominação de Origem é concedida à região que desenvolve um produto ou um serviço, cujas características ou qualidades se devem exclusiva ou essencialmente ao meio geográfico, incluindo os fatores naturais e humanos (INPI, 2013). Os cafés produzidos na microrregião da Mantiqueira de Minas, região sul do estado de Minas Gerais, no norte Pioneiro do Paraná e na região de Pinhal, em São Paulo, têm Indicação de Procedência (INPI, 2016).

A denominação de origem representa não apenas mudanças técnicas na cadeia produtiva, mas transformações nas dimensões sociais e humanas, capazes de gerar um produto com melhor qualidade física, juntamente com os aspectos sociais com valorização dos fatores humanos não apenas para os consumidores, mas para todos os envolvidos no processo de produção do café (NAGAI, 2016).

### **2.2.1 Produção de café no Cerrado Mineiro**

A região do Cerrado Mineiro compreende as áreas geográficas delimitadas pelos paralelos 16° 37' a 20° 13' de latitude e 45° 20' a 49° 48' de longitude, abrangendo as regiões do Triângulo Mineiro, do Alto Paranaíba e parte do Alto São Francisco e do noroeste (INSTITUTO MINEIRO DE AGROPECUÁRIA - IMA, 1995).

A área total de produção de café na região do Cerrado Mineiro está estimada em 208,46 mil hectares, produzindo, para a safra 2015/2016, aproximadamente 6,7 milhões de sacas de 60 kg. Essa produção representa um aumento de 60% em relação à safra passada, devido ao aumento de área e de produtividade (CONAB, 2016). Na Figura 1 observam-se o mapa das regiões produtoras de café no Cerrado Mineiro e sua localização no estado de Minas Gerais.

Figura 1 - Mapa da região produtora de cafés no Cerrado Mineiro.



Fonte: Adaptado de Federação dos Cafeicultores do Cerrado Mineiro (2015). Disponível em: Denominação... (2015)

A região cafeeira do Cerrado Mineiro é composta por 55 municípios localizados no noroeste do estado de Minas Gerais e tem, aproximadamente, 4.500 produtores trabalhando para a produção de cafés de alta qualidade denominados “cafés de altitude”. Segundo a Federação dos Cafeicultores do Cerrado, a região apresenta produção média de 5 milhões de sacas/ano, sendo responsável por cerca de 25% da produção mineira e de 13% da produção brasileira (CACCEER, 2016).

O clima da região é favorável ao desenvolvimento da cultura, com temperatura média de 18 °C a 22 °C, altitude entre 800 a 1.300 m e chuvas concentradas nos meses de setembro a abril (CACCEER, 2016). Tais fatores contribuem para a formação e o desenvolvimento da lavoura, proporcionando

floradas bem definidas e uniformidade na maturação dos frutos, além de clima adequado durante as etapas de colheita e pós-colheita do café. Além disso, sua cafeicultura é considerada uma das mais modernas do país, com alto padrão tecnológico, apresentando alta produtividade e potencial para a produção de cafés de qualidade superior (ORTEGA; JESUS, 2011). Segundo Fernandes et al. (2012), a alta qualidade do café do Cerrado pode ser atribuída, principalmente, às suas condições climáticas favoráveis, especialmente na época da colheita, apresentando clima seco com baixa umidade do ar, o que reduz os riscos de fermentações dos frutos na planta e após a colheita. Além disso, o manejo da irrigação pode contribuir para maior uniformidade nas floradas e maturação dos frutos com conseqüente melhora na qualidade da bebida.

### **2.3 Qualidade**

O café tem seu preço e potencial para exportação determinados pela qualidade de sua bebida. Portanto, os produtores buscam aperfeiçoar as técnicas de produção, visando obter um produto diferenciado e, conseqüentemente, mais valorizado para comercialização. As duas espécies de maior importância econômica no comércio mundial de café são o arábica (*Coffea arabica* L.) e o robusta (*Coffea canephora* Pierre). O café arábica é considerado de qualidade superior e representa mais de 70% da produção mundial. Assim, esses cafés são vendidos com preços que superam em duas a três vezes o preço de robusta, devido ao seu sabor diferenciado e melhor qualidade da bebida (PIZARRO; ESTEBAN-DÍEZ; GONZÁLEZ-SÁIZ, 2007; SPANIOLAS et al., 2006).

A qualidade do café é avaliada por meio de classificação física dos grãos (tamanho, forma, cor, aspecto, presença e quantidade de defeitos intrínsecos e extrínsecos) e análise sensorial da bebida (BRASIL, 2003; BSCA, 2016). O sabor e o aroma do café são os critérios mais importantes para a qualidade final

da bebida, que depende da sua composição química, influenciada por fatores genéticos, ambientais, práticas agrícolas, colheita e pós-colheita, além de métodos de armazenamento, industrialização e formas de preparo (ALVES et al., 2011; ARRUDA et al., 2011; BORÉM et al., 2008; COELHO; PEREIRA, 2002; MENDONÇA; FRANCA; OLIVEIRA, 2009; SILVA; LIMA; ALVES, 2010). Na busca de aperfeiçoamento nas técnicas de produção e, conseqüentemente, de um café de melhor qualidade, com características sensoriais que atendam aos diferentes mercados consumidores, diversos estudos têm sido realizados para avaliar os principais fatores que influenciam a sua composição química, bem como a sua correlação com os atributos sensoriais da bebida (ALPIZAR; BERTRAND, 2004; CARVALHO et al., 1994; CORADI; BORÉM; OLIVEIRA, 2008; GODINHO et al., 2000; MALTA; CHAGAS; OLIVEIRA, 2003; MARQUES et al., 2008; NOBRE et al., 2007; REINATO et al., 2007; RIBEIRO et al., 2011; RIGUEIRA et al., 2009).

### **2.3.1 Cafés especiais**

O segmento de cafés especiais surgiu entre os anos de 1970 e 1980, nos Estados Unidos, quando um grupo de industriais fundou a Associação Americana de Cafés Especiais (Specialty Coffee Association of America), com o objetivo de estimular a produção e o consumo de cafés de alta qualidade denominados especiais (GIOMO; BORÉM, 2011).

Segundo a BSCA (2016), as características de qualidade do café se relacionam com diversos conceitos, como, por exemplo, a origem, a variedade, a avaliação física (cor, tamanho e presença de defeitos) e até preocupações com os sistemas de produção, como condições de trabalho dos produtores. Esses cafés são considerados especiais por diferirem dos cafés comuns no que se refere à

qualidade da bebida, ao aspecto físico dos grãos, ao local de origem, à forma de cultivo e ao tipo de preparo, entre outros (GIOMO; BOREM, 2011).

O conceito de cafés especiais está relacionado com o prazer que a bebida proporciona ao consumidor, por meio de algum atributo específico e exclusivo, normalmente correlacionado às características edafoclimáticas no qual foram produzidos (PICCINO et al., 2014; SCAA, 2016). O segmento de cafés especiais permite que o produtor conquiste compradores que estejam dispostos a pagar mais por um produto de alta qualidade e com características peculiares (LEME, 2007).

Segundo a BSCA (2016), as principais categorias de cafés especiais são:

- a) café de origem certificada: está relacionado às regiões de origem dos plantios, pois alguns dos atributos de qualidade do produto são inerentes à região onde a planta é cultivada;
- b) café gourmet: grãos de café arábica classificados por peneira maior que 16 e de alta qualidade. É um produto diferenciado, quase isento de defeitos;
- c) café orgânico: produzido sob as regras da agricultura orgânica. O café deve ser cultivado exclusivamente com fertilizantes orgânicos e o controle de pragas e doenças deve ser feito biologicamente. Apesar de ter maior valor comercial, para ser considerado pertencente à classe dos cafés especiais, o café orgânico deve apresentar especificações qualitativas que agreguem valor ao produto;
- d) café *fair trade*: consumido em países desenvolvidos, por consumidores preocupados com as condições socioambientais sob as quais o café é cultivado. Nesse caso, o consumidor paga mais pelo café produzido por pequenos agricultores ou sistemas de produção sombreados, onde a cultura é associada à floresta. Esse método é

muito utilizado na produção de cafés especiais, pois favorece a manutenção de espécies vegetais e animais nativos.

Segundo o Protocolo para Avaliação Sensorial de Cafés Especiais da SCAA (2015), os cafés são classificados com base na nota final atribuída na análise sensorial. O método tem se mostrado eficiente na descrição da qualidade do café a partir do escore final de sua avaliação sensorial, como mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados, segundo SCAA, para a classificação dos cafés a partir da nota final da análise sensorial.

<b>Pontuação total</b>	<b>Descrição</b>	<b>Classificação</b>
90-100	Excepcional	Café especial
85-89,99	Excelente	Café especial
80-84,99	Muito bom	Café especial
Abaixo de 80	Bom	Café não especial

Fonte: Adaptado de SCAA (2015).

O café é considerado especial quando atinge nota acima de 80 pontos na classificação sensorial (prova de xícara), além de não apresentar qualquer defeito primário (preto, ardido, coco, material estranho, grãos danificados por fungo ou severamente danificados por inseto), podendo ter, no máximo, cinco defeitos secundários (parcialmente preto, parcialmente ardido, marinheiro, mal formado, verde, concha, quebrado, cascas ou levemente danificados por insetos). Além disso, não deve apresentar nenhum grão *quaker* após a torração (SCAA, 2015).

Alguns estudos têm sido realizados para avaliar os atributos sensoriais de cafés especiais e sua composição química, visando entender os fatores que mais contribuem para a qualidade diferenciada desses cafés (BHUMIRATANA; ADHIKARI; CHAMBERS, 2011; BORÉM et al., 2016; CHEONG et al., 2013;

FARAH et al., 2006; FIGUEIREDO et al., 2015; KWON et al., 2015; PICCINO et al., 2014; RODARTE, 2008; SALAZAR; BURGOS; BAUTISTA, 2015; SILVA et al., 2014; TOLESSA et al., 2016). No entanto, devido à diversidade e à complexidade dos fatores envolvidos nos parâmetros de qualidade do café, os resultados não são conclusivos, sendo necessários, portanto, mais estudos para estabelecer sua correlação com os atributos sensoriais da bebida.

## **2.4 Processamento pós-colheita**

Após a colheita, o café pode ser processado por via seca ou por via úmida. Na via seca, os frutos são secos na sua forma íntegra, com exocarpo (casca), mesocarpo (mucilagem) e endocarpo (pergaminho), originando o café natural. Na via úmida, os frutos podem ser processados removendo-se mecanicamente o exocarpo e parte do mesocarpo, resultando no café cereja descascado; retirando-se o exocarpo mecanicamente e o mesocarpo por meio de fermentação biológica, dando origem ao café despulpado ou, ainda, removendo-se mecanicamente o exocarpo e o mesocarpo, produzindo, assim, o café desmucilado (BORÉM et al., 2008; JOET et al., 2010).

A escolha do método de processamento pós-colheita do café depende de aspectos econômicos, climáticos e tecnológicos, além de exigências do mercado consumidor, pois este pode influenciar nas características sensoriais da bebida (ISQUIERDO et al., 2012). Os cafés processados por via seca apresentam atributos sensoriais característicos, produzindo uma bebida mais encorpada, doce e com acidez moderada (BORÉM et al., 2008; PEREIRA; VILELLA; ANDRADE, 2002). Alguns autores relataram qualidade inferior da bebida de cafés oriundos de processamento via seca, quando comparados aos cafés processados por via úmida (ARRUDA et al., 2011; BORÉM et al., 2013; CORADI; BORÉM; OLIVEIRA, 2008; LIMA-FILHO et al., 2013). No entanto,



devido à complexidade dos fatores que determinam a qualidade do café, tais diferenças não podem ser diretamente relacionadas com o tipo de processamento pós-colheita. As condições climáticas diversas e a falta de cuidados no processo de colheita e pós-colheita também podem prejudicar a qualidade do café (BORÉM et al., 2008; ISQUIERDO et al., 2012).

Em um estudo realizado por Oliveira (2010), utilizando o protocolo de análise sensorial da SCAA para avaliar (por provadores treinados) os atributos do café processados em dois diferentes tipos de processamento pós-colheita (via seca e via úmida) e quatro diferentes métodos de secagem, concluiu-se que, independente do método de secagem, os cafés despulpados apresentaram melhores notas nos atributos sensoriais analisados.

## **2.5 Processo de torração**

A torração é um processo de grande importância para a qualidade final do café, pois é durante esta etapa que ocorrem mudanças químicas, físicas, estruturais e sensoriais induzidas pelo calor e que irão influenciar diretamente o sabor e o aroma da bebida (FABBRI et al., 2011). Esse processo induz mudanças físicas, como o tamanho, a cor e a estrutura da parede celular dos grãos, com significativa perda de CO<sub>2</sub> e água (JANSEN, 2006). O ponto final de torração do café pode ser determinado de várias maneiras, como, por exemplo, tempo e temperatura final do grão, colorimetria e por discos com padrões de coloração, e a mais conhecida é a utilização dos discos de Agtron (MELO, 2004). A degradação térmica dos ácidos clorogênicos durante a torração dos grãos resulta em substâncias fenólicas que conferem amargor à bebida. A degradação gradual destes compostos contribui para a formação de melanoidinas que são compostos importantes para a formação da cor dos grãos torrados (CLIFFORD, 1985; FARAH; DONANGELO, 2006).

Durante o processo de torração do café ocorrem reações que são extremamente complexas, como a reação de Maillard (não enzimática); a degradação de aminoácidos sulfurosos, hidroxiaminoácidos e prolina; a degradação drástica da trigonelina, açúcares, ácidos fenólicos e lipídeos, além da interação de produtos intermediários (BONNLAENDER et al., 2005; MARIA; MOREIRA; TRUGO, 1999). A maioria dos compostos voláteis que compõem o aroma típico do café torrado é formada por meio de uma ou mais destas reações e, portanto, não está presente nos grãos crus. No entanto, existem alguns importantes formadores do aroma e sabor do café, como, por exemplo, a cafeína, constituintes do grão cru que resistem total ou parcialmente ao processo de torração, cuja origem pode ser atribuída à atividade biossintética dos frutos e sementes (TERRA et al., 2013).

A otimização do processo de torração permite potencializar as características desejáveis no café, preservando a qualidade intrínseca dos grãos e possibilitando, assim, a obtenção de uma bebida de boa qualidade. Para a otimização desse processo alguns fatores são importantes, como, por exemplo, a umidade inicial dos grãos e a evolução da temperatura durante a torração (FABBRI et al., 2011). Para elucidar melhor o processo de transferência de calor e perda de massa dos grãos durante a torração, alguns estudos têm sido realizados. Fabbri et al. (2011) desenvolveram um modelo capaz de descrever a transferência de calor e de umidade no interior do grão de café durante o processo de torração. Para validar o modelo, grãos de café foram torrados e os modelos predito e experimental apresentaram boa correlação. Os autores consideram o modelo útil para otimizar o processo de torração do café.

Em outro estudo, Liberto et al. (2013) utilizaram a espectrometria de massa com microextração em fase sólida *headspace* (HS-SPME-MS) para monitorar o processo de torração do café. Foram analisadas oitenta amostras de café de diferentes variedades e origens geográficas, e suas misturas. Os

resultados mostraram que o HS-SPME-MS para o controle do processo de torração de café é uma alternativa promissora, por meio do qual não só a evolução do perfil MS pode ser estudada, mas também íons específicos ou relações de íons. O método HS-SPME-MS demonstrou que existe correlação entre as impressões digitais (espectrais) e os índices de torração (cor) e que os parâmetros químicos podem ser eficazmente utilizados para avaliar o grau de torração do café. Dessa forma, o método pode ser utilizado para monitorar os processos de torração e para definir a qualidade do café torrado.

Morais et al. (2008) estudaram os compostos bioativos do café arábica proveniente do Cerrado Mineiro e de seu PVA (grãos pretos, verdes e ardidos) submetidos a três diferentes pontos de torração (clara, média e escura). Concluíram que os constituintes avaliados não apresentaram diferença significativa para o café e seu PVA, exceto para os compostos com grupo hidroxila ácidos que foram ligeiramente superiores no PVA e cafeína para o café. Os autores acreditam que a diferença no sabor pode ser atribuída à presença desses grupos hidroxilas ácidos em maior quantidade no PVA, conferindo sabor desagradável. Ambos apresentaram atividade sequestrante do radical DPPH, independente do ponto de torração, porém, o café sadio submetido à torração média apresentou maior atividade antioxidante.

## **2.6 Composição química**

A composição química do café varia de acordo com a espécie, a cultivar, o manejo da lavoura, o processamento de colheita e pós-colheita e o grau de torração, entre outros fatores. Os constituintes dos grãos torrados são determinados pela composição química dos grãos crus, formados, principalmente, por carboidratos e proteínas que participam de várias reações, como, por exemplo, a reação de Maillard durante o processo de torração,

originando os diversos compostos formadores do aroma e do sabor do café torrado (CLARKE; MACRAE, 1985; FRANÇA et al., 2005; ILLY; VIANI, 2005; FLAMENT, 2002).

Dentre os atributos químicos relacionados com a qualidade do café, a acidez tem sido relatada como um atributo importante para a avaliação sensorial da bebida, e sua intensidade varia em função dos diversos fatores relatados anteriormente (GINZ et al., 2000; SIQUEIRA; ABREU, 2006).

Os principais ácidos encontrados no café cru são cítrico, málico, clorogênico e quínico. Durante o processo de torração, o teor de ácido quínico aumenta devido à degradação dos ácidos clorogênicos, enquanto os demais tendem a diminuir de acordo com o grau de torração do café (BALZER, 2001; GINZ et al., 2000). Borém et al. (2016) avaliaram o conteúdo de sacarose e ácidos orgânicos em genótipos de café arábica cru de diferentes regiões e concluíram que os teores de sacarose e ácido oxálico foram considerados potenciais discriminantes para a qualidade final da bebida. Os demais ácidos, láctico, acético, málico e cítrico, não apresentaram correlação com a qualidade do café.

Os açúcares também estão relacionados com a qualidade da bebida e seu conteúdo depende, principalmente, da espécie e do local de cultivo do café, além do estágio de maturação dos frutos (BORÉM et al., 2008). Segundo Rogers et al. (1999), os principais açúcares livres encontrados nos grãos de café são sacarose, glicose e frutose. A sacarose está presente no café cru em quantidades maiores, representando quase o total do conteúdo de açúcares livres presente nos frutos maduros, variando de acordo com a origem, a espécie e a cultivar, entre outros (BORÉM et al., 2008; FIGUEIREDO, 2013; KITZBERGE et al., 2013; KNOPP; BYTOF; SELMAR, 2006). Durante a torração dos grãos, a redução do teor de sacarose pode chegar a até 98% (TRUGO; MACRAE, 1984). Os açúcares redutores e outros produtos primários de degradação reagem de

diferentes formas, como: i) por fragmentação, dando origem aos ácidos (principalmente os ácidos orgânicos voláteis), aldeídos, cetonas e ésteres; ii) por caramelização, formando inúmeros compostos heterocíclicos, como, por exemplo, o hidroximetilfurfural e outros compostos importantes para a formação do aroma e, ainda, iii) por interação com aminoácidos e proteínas, originando produtos da reação de Maillard e diversos outros compostos, como as melanoidinas, que contribuem para a coloração marrom do café torrado (FIGUEIREDO, 2013).

Assim, os açúcares presentes nos grãos crus atuam como precursores de várias substâncias presentes no café torrado, como, por exemplo, os furanos e os ácidos carboxílicos e aldeídos, entre outros, que irão contribuir para a formação do aroma e do sabor do produto final (FARAH et al., 2006; FLAMENT, 2002). Knopp, Bytof e Selmar (2006) avaliaram a influência do processamento pós-colheita no teor de açúcares nos grãos de café arábica cru e concluíram que o conteúdo de sacarose não foi afetado pelo tipo de processamento, enquanto os teores de frutose foram ligeiramente maiores para os cafés oriundos da via seca.

Os lipídeos são considerados uma das classes de compostos mais abundantes no café, com concentração variando entre 10% e 18%, no café arábica (BORÉM et al., 2008; FIGUEIREDO et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2006; TOCI et al., 2013). A fração lipídica do café é constituída, principalmente, por triacilgliceróis, esteróis e tocoferóis. Os ácidos graxos podem estar livres ou esterificados na forma de triacilgliceróis. Durante a torração, os triacilgliceróis são pouco afetados, sendo ligeiramente hidrolisados, liberando ácidos graxos e formando diversos constituintes voláteis (LICCIARDI et al., 2005).

Os principais ácidos graxos presentes no café são mirístico (C14:0), palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), oleico (C18:1), linoleico (C18:2), linolênico (C18:3), araquídico (C20:0), gadolécico (C20:1), behênico (C22:0) e lignocérico (C24:0) (SPEER; KÖLLING-SPEER, 2006). O perfil de ácidos graxos do café é

semelhante ao dos óleos vegetais comestíveis, com o ácido linoleico presente em maior quantidade, aproximadamente 40%, seguido do ácido palmítico, em torno de 35% (TURATTI, 2001; VIDAL, 2001). O conteúdo de ácidos graxos tem sido utilizado para discriminar cafés em diferentes regiões (BERTRAND et al., 2008; JÕET et al., 2010; MARTÍN et al., 2001). Figueiredo et al. (2015) avaliaram a relação entre a composição de ácidos graxos e a qualidade de quatro genótipos de cafés especiais cultivados em diferentes condições edafoclimáticas. Os autores concluíram que os ácidos graxos saturados (araquídico, esteárico e palmítico) apresentaram correlação positiva com a qualidade de cafés especiais, indicando uma melhor qualidade sensorial, enquanto os ácidos graxos insaturados (elaídico, oleico, linoleico e linolênico) foram correlacionados aos cafés com menor intensidade de acidez, fragrância, corpo e sabor.

O conteúdo de proteínas no café arábica varia entre 9% a 12% de matéria seca. Essa fração é composta de proteína solúvel, insolúvel, aminoácidos livres e peptídeos. As proteínas solúveis representam mais da metade do total de seu conteúdo no café cru. Durante o processo de torração, as proteínas presentes no grão cru podem ser degradadas em moléculas menores; algumas reagem com carboidratos (reação de Maillard), outras reagem com compostos fenólicos e aminoácidos livres, podendo ser degradados ou combinados com outros componentes, gerando uma mistura complexa de compostos voláteis responsáveis pelo aroma do café torrado (BOEKEL, 2006; CLARKE; MACRAE, 1985; CLIFFORD, 1985; MONTAVON; MAURON; DURUZ, 2003; RODARTE, 2008; TOCI; FARAH; TRUGO, 2006). A reação de Maillard pode ser dividida em três etapas, das quais a primeira se inicia com uma reação com um grupo amino de uma proteína e um açúcar redutor, formando um N-glicosamina que se reorganiza formando um produto de Amadori. A segunda etapa origina produtos de degradação do açúcar e a liberação do grupo amino. Já na etapa final ocorrem diversos tipos de reação, como desidratação, degradação,

ciclização e polimerização, em que os grupos aminos participam novamente (BOEKEL, 2006). Toci, Farah e Trugo (2006) avaliaram o efeito da descafeinação sobre a composição de compostos bioativos e precursores do *flavor* no café arábica e robusta, antes e após o processo de torração. Os autores relataram que, após a torração clara, houve uma redução de 21% de proteína para o café arábica e de 24% para o robusta; para a torração escura, a redução de proteína para o café arábica chegou a 30%.

O resíduo mineral fixo (cinzas) é determinado pela pesagem do resíduo após a combustão completa dos compostos orgânicos do café, fornecendo, assim, uma estimativa do conteúdo total de minerais. Os minerais presentes nas cinzas são encontrados nas formas de óxidos metálicos, sulfatos, fosfatos, nitratos, cloretos e outros halogenatos (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010). No café cru, os minerais correspondem a cerca de 4% da massa seca, estando o potássio, o magnésio, o fósforo e o cálcio presentes em maior concentração. Dentre estes, o potássio é o que se apresenta em maior quantidade no café arábica, cerca de 1,54% na matéria seca (CLARKE; MACRAE, 1985).

Segundo Fernandes et al. (2003), o teor de extrato aquoso do café representa o conteúdo de substâncias presentes nos grãos que são solúveis em água fervente, enquanto a fração de sólidos solúveis é formada pelos compostos solúveis em água fria. Seu conteúdo difere em função da espécie e da cultivar, sendo importante para a qualidade sensorial, pois está relacionado com o corpo da bebida (MENDONÇA; PEREIRA; MENDES, 2005).

A cafeína é o principal alcaloide presente no café (1,2,7-trimetilxantina). Derivada das xantinas, a cafeína é considerada importante para a formação do sabor característico da bebida (FARAH et al., 2006; FRANÇA et al., 2005). As metilxantinas têm apresentado diversas atividades biológicas, como estimulação do sistema nervoso central, efeito diurético e estimulação do miocárdio, entre outros (HECK; MEJIA, 2007). O conteúdo

de cafeína no café tem sido positivamente associado à qualidade da bebida, uma vez que contribui para o seu amargor (FARAH et al., 2006; FRANÇA et al., 2005; RODRIGUES; BRAGAGNOLO, 2013). Para o café arábica são encontrados, na literatura, valores médios de cafeína entre 0,6% e 1,6% (KY et al., 2001; MAZZAFERA; CARVALHO, 1992).

Os compostos fenólicos presentes no café, além de contribuírem para a formação do sabor e do aroma característicos da bebida, são também conhecidos por sua atividade antioxidante, que confere benefícios à saúde humana. Os ácidos clorogênicos são os principais componentes fenólicos do café, presentes na forma de diversos isômeros. Representam de 6% a 12% dos seus constituintes, sendo considerados responsáveis pela adstringência percebida na bebida, o que irá depender de sua concentração. Durante o processo de torração, sofrem intensa degradação térmica, gerando uma série de compostos voláteis que são importantes para o *flavor* da bebida (ABRAHÃO et al., 2008, 2010; FARAH; DONANGELO, 2006; FARAH et al., 2006; FRANÇA et al., 2005).

A trigonelina é derivada da piridina e é o segundo principal alcaloide presente no café cru, sendo conhecida por contribuir indiretamente para a formação de aromas desejáveis durante a torração dos grãos (CLARKE; MACRAE, 1985; KY et al., 2001; RODRIGUES; BRAGAGNOLO, 2013). Durante o processo de torração, a trigonelina sofre severas degradações, sendo desmetilada e gerando ácido nicotínico (vitamina do complexo B) solúvel em água e, conseqüentemente, presente na bebida (MONTEIRO; TRUGO, 2005; NOGUEIRA; TRUGO, 2003; RODRIGUES; BRAGAGNOLO, 2013). A degradação da trigonelina será, portanto, proporcional à drasticidade do processo de torração, em que ocorre a formação de compostos importantes para o aroma do café torrado (ILLY; VIANI, 2005).



Farah et al. (2006) avaliaram as possíveis correlações entre a qualidade da bebida e os conteúdos de sacarose, cafeína, trigonelina e ácidos clorogênicos de grãos de café arábica crus e torrados. Os autores concluíram que altos níveis de trigonelina e ácido 3,4 dicafeoilquínico no café verde e torrado foram fortemente correlacionados com alta qualidade da bebida. Os teores de cafeína também foram positivamente correlacionados com a qualidade do café. Por outro lado, os ácidos cafeoilquínicos, principalmente 5-ACQ e seus produtos de oxidação, foram associados com a baixa qualidade da bebida.

### **2.6.1 Constituintes voláteis**

O *flavor* é um dos principais fatores determinantes da qualidade dos alimentos e das bebidas, uma vez que as interações das substâncias aromáticas com receptores envolvidos no olfato e paladar geram respostas que podem levar à rejeição ou à aceitação desses produtos pelos consumidores (UEKANE; ROCHA-LEÃO; REZENDE, 2013).

A formação do aroma do café é um processo bastante complexo, incluindo a reação de Maillard e a degradação de Strecker, entre outras reações de formação e degradação de compostos que ocorrem durante o processo de torração dos grãos (CLARKE; MACRAE, 1985; MARIA et al., 1994). Alguns constituintes dos grãos crus são os principais precursores do aroma do café torrado, como, por exemplo, a sacarose e a trigonelina, que dão origem a produtos que, normalmente, apresentam sabor agradável (dependendo da concentração), incluindo furanos, pirazinas, alquil-piridinas e pirróis (CLIFFORD, 1985; FLAMENT, 2002; MARIA; MOREIRA; TRUGO, 1999).

Os compostos voláteis presentes em maior quantidade no café torrado nem sempre são os que mais contribuem para o seu aroma. Assim, para entender melhor essa correlação entre o teor destes constituintes e a formação do aroma, a

partir de 1980 tiveram início os estudos sobre o potencial odorífico dos componentes voláteis do café, visando identificar os compostos de maior impacto para o seu aroma característico. O potencial odorífico de cada composto é expresso como valor limite de detecção odorífica (VLO) e valor de odor ativo (VOA). O valor de odor ativo é a concentração de um odorante dividida pelo limite de detecção no mesmo meio. Quanto mais alto for o VOA de um composto, maior será sua contribuição para o aroma final do produto. Para essas determinações são utilizadas substâncias padrões que são submetidas a diluições sucessivas com o objetivo de se determinar o limiar de detecção, ou seja, a concentração mínima do composto necessária para a percepção do aroma (MARIA; MOREIRA; TRUGO, 1999; MOREIRA; TRUGO; MARIA, 2000).

O aroma do café é formado por uma mistura complexa de vários compostos voláteis que apresentam aromas, intensidades e concentrações diferentes, sendo a contribuição de cada um deles para a fração volátil do produto final bastante variada devido às interações sinérgicas e antagônicas entre esses diferentes compostos. Diferentes interações que ocorrem entre carboidratos, proteínas, compostos fenólicos e lipídeos podem ser determinantes para a liberação de constituintes voláteis, podendo causar modificações na intensidade de percepção de determinados aromas (ANESE; MANZOCCO; MALTINI, 2005; MUNRO et al., 2003; ZELLNER et al., 2008).

O café torrado é o alimento ou bebida que contém o maior número de compostos voláteis, apresentando mais de mil constituintes voláteis já identificados, sendo sua formação significativamente influenciada pelas condições de torração dos grãos, principalmente pelo tempo e a temperatura utilizados nesse processo (JANSEN, 2006; MOREIRA; TRUGO; MARIA, 2000). Os compostos voláteis do café podem ser classificados em dois grupos, o grupo dos heterocíclicos e o grupo que abrange os alifáticos alicíclicos e aromáticos. Os compostos alifáticos, alicíclicos e aromáticos são fenóis,

aldeídos, cetonas, álcoois, éteres, hidrocarbonetos, ácidos orgânicos, anidridos, ésteres, lactonas, aminas e compostos que contém enxofre (sulfetos e dissulfetos). Os heterocíclicos são furanos, pirróis, oxazóis, tiofenos, piridinas e pirazinas (MARIA; MOREIRA; TRUGO, 1999; MOREIRA; TRUGO; MARIA, 2000).

Diversos estudos têm sido realizados no intuito de elucidar a natureza dos sabores e aromas de café utilizando sistemas de cromatografia gasosa (GC) acoplados a espectrômetros de massa (GC-MS) e cromatografia gasosa/olfatometria (GC/O) (HUANG et al., 2007; MICHISITA et al., 2010; SCHENKER et al., 2002).

Bertrand et al. (2012) avaliaram a influência dos fatores climáticos na composição volátil e na qualidade do café por meio de GC/MS em amostras de café cultivadas em diferentes condições climáticas. Os autores observaram que a temperatura média do ar influenciou o perfil sensorial do café e que os atributos de qualidade, como acidez, sabor frutado e outros sabores desejáveis, foram correlacionados com os cafés produzidos em climas frios. Foram identificados dois compostos voláteis (etanol e acetona) como marcadores dos cafés produzidos em locais de temperaturas frias. Os autores relataram que, dentre os compostos voláteis identificados, a maioria dos álcoois, aldeídos, cetonas e hidrocarbonetos foi correlacionada aos cafés produzidos a altas temperaturas e, ainda, que dois álcoois (butan-1,3-diol e butan-2,3-diol) foram correlacionados aos cafés de baixa qualidade aromática. Conclui-se que as alterações climáticas, principalmente um aumento na temperatura média em regiões tropicais montanhosas, podem causar um impacto negativo na qualidade do café.

Arruda et al. (2011) analisaram o efeito do processamento pós-colheita (natural, despulpado e desmucilado) e do estágio de maturação dos frutos (verde, cereja e boia) na composição volátil de grãos de café arábica torrado e moído.

Os autores concluíram que o café desmucilado apresentou uma composição qualitativa e quantitativa mais rica em constituintes voláteis, quando comparado aos demais tipos de processamento pós-colheita, apresentando forte correlação com derivados das reações de Maillard e Strecker, oriundos do tratamento térmico de torração.

## 2.7 Análise sensorial

A análise sensorial do café é o método mais utilizado para avaliação da qualidade da bebida e é determinante para o seu valor comercial. As metodologias disponíveis para a avaliação sensorial de cafés no Brasil são as metodologias da Classificação Oficial Brasileira – COB (BRASIL, 2003) e a da Associação Americana de Cafés Especiais (SCAA, 2016). Para a avaliação sensorial do café, também conhecida como prova de xícara, a torração clara é utilizada por permitir melhor percepção de sabores e aromas que caracterizam a qualidade da bebida e facilita a identificação de possíveis defeitos ou sabores desagradáveis.

A classificação sensorial pela prova de xícara, segundo a COB, é utilizada para café *commodities*, de acordo com a Instrução Normativa n° 8 (BRASIL, 2003), classificando o café como estritamente mole, mole, apenas mole, duro, riado, rio e rio zona (REIS; CUNHA; CARVALHO, 2011).

A metodologia da SCAA é utilizada para avaliar sensorialmente cafés especiais e tem como objetivo identificar todo o potencial de qualidade de um café. A metodologia proposta pela SCAA recomenda que a torração seja finalizada com o ponto entre os discos Agtron 65 e 55. No protocolo para análise sensorial da SCAA, são descritos detalhadamente todos os procedimentos que devem ser utilizados na avaliação sensorial, incluindo as etapas de equipamentos necessários, preparação da amostra, preparação para a degustação, características da água utilizada e avaliação da amostra (SCAA, 2016).

A análise sensorial para cafés especiais, segundo o protocolo da SCAA, avalia as diferenças sensoriais entre as amostras, atribuindo de 6 a 10 pontos os atributos fragrância/aroma, acidez, sabor, corpo, doçura, xícara limpa, balanço, finalização, uniformidade e balanço geral. Além desses atributos, os defeitos também são avaliados numericamente. A nota dada aos defeitos deve ser subtraída do resultado total. Cada um dos atributos é descrito detalhadamente a seguir.

**Fragrância/aroma:** a fragrância é definida como o cheiro do pó de café torrado quando este ainda está seco, enquanto o aroma é o cheiro do café diluído em água quente.

**Sabor:** a pontuação dada ao sabor relata a intensidade, a qualidade e a complexidade da combinação gosto e aroma, experimentadas quando o café é sugado para dentro da boca vigorosamente, assim envolvendo todo o paladar para a avaliação.

**Finalização:** é definida como a duração positiva do sabor (gosto e aroma). Se a finalização for curta e desagradável, uma pontuação baixa é concedida.

**Acidez:** é descrita como agradável, quando favorável. A acidez contribui para a vivacidade do café, sendo imediatamente experimentada quando ele é primeiramente sugado para dentro da boca.

**Corpo:** a qualidade do corpo é baseada na sensação tátil do líquido na boca, especialmente percebida entre a língua e o céu da boca.

**Balanço:** é a complementação ou o contraste dos aspectos variados: sabor, finalização, acidez e corpo. Se, em uma amostra, está faltando determinado aroma ou atributo de gosto ou se os atributos são demasiadamente excessivos, a pontuação do balanço será reduzida.

**Doçura:** refere-se ao agradável sabor doce e sua percepção resulta da presença de certos carboidratos. O oposto da doçura é a adstringência, ou

sabores "verdes". Dois pontos são concedidos para cada xícara, com um resultado máximo de dez pontos.

**Xícara limpa:** refere-se à falta de interferência de impressões negativas desde a primeira ingestão à sensação de finalização, refletindo a transparência da bebida. Numa avaliação deste atributo observa-se a total influência do sabor, desde a sua ingestão até expeli-lo. Dois pontos são concedidos para cada xícara.

**Uniformidade:** refere-se à consistência de diferentes xícaras e amostras provadas. Se as xícaras tiverem sabores diferentes, o valor desse aspecto não deverá ser alto. Dois pontos são atribuídos a cada xícara, com um máximo de dez pontos, se todas as xícaras estiverem iguais.

**Resultado global:** refere-se ao valor da amostra; por exemplo, uma amostra com aspectos agradáveis muito altos, mas que apresente discrepâncias, receberá um valor menor.

**Defeitos:** são sabores negativos que depreciam a qualidade do café. São classificados de acordo com a intensidade, leve ou grave. Um defeito leve pode ser um sabor desagradável, menos intenso, sendo atribuída, neste caso, nota dois em intensidade. Para uma amostra com muita adstringência, sabor de verde ou fermentado, é dado o valor quatro. Verificam-se quantas xícaras apresentaram o defeito, devendo-se multiplicar pela nota do defeito e esse resultado deve ser subtraído do total.

O resultado final é a soma dos resultados individuais dados para cada atributo (resultado total), subtraídos os defeitos. Os cafés que apresentam notas a partir de 80 são considerados cafés especiais (SCAA, 2016).



## REFERÊNCIAS

- ABRAHÃO, S. A. et al. Compostos bioativos e atividade antioxidante do café (Coffea arábica L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 414-420, mar./abr. 2010.
- ABRAHÃO, S. A. et al. Compostos bioativos em café integral e descafeinado e qualidade sensorial da bebida. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 12, p. 1799-1804, dez. 2008.
- ALPIZAR, E.; BERTRAND, B. Incidence of elevation on chemical composition and beverage quality of coffee in Central America. In: INTERNATIONAL CONFERENCE IN COFFEE SCIENCE, 20., 2004, Bangalore. **Proceedings...** Bangalore: ASIC, 2004. 1 CD-ROM.
- ALVES, B. H. P. et al. Composição química de cafés torrados do Cerrado e do Sul de Minas Gerais. **Ciência & Engenharia**, Uberlândia, v. 16, n. 1/2, p. 9-15, jan./dez. 2007.
- ALVES, H. M. R. et al. Características ambientais e qualidade da bebida dos cafés do estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 32, n. 261, p. 18-29, mar./abr. 2011.
- ANESE, M.; MANZOCCO, L.; MALTINI, E. Effect of coffee physical structure on volatile release. **European Food Research and Technology**, New York, v. 221, n. 3/4, p. 434-438, Aug. 2005.
- ARRUDA, N. P. et al. Discriminação entre estádios de maturação e tipos de processamento de pós-colheita de cafés arábica por microextração em fase sólida e análise de componentes principais. **Química Nova**, São Paulo, v. 34, n. 5, p. 819-824, fev. 2011.
- AVELINO, J. et al. Effects of slope exposure, altitude and yield on coffee quality in two altitude *terroirs* of Costa Rica, Orosi and Santa María de Dota. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 85, p. 1869-1876, Aug. 2005.
- BALZER, H. H. Acids in coffee. In: CLARKE, R. J.; VITZTHUM, O. G. (Ed.). **Coffee, recent developments**. Oxford: Blackwell Science, 2001. p. 18-31.



BARBOSA, J. N. et al. Coffee quality and its interactions with environmental factors in Minas Gerais, Brazil. **Journal of Agricultural Science**, New York, v. 4, n. 5, p. 181-190, Jan. 2012.

BERTRAND, B. et al. Climatic factors directly impact the volatile organic compound fingerprint in green Arabica coffee bean as well as coffee beverage quality. **Food Chemistry**, London, v. 135, p. 2575-2583, Dec. 2012.

BERTRAND, B. et al. Comparison of the effectiveness of fatty acids, chlorogenic acids, and elements for the chemometric discrimination of coffee (*Coffea arabica* L.) varieties and growing origins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 56, n. 6, p. 2273-2280, Mar. 2008.

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

BOEKEL, M. A. J. S. Formation of flavour compounds in the Maillard reaction. **Biotechnology Advances**, Amsterdam, v. 24, p. 230-233, Jan. 2006.

BONNLAENDER, B. et al. Roasting. In: ILLY, A.; VIANI, R. (Ed.). **Espresso Coffee: the science of quality**. 2<sup>nd</sup> ed. London: Elsevier Academic, 2005. p. 179-209.

BORÉM, F. M. et al. Microscopia eletrônica de varredura de grãos de café submetidos 227 a diferentes formas de processamento e secagem. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 22, p. 227-237, abr./jun. 2013.

BORÉM, F. M. et al. **Pós-colheita do café**. Lavras: Ed. UFLA, 2008. 631 p.

BORÉM, F. M. et al. The relationship between organic acids, sucrose and the quality of specialty coffees. **African Journal of Agricultural Research**, Nairobi, v. 11, n. 8, p. 709-717, Feb. 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Caféicultura brasileira**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em: 20 jan. 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 8, de 11 de junho de 2003. Regulamento técnico de identidade e de qualidade para a classificação do café beneficiado grão cru. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 13 jun. 2003. Seção 1, p. 22-29.

BRAZIL SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION. **Cafés especiais**. Disponível em: <<http://www.bsca.com.br>>. Acesso em: 12 jan. 2016.

CALDAS, A. S.; CERQUEIRA, P. S.; PERIN, T. F. Mais além dos arranjos produtivos: as indicações geográficas protegidas como unidades de desenvolvimento local. **Revista de Desenvolvimento Econômico**, Salvador, v. 7, n. 11, p. 5-16, 2005.

CAMARGO, M. B. P. de. The impact of climatic variability and climate change on arabic coffee crop in Brazil. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 239-247, 2010.

CARVALHO, V. D. et al. Relação entre a composição físico-química dos grãos de café beneficiado e a qualidade da bebida do café. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, n. 3, p. 4449-445, mar. 1994.

CHEONG, M. W. et al. Volatile composition and antioxidant capacity of Arabica coffee. **Food Research International**, Amsterdam, v. 51, p. 388-396, Dec. 2013.

CLARKE, R. J.; MACRAE, R. **Coffee: chemistry**. New York: Elsevier, 1985. v. 1, 306 p.

CLIFFORD, M. N. Chemical and physical aspects of green coffee and coffee products. In: CLIFFORD, M. N.; WILLSON, K. C. (Ed.). **Coffee: botany, biochemistry and production of beans and beverage**. Westport: Avi, 1985. p. 305-374.

COELHO, K. F.; PEREIRA, R. G. F. A. Influência de grãos defeituosos em algumas características químicas do café cru e torrado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 2, p. 375-384, mar./abr. 2002.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira café, v. 3: safra 2016, n. 2, segundo levantamento**. Brasília, DF, 2016. 99 p.

CONSELHO DAS ASSOCIAÇÕES DE CAFEICULTORES DO CERRADO. **Identidade a alta qualidade**. 2016. Disponível em: <<http://www.cerradomineiro.org/>>. Acesso em: 20 jan. 2016.

CONSELHO DOS EXPORTADORES DE CAFÉ DO BRASIL. **Relatório**

**mensal:** dezembro 2015. Disponível em:

<<http://www.cncafe.com.br/ba/file/CECAF%C3%89%20%20Relat%C3%B3rio%20Mensal%20DEZEMBRO%202015.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2016.

CORADI, P. C.; BORÉM, F. M.; OLIVEIRA, J. A. Qualidade do café natural e despulpado após diferentes tipos de secagem e armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 2, p. 181-188, 2008.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900 p.

DENOMINAÇÃO de origem. Disponível em:

<<http://www.cerradomineiro.org/index.php?pg=denominacaodeorigem#group1>>. Acesso em: 10 out. 2015.

FABBRI, A. et al. Numerical modeling of heat and mass transfer during coffee roasting process. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 105, p. 264-269, July 2011.

FARAH, A.; DONANGELO, C. M. Phenolic compounds in coffee. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 18, n. 1, p. 23-36, Jan./Mar. 2006.

FARAH, A. et al. Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee. **Food Chemistry**, London, v. 98, n. 2, p. 373-380, 2006.

FERNANDES, A. L. T. et al. A moderna cafeicultura dos cerrados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 231-240, abr./jun. 2012.

FERNANDES, S. M. et al. Constituintes químicos e teor de extrato aquoso de café Arábica (*Coffea arabica* L.) e café Conilon (*Coffea canephora* Pierre) torrados. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 5, p. 1076-1081, set./out. 2003.

FIGUEIREDO, L. P. **Abordagem sensorial e química da expressão de genótipos de bourbon em diferentes ambientes**. 2013. 127 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

FIGUEIREDO, L. P. et al. Fatty acid profiles and parameters of quality of specialty coffees produced in different Brazilian regions. **African Journal of Agricultural Research**, Nairobi, v. 10, n. 35, p. 3484-3493, Aug. 2015.

FLAMENT, I. **Coffee flavor chemistry**. Chichester: J. Wiley, 2002. 424 p.

FRANÇA, A. S. et al. Physical and chemical attributes of defective crude and Roasted coffee beans. **Food Chemistry**, London, v. 90, n. 1/2, p. 89-94, Mar. 2005.

GINZ, M. et al. Formation of aliphatic acids by carbohydrate degradation during roasting of coffee. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 211, n. 6, p. 404-410, Nov. 2000.

GIOMO, G. S.; BORÉM, F. M. Cafés especiais no Brasil: opção pela qualidade. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 32, n. 261, p. 7-16, mar./abr. 2011.

GODINHO, R. P. et al. Variações na cor e na composição química do café (*Coffea arabica* L.) armazenado em coco e beneficiado. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, v. 1, p. 38-43, 2000. Edição especial.

GONZALEZ-RIOS, O. et al. Impact of “ecological” post-harvest processing on coffee aroma: II., roasted coffee. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 20, n. 3/4, p. 297-307, May 2007.

HECK, C. I.; MEJIA, E. G. Yerba mate tea (*Ilex paraguariensis*): a comprehensive review on chemistry, health implications, and technological considerations. **Journal of Food Science**, Malden, v. 72, n. 9, p. 138-151, Oct. 2007.

HUANG, L. F. et al. Fingerprint developing of coffee flavor by gas chromatography-mass spectrometry and combined chemometrics methods. **Analytica Chimica Acta**, Amsterdam, n. 588, p. 216-23, Apr. 2007.

ILLY, A.; VIANI, R. **Espresso coffee: the science of quality**. London: Academic, 2005. 398 p.

INSTITUTO MINEIRO DE AGROPECUÁRIA. **Portaria nº165**, de 27 de abril de 1995. Delimita regiões produtoras de café do estado de minas gerais para a instituição do certificado de origem. Belo Horizonte 1995. Disponível em: <<http://www.ima.mg.gov.br/portarias>>. Acesso em: 4 ago. 2016.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL. **Indicação geográfica no Brasil**. Disponível em: <<http://www.inpi.gov.br/menu-servicos/indicacao-geografica/indicacao-geografica-no-brasil>>. Acesso em: 5 ago. 2016.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL. **Instrução Normativa nº 25**, de 21 de agosto de 2013. Estabelece condições para o registro das Indicações Geográficas no INPI. Brasília, DF, 2013. Disponível em: <[http://www.inpi.gov.br/legislacao-1/in\\_25\\_21\\_de\\_agosto\\_de\\_2013.pdf](http://www.inpi.gov.br/legislacao-1/in_25_21_de_agosto_de_2013.pdf)>. Acesso em: 4 jul. 2016.

ISQUIERDO, E. P. et al. Quality of natural coffee subjected to different rest periods during the drying process. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 36, n. 4, p. 439-445, ago. 2012.

JANSEN, G. A. **Coffee roasting-art-science physical and chemical reactions**. Munich: Corporate Media GmbH, 2006. 72 p.

JOËT, T. et al. Influence of environmental factors, wet processing and their interactions on the biochemical composition of green Arabica coffee beans. **Food Chemistry**, London, v. 118, n. 3, p. 693-701, Feb. 2010.

KITZBERGER, C. S. G. et al. Composição química de cafés árabica de cultivares tradicionais e modernas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 48, n. 11, p. 1498-1506, Nov. 2013.

KNOPP, S.; BYTOF, G.; SELMAR, D. Influence of processing on the content of sugars in green Arabica coffee beans. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 223, n. 2, p. 195-201, Dec. 2006.

KWON, D. J. et al. Assessment of green coffee bean metabolites dependent on coffee quality using a H NMR-based metabolomics approach. **Food Research International**, Amsterdam, v. 67, p. 175-182, Jan. 2015.

KY, C. L. et al. Caffeine, trigonelline, chlorogenic acids and sucrose diversity in wild *Coffea arabica* L. and *C. canephora* P. accessions. **Food Chemistry**, London, v. 75, n. 2, p. 223-230, Nov. 2001.

LEME, P. H. M. V. **Os pilares da qualidade: o processo de implementação do programa de qualidade do café (PQC) no mercado de café torrado e moído do Brasil**. 2007. 110 p. Dissertação (Mestrado em Administração)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

LIBERTO, E. et al. Non-separative headspace solid phase microextraction-mass spectrometry profile as a marker to monitor coffee roasting degree. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 61, n. 8, p. 1652-1660, Jan. 2013.

LICCIARDI, R. et al. Avaliação físico-química de cafés torrados e moídos, de diferentes marcas comerciais, da região sul de minas gerais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 425-429, jul./set. 2005.

LIMA-FILHO, T. et al. Composição físico-química e qualidade sensorial de café conilon produzido no Estado do Espírito Santo e submetido a diferentes formas de processamento. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1723-1730, jul./ago. 2013.

MALTA, M. R.; CHAGAS, S. J. de R.; OLIVEIRA, W. M. Composição físico-química e qualidade do café submetido a diferentes formas de pré-processamento. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, n. 6, p. 37-41, 2003. Especial café.

MARIA, C. A. B. de et al. Composition of Green coffee fractions and their contribution to the volatile profile formed during roasting. **Food Chemistry**, London, v. 50, n. 2, p. 141-145, Oct. 1994.

MARIA, C. A. B. de; MOREIRA, R. F. A.; TRUGO, L. C. Componentes voláteis do café torrado: parte I, compostos heterocíclicos. **Química Nova**, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 209-217, mar./abr. 1999.

MARQUES, E. R. et al. Eficácia do teste de acidez graxa na avaliação da qualidade do café arábica (*Coffea arábica* L.) submetido a diferentes períodos e temperaturas de secagem. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1557-1562, set./out. 2008.

MARTÍN, M. J. Fatty acid profiles as discriminant parameters for coffee varieties differentiation. **Talanta**, Amsterdam, v. 54, n. 2, p. 291-297, Apr. 2001.

MAZZAFERA, P.; CARVALHO, A. Breeding for low seed caffeine content of coffee (*Coffea* L.) by interspecific hybridization. **Euphytica**, Wageningen, v. 59, p. 55-60, Jan. 1992.

MELO, W. L. B. **A importância da informação sobre o grau de torra do café e suas características organolépticas da bebida.** São Carlos: EMBRAPA, 2004. 4 p. (Comunicado Técnico, 58).

MENDONÇA, J. C. F.; FRANCA, A. S.; OLIVEIRA, L. S. Physical characterization of non-defective and defective Arabica and Robusta coffees before and after roasting. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 92, n. 4, p. 474-479, May 2009.

MENDONÇA, L. V. L.; PEREIRA, R. G. F. A.; MENDES, A. N. G. Parâmetros bromatológicos de grãos crus e torrados de cultivares de café (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 2, p. 239-243, abr./jun. 2005.

MICHISITA, T. et al. Gas chromatography/olfactometry and electronic nose analyses of retronasal aroma of espresso and correlation with sensory evaluation by artificial neural network. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 75, n. 9, p. 5477-5489, Nov./Dec. 2010.

MONTAVON, P.; MAURON, A. F.; DURUZ, E. Changes in green coffee protein profiles during roasting. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 51, n. 8, p. 2335-2343, Mar. 2003.

MONTEIRO, M. C.; TRUGO, L. C. Determinação de compostos bioativos em amostras comerciais de café torrado. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 637-641, jul./ago. 2005.

MORAIS, S. A. L. et al. Análise de compostos bioativos, grupos ácidos e da atividade antioxidante do café arábica (*Coffea arabica*) do cerrado e de seus grãos defeituosos (PVA) submetidos a diferentes torras. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, p. 198-207, dez. 2008.

MOREIRA, R. F. A.; TRUGO, L. C.; MARIA, C. A. B. de. Componentes voláteis do café torrado: parte II, compostos alifáticos, alicíclicos e aromáticos. **Química Nova**, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 195-203, mar./abr. 2000.

MUNRO, L. J. et al. The elusiveness of Coffee Aroma: new insights from a non-empirical approach. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 51, n. 10, p. 3092-3096, May 2003.

- NAGAI, D. K. **O processo de inovações para a criação de valor em denominação de origem em café no Cerrado Mineiro**. 2016. 128 p. Dissertação (Mestrado em Agronegócio e Desenvolvimento)-Faculdade de Ciência e Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Tupã, 2016.
- NASCIMENTO, E. A.; MORAIS, S. A. L.; 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, v. 23, n. 2, p. 282-284, maio/ago. 2003.
- NOBRE, G. W. et al. Alterações químicas do café-cereja descascado durante o armazenamento. **Coffee Science**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 1-9, jan./jun. 2007.
- NOGUEIRA, M.; TRUGO, L. C. Distribuição de isômeros de ácido clorogênicos e teores de cafeína e trigonelina em cafés solúveis brasileiros. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 269-299, maio/ago. 2003.
- OLIVEIRA, L. S. et al. Proximate composition and fatty acids profile of green and roasted defective coffee beans. **LWT - Food Science and Technology**, London, v. 39, n. 3, p. 235-239, Mar. 2006.
- OLIVEIRA, P. D. **Aspectos ultraestruturais e fisiológicos associados à qualidade da bebida de café arábica submetido a diferentes métodos de processamento e secagem**. 2010. 108 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.
- ORTEGA, A. C.; JESUS, C. M. Território Café do Cerrado: transformações na estrutura produtiva e seus impactos sobre o pessoal ocupado. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, v. 49, n. 3, p. 771-800, jul./set. 2011.
- PEREIRA, M. C. et al. Multivariate analysis of sensory characteristics of coffee grains (*Coffea arabica* L.) in the region of upper Paranaíba. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 635-641, Oct./Dec. 2010.
- PEREIRA, R. G. F. A.; VILELLA, T. C.; ANDRADE, E. T. Composição química de grãos de café (*Coffea Arábica* L.) submetidos a diferentes tipos de pré-processamento. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2002, Vitória. **Resumos...** Vitória, 2002. p. 826-831.



PICCINO, S. et al. Aromatic composition and potent odorants of the “specialty coffee” brew “Bourbon Pointu” correlated to its three trade classifications. **Food Research International**, Amsterdam, v. 61, p. 264-271, July 2014.

PIZARRO, C.; ESTEBAN-DÍEZ, I.; GONZÁLEZ-SÁIZ, J. M. Mixture resolution according to the percentage of robusta variety in order to detect adulteration in roasted coffee by near infrared spectroscopy. **Analytica Chimica Acta**, Amsterdam, v. 585, n. 2, p. 266-276, Mar. 2007.

REINATO, C. H. R. et al. Influência da secagem, em diferentes tipos de terreiro, sobre a qualidade do café ao longo do armazenamento. **Coffee Science**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 48-60, jan./jun. 2007.

REIS, P. L.; CUNHA, R. L. da; CARVALHO, G. R. **Café arábica: da pós colheita ao consumo**. Lavras: Ed. EPAMIG, 2011. 734 p.

RIBEIRO, F. C. et al. Storage of green coffee in hermetic packaging injected with CO<sub>2</sub>. **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v. 47, n. 4, p. 341-348, Sept. 2011.

RIGUEIRA, R. J. de A. et al. Armazenamento de grãos de café cereja descascado em ambiente refrigerado. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 17, n. 4, p. 323-333, jul./ago. 2009.

RODARTE, M. P. **Análise sensorial, química e perfil de constituintes voláteis de cafés especiais**. 2008. 147 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

RODRIGUES, C. I. et al. Stable isotope analysis for green coffee bean: a possible method for geographic origin discrimination. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 22, n. 5, p. 463-471, Aug. 2009.

RODRIGUES, N. P.; BRAGAGNOLO, N. Identification and quantification of bioactive compounds in coffee brews by HPLC-DAD-MSn. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 32, n. 2, p. 105-115, Dec. 2013.

ROGERS, W. J. et al. Biochemical and molecular characterization and expression of the 11S-type storage protein from *Coffea arabica* endosperm. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v. 37, n. 4, p. 261-272, Apr. 1999.

SALAZAR, J. C. S.; BURGOS, E. R.; BAUTISTA, E. H. D. Efecto de las condiciones de cultivo, las características químicas del suelo y el manejo de grano en los atributos sensoriales de café (*Coffea arabica* L.) en taza. **Acta Agronómica**, Palmira, v. 64, n. 4, p. 342-348, 2015.

SANTOS, M. A.; CHALFOUN, S. M.; PIMENTA, C. J. Influência do processamento por via úmida e tipos de secagem sobre a composição físico química e química do café (*Coffea arabica* L). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 213-218, jan./fev. 2009.

SCHENKER, S. et al. Impact of roasting conditions on the formations of aroma compounds in coffee beans. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 67, p. 60-66, Jan. 2002.

SILVA, A. A. et al. Mapping the potential beverage quality of coffee produced in the Zona da Mata, Minas Gerais, Brazil. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Lonsilva, v. 96, n. 9, p. 3098-3108, 2016.

SILVA, F. N. et al. Institucionalização das indicações geográficas no Brasil e na Espanha. **Ciência Rural**, Santa Maria, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/2013nahead/a24813cr2012-0796.pdf>>. Acesso em: 5 ago. 2016.

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

SILVA, S. A.; LIMA, J. S. S.; ALVES, A. I. Estudo espacial do rendimento de grãos e porcentagem de casca de duas variedades de *Coffea arabica* L. visando a produção de café de qualidade. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 4, p. 558-565, jul./ago. 2010.

SILVEIRA, H. R. O. **Variação sazonal de atributos ecofisiológicos e metabólicos de café arábica em três altitudes**. 2014. 73 p. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

SIQUEIRA, H. H. de; ABREU, C. M. P. de. Composição físico-química e qualidade do café submetido a dois tipos de torração e com diferentes formas de processamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 1, p. 112-117, jan./fev. 2006.

SPANIOLAS, S. et al. Authentication of coffee by means of PCR-RFLP analysis and lab-on-a-chip capillary electrophoresis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 54, n. 20, p. 7466-7470, Sept. 2006.

SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA. **Wats is specialty coffee?** Disponível em: <<http://www.scaa.org>>. Acesso em: 10 jan. 2016.

SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA. **SCAA protocols cupping specialty coffee**. 2015. Disponível em: <<http://scaa.org/PDF/resources/cupping-protocols.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2016.

SPEER, K.; KÖLLING-SPEER, I. The lipid fraction of the coffee bean. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Piracicaba, v. 18, n. 1, p. 201-216, Jan./Mar. 2006.

TERRA, L. del et al. Functional characterization of three *Coffea arabica* L. monoterpene synthases: insights into the enzymatic machinery of coffee aroma. **Phytochemistry**, Saint Paul, v. 89, p. 6-14, May 2013.

TOCI, A.; FARAH, A.; TRUGO, L. C. Efeito do processo de descafeinação com diclorometano sobre a composição química dos cafés arábica e robusta antes e após a torração. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 5, p. 965-961, July 2006.

TOCI, A. T. et al. Changes in triacylglycerols and free fatty acids composition during storage of roasted coffee. **LWT - Food Science and Technology**, London, v. 50, n. 2, p. 581-590, Mar. 2013.

TOLEDO, R. A. et al. Relationship between the different aspects related to coffee quality and their volatile compounds. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, Chicago, v. 15, p. 705-719, Apr. 2016.

TOLESSA, K. et al. Prediction of specialty coffee cup quality based on near infrared spectra of Green coffee beans. **Talanta**, Amsterdam, v. 150, p. 367-374, Apr. 2016.

TRUGO, L. C.; MACRAE, R. A study of the effect of roasting on the chlorogenic acid composition of coffee using HPLC. **Food Chemistry**, London, v. 15, n. 3, p. 219-227, 1984.

TURATTI, J. M. Extração e caracterização de óleo de café. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória. **Resumos Expandidos...** Brasília, DF: EMBRAPA Café, 2001. p. 1533-1539.

UEKANE, T. M.; ROCHA-LEÃO, M. H. M.; REZENDE, C. M. Compostos sulfurados no aroma do café: origem e degradação. **Revista Virtual de Química**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 5, p. 891-911, set./out. 2013.

VIDAL, H. M. **Composição lipídica e a qualidade do café (Coffea arábica L.) durante armazenamento**. 2001. 93 p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

VILLARREAL, D. et al. Genotypic and environmental effects on coffee (Coffea arabica L.) bean fatty acid profile: impact on variety and origin chemometric determination. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 57, n. 23, p. 11321-11327, Nov. 2009.

ZELLNER, B. A. et al. Gas chromatography-olfactometry in food flavour analysis. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v. 1186, n. 1/2, p. 123-143, Apr. 2008.



## CAPÍTULO 2

### ANÁLISE QUÍMICA E SENSORIAL DE CAFÉS ESPECIAIS SUBMETIDOS A DIFERENTES FORMAS DE PROCESSAMENTO PÓS- COLHEITA

#### RESUMO

A qualidade do café está estritamente relacionada aos diversos fatores envolvidos na sua cadeia produtiva que irão determinar a sua composição química e, conseqüentemente, suas características sensoriais. O objetivo, neste trabalho, foi analisar a composição química e os atributos sensoriais de cafés especiais oriundos do processamento natural e descascado, visando identificar os constituintes que mais influenciaram a qualidade diferenciada desses cafés. Foram avaliadas dez amostras de cafés especiais, cultivadas em diferentes microrregiões do Cerrado Mineiro submetidas a duas diferentes formas de processamento pós-colheita (natural e cereja descascado). As amostras foram avaliadas por meio de análises químicas (cinzas, acidez titulável, sólidos solúveis, extrato etéreo, proteína, açúcares totais, compostos bioativos e perfil de ácidos graxos) e por meio dos atributos sensoriais. A análise sensorial foi realizada de acordo com o protocolo da Associação Americana de Cafés Especiais (SCAA, sigla em inglês). Na análise sensorial, apenas a amostra A diferiu significativamente ( $p < 0,05$ ) dos demais cafés naturais quanto aos atributos sensoriais analisados e à nota final. Não foi possível estabelecer correlação entre a composição química e a qualidade dos cafés por meio da análise univariada. A PCA mostrou que os constituintes que mais contribuíram para a discriminação da amostra A com maior nota sensorial entre os cafés naturais foram cafeína, trigonelina e ácido esteárico. Para os cafés cereja descascados, os constituintes discriminantes para a amostra F foram acidez titulável, ácido 5-cafeoilquínico, trigonelina, cinzas e os ácidos palmítico e linoleico.

**Palavras-chave:** Caracterização química. Qualidade. Processamento pós-colheita. Análise sensorial. Cafés especiais

## ABSTRACT

The coffee quality is strictly related to the various factors involved in its production chain that will determine its chemical composition and, consequently, its sensorial characteristics. The objective of this study was to analyze the chemical composition and sensorial attributes of special coffee from natural and pulped processing, in order to identify the constituents that most influenced the differentiated quality of these coffees. Ten samples of special coffees were evaluated, cultivated in different Cerrado Mineiro microregions and submitted to two different forms of post-harvest processing (natural and pulped). The samples were evaluated by chemical analysis (ash, titratable acidity, soluble solids, ethereal extract, protein, total sugars, bioactive compounds and fatty acid profile) and by sensorial means attributes. Sensory analysis were performed according to the protocol of the Special Coffee Association of America (SCAA). In the sensorial analysis, only the sample A distinguished significantly ( $p < 0.05$ ) from the other natural coffees regarding the sensorial attributes analyzed and the final note. It was not possible to establish a correlation between chemical composition and coffee quality by univariate analysis means. The PCA showed that the constituents that contributed the most to the discrimination of sample A with the highest sensorial grade among natural coffees were caffeine, trigonelline and stearic acid. For pulped coffee, the discriminant constituents for sample F were titratable acidity, 5-caffeoylquinic acid, trigonelline, ashes, palmitic and linoleic acids.

**Keywords:** Chemical characterization. Quality. Post-harvest processing. Sensorial analysis. Special Coffees

## 1 INTRODUÇÃO

O mercado cafeeiro se transformou muito nos últimos anos, buscando diferenciar o produto por meio dos parâmetros de qualidade e atendendo a novos valores associados ao consumo. Nesse sentido, a denominação de origem representa, para o produtor, mais do que uma estratégia para agregar valor ao produto, contribuindo com o processo de inovações na cadeia produtiva e gerencial, na melhoria da qualidade, além de reorganizar as relações sociais (CALDAS; CERQUEIRA; PERIN, 2005; INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL - INPI, 2016; MARESCOTTI; BELLETTI, 2016; NUNES et al., 2013; SILVA et al., 2013). Assim, o mercado de cafés especiais cresce em torno de 15% ao ano, enquanto o de café commodity apresenta um crescimento de cerca de 2% (BRAZIL SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION - BSCA, 2016; SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA - SCAA, 2016). Um café especial deve apresentar grãos com bom aspecto físico e ausência de defeitos primários (preto, ardido, coco, material estranho e grãos atacados por insetos ou fungos), além do aroma agradável e intenso após a torração (GIOMO; BORÉM, 2011; SCAA, 2016).

Para avaliar a qualidade do café, os principais parâmetros utilizados são os atributos da bebida que é mais valorizada quanto mais prazerosa for sua percepção sensorial ao ser degustada (BSCA, 2016; GIOMO; BORÉM, 2011; SCAA, 2016). No entanto, produzir um café de qualidade não é uma tarefa fácil, pois os diversos fatores, que vão desde o local de plantio, práticas de cultivo, colheita, pós-colheita, industrialização até a forma de preparo da bebida, podem afetar o seu sabor e aroma (ALVES et al., 2011; ARRUDA et al., 2011; AVELINO et al., 2005; BERTRAND et al., 2006, 2012; CAMARGO, 2010; SILVA; LIMA; ALVES, 2010; VILLARREAL et al., 2009).



Dos diversos fatores que afetam a qualidade do café, a forma de preparo após a colheita vem sendo amplamente estudada no intuito de estabelecer uma correlação entre os tipos de processamento (natural, descascado, despulpado e desmucilado) e as características sensoriais da bebida (CLEMENTE et al., 2015; CORADI; BORÉM; OLIVEIRA, 2008; ISQUIERDO et al., 2012; LIMA-FILHO et al., 2013; SANTOS; CHALFOUN; PIMENTA, 2009). Alguns autores relataram que os cafés descascados resultaram em bebidas com acidez mais equilibrada e aroma acentuado, enquanto os cafés naturais produziram bebidas mais doces e encorpadas (BORÉM et al., 2008; ILLY; VIANI, 2005; SANTOS; CHALFOUN; PIMENTA, 2009). No entanto, as diferenças no perfil sensorial do café não se devem apenas ao tipo de processamento, pois são diversos os fatores que afetam o perfil da bebida e, ainda, devem ser consideradas as interações entre eles.

O estado de Minas Gerais produz mais de 50% do café brasileiro, destacando-se quatro principais regiões produtoras: Sul de Minas, Matas de Minas, Chapadas de Minas e Cerrado Mineiro. Essas regiões apresentam diferentes características ambientais, propiciando a produção de cafés com perfis sensoriais distintos (BSCA, 2016; COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2016). O Cerrado Mineiro se destaca por produzir cafés de excelente qualidade, sendo a primeira região do país a possuir a Certificação de Origem. Segundo especialistas, os cafés do Cerrado apresentam perfis sensoriais peculiares e aromas intensos devido aos seus fatores edafoclimáticos favoráveis (CONSELHO DAS ASSOCIAÇÕES DE CAFEICULTORES DO CERRADO - CACCER, 2016).

Na região do Cerrado Mineiro, a principal forma de processamento do café é natural. No entanto, o descascamento dos frutos é um processo intermediário entre o natural e o despulpado ou desmucilado, apresentando, como principais vantagens, a economia de espaço no terreiro e a redução do

tempo de secagem. Além disso, os cafés despulpados e desmucilados demandam grande quantidade de água, gerando resíduos indesejáveis, sendo, portanto, a produção de cafés naturais e descascados excelente alternativa, pois a região se beneficia de pouca chuva durante o período de colheita e pós-colheita. Assim, o objetivo, neste trabalho, foi analisar os constituintes químicos e os atributos sensoriais de cafés especiais oriundos do processamento natural e descascado, visando identificar os constituintes que mais influenciaram a qualidade diferenciada desses cafés.



## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Matéria-prima e locais de execução**

Foram utilizadas dez amostras de cafés especiais (*Coffea arabica* L.) da safra de 2013, provenientes da região do Cerrado Mineiro, submetidas ao processamento natural (A, B, C, D e E) e cereja descascado (F, G, H, I e J), classificadas como tipo 2 para melhor, peneira 16 acima, com vazamento máximo de 5% e umidade máxima de 11%. As amostras são oriundas do concurso I Prêmio Região do Cerrado Mineiro, realizado em 2013 e foram fornecidas pelo Conselho das Associações de Cafeicultores do Cerrado (CACCCER). No concurso foram selecionadas 15 amostras finalistas para cada categoria (natural e cereja descascado), das quais foram utilizadas neste estudo cinco amostras de café natural e cinco descascadas, escolhidas de forma aleatória, tendo como critério notas acima de 85 pontos na avaliação sensorial, segundo protocolo da SCAA (SCAA, 2015).

As análises foram realizadas no Polo de Tecnologia em Qualidade do Café, na Universidade Federal de Lavras (UFLA); no Laboratório de Cromatografia, no Departamento de Química da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG); na Central de Análises e Prospecção Química (CAPQ), no Departamento de Química da UFLA e no Laboratório de Qualidade do Café, na Epamig de Lavras.

### **2.2 Torração das amostras**

As amostras foram previamente torradas utilizando-se um torrador Probat Leogap (TP2) com capacidade para 150 g de amostra, monitorando-se a temperatura e o tempo de torração. A temperatura inicial do torrador foi de 150 °C e o tempo de torração foi monitorado com o uso de um cronômetro (8 a 12

minutos), de acordo com recomendações do protocolo da Associação Americana de Cafés Especiais (SCCA, 2015). O ponto final da torração foi avaliado utilizando-se o AGTRON (M-Basic II), com a cor dos grãos entre #55 e #65, de acordo com as recomendações da SCAA para a torração de cafés especiais. Após a torração e o resfriamento, as amostras foram acondicionadas em embalagem de polipropileno, seladas a vácuo e armazenadas em freezer até a realização das análises físico-químicas, químicas e sensoriais.

### **2.3 Análise sensorial**

A análise sensorial foi realizada de acordo com o protocolo da Associação Americana de Cafés Especiais, utilizando-se a metodologia proposta por Lingle (2011), para avaliação sensorial de cafés especiais com atribuição de notas para fragrância/aroma, acidez, corpo, sabor, doçura, uniformidade, xícara limpa, equilíbrio, finalização e impressão global. Todas as amostras foram torradas com antecedência mínima de 12 horas à degustação. O resultado final da avaliação sensorial foi obtido de acordo com a escala de pontuação da SCAA (com notas que variam de 0 a 10 pontos). As amostras foram moídas em granulometria de 20 mesh e, em seguida, foram preparadas cinco xícaras de cada amostra para a degustação, para avaliar a uniformidade, respeitando-se a proporção de 8,25 g por 150 mL de água ou 5,5% m/v. A avaliação foi realizada por cinco provadores credenciados pela SCAA que receberam todas as amostras codificadas.

## **2.4 Caracterização química do café torrado**

### **2.4.1 Teor de água**

O teor de água dos cafés foi determinado pelo método de estufa, a  $105\pm 1$  °C, por 16 horas, conforme o método padrão da ISO 6673 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO, 2003).

### **2.4.2 Análises físico-químicas**

As análises de cinzas, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), extrato etéreo (EE), proteínas (Pt) e açúcares totais (AT) foram realizadas conforme normas da Association of Official Agricultural Chemists - AOAC (2000). Todas as análises foram realizadas com três repetições e triplicata.

### **2.4.3 Cafeína, trigonelina e ácido 5-cafeiolquínico**

Cafeína, trigonelina e ácido 5-cafeiolquínico foram extraídos em metanol (Merck) 70%, a 60 °C e quantificados por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), de acordo com adaptação feita ao método de Casal, Oliveira e Ferreira (2000), utilizando equipamento da Shimadzu (modelo M10AVP, Japão) acoplado a um detector espectrofotométrico UV/visível Shimadzu (modelo SPD-10A). A eluição foi isocrática com fase móvel composta por metanol: ácido acético:água (30:0,3:69,7; v:v:v) e foi utilizada uma coluna de fase reversa C18 (Shim-pack VP-005 250mm x 4,6mm x 5µm). O fluxo utilizado foi de 1 mL/minuto e a temperatura do forno foi mantida a 22 °C. Os compostos foram analisados a 272 nm. A concentração dos compostos foi determinada por padronização externa, relacionando-se as áreas dos picos dos

padrões com concentrações conhecidas. As análises foram realizadas em três repetições e duplicata.

## **2.5 Perfil de ácidos graxos livres**

A composição dos ácidos graxos foi determinada por cromatografia gasosa, após derivatização aos respectivos ésteres metílicos, utilizando-se metanol em meio básico, adaptado de Christie (1989). Os ácidos graxos livres foram metilados com 100 µl trifluoreto de boro - BF<sub>3</sub>/metanol (14%) e aquecidas, durante 10 minutos, em banho de água a 60 °C. Em seguida, foram diluídos com 400 µl de metanol e analisados por cromatografia gasosa.

As análises cromatográficas foram realizadas em cromatógrafo a gás HP7820A equipado com detector por ionização de chamas. A separação dos ésteres foi realizada em uma coluna HP-INNOWAX (HP) 15 m x 0,25 mm x 0,25 µm, com gradiente de temperatura: 150 °C, 1min, 7 °C/min até 240 °C; injetor (split de 1/50) a 250 °C e detector a 260 °C. O hidrogênio foi utilizado como gás de arraste com fluxo de 3mL/min e volume de injeção de 1 µL. A identificação dos picos foi feita por comparação com padrões de ácidos graxos metilados FAME mix C14-C22 (Supelco cat n° 18917).

## **2.6 Análise estatística**

Os resultados das análises sensorial, físico-químicas, químicas e o perfil dos ácidos graxos foram submetidos à análise de variância utilizando-se o programa SISVAR e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância, a fim de verificar diferenças significativas entre as amostras (FERREIRA, 2010).

Para analisar as interações entre esses fatores e a análise sensorial do café foi utilizada a análise multivariada por meio da análise de componentes

principais (PCA), utilizando-se o programa Chemoface versão 1.5 (NUNES et al., 2012).





### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Análise sensorial

Os resultados da análise sensorial dos cafés especiais submetidos ao processamento natural foram analisados por meio de teste de médias (Scott-Knott), a 5% de significância e estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados da análise sensorial dos cafés especiais submetidos ao processamento natural.

Am.	Frag/aro*	Sabor	Final*	Acidez	Corpo	Balanço	Geral	Nota final
A	8,8b	8,8b	8,6b	8,7b	8,8b	8,7b	8,8b	91,3b
B	8,1a	8,1a	8,2a	8,1a	8,2a	8,2a	8,3a	88,4 <sup>a</sup>
C	8,0a	8,2a	8,1a	8,2a	8,2a	8,2a	8,2a	88,6 <sup>a</sup>
D	8,2a	8,0a	8,1a	8,0a	8,3a	8,1a	8,0a	87,0a
E	7,9a	8,1a	8,0a	7,9a	8,0a	8,2a	8,0a	86,3 <sup>a</sup>

\*Valores médios de cinco provadores. Am=amostras; Frag/aro=fragrância /aroma; Final= finalização. Letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente pelo teste de Scott-knott ( $p<0,05$ ).

A amostra A diferiu significativamente, pelo teste Scott-Knott ( $p<0,05$ ), para todos os atributos sensoriais analisados e, conseqüentemente, para a nota final. De acordo com a tabela de classificação dos cafés a partir da nota final da análise sensorial da SCAA, a amostra A é descrita como excepcional, enquanto os demais cafés analisados foram classificados como excelentes (SCAA, 2015). As demais amostras oriundas do processamento natural não diferiram estatisticamente quanto aos atributos fragrância/aroma, sabor, finalização, acidez, corpo, balanço, nota geral e também não diferiram em relação à nota final. Os atributos uniformidade, xícara limpa e doçura também foram avaliados e todas as amostras analisadas receberam notas máximas (dez pontos) (dados não mostrados). A qualidade sensorial de um café é descrita como uma sensação agradável obtida por meio da combinação equilibrada de seus atributos, principalmente do sabor, corpo e aroma, além da ausência de defeitos

(MORI et al., 2003; SUNARHARUM; WILLIAMS; SMYTH, 2014). Outro atributo importante na avaliação sensorial do café é a acidez e sua intensidade varia em função da maturação dos frutos, local de origem, tipo de colheita, forma de processamento, secagem e condições climáticas (SIQUEIRA; ABREU, 2006). Os resultados da análise sensorial dos cafés especiais submetidos ao processamento cereja descascado estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados da análise sensorial dos cafés especiais submetidos ao processamento cereja descascado.

Am.	Frag/aro*	Sabor	Final*	Acidez	Corpo	Balanço	Geral	Nota final
F	8,5b	8,5a	8,5a	8,6a	8,3a	8,5b	8,7b	89,7a
G	7,9a	8,3a	8,1a	8,3a	8,2a	8,3b	8,2a	87,4a
H	8,0a	8,2a	8,1a	8,2a	8,0a	8,2a	8,2a	87,1a
I	8,0a	7,9a	7,9a	7,9a	8,0a	7,9a	7,8a	87,1a
J	8,0a	8,2a	8,1a	7,9a	8,1a	8,0a	8,3a	86,9a

\*Valores médios de cinco provadores. Am=amostras; FRag/aro=fragrância /aroma; Final= finalização. Letras iguais na mesma coluna não se diferem significativamente pelo teste de Scott-knott ( $p<0,05$ ).

A amostra F diferiu significativamente, pelo teste de Scott-Knott ( $p<0,05$ ), quanto aos atributos fragrância e aroma, balanço e nota geral. No entanto, essas diferenças não causaram diferença significativa na nota final desse café. Resultado semelhante também foi observado para a amostra G, que diferiu quanto ao atributo balanço, porém, não apresentou diferença em relação à nota final. Os cafés cereja descascados não apresentaram diferença significativa ( $p<0,05$ ) para a nota final, tendo todos os cafés especiais sido classificados, segundo o protocolo de avaliação sensorial da SCAA, como excelentes (SCAA, 2015). Segundo os especialistas, o sabor é o principal atributo utilizado para definir a qualidade do café e sua nota relata a intensidade, a complexidade e a qualidade da combinação do gosto e do aroma (MASI et al., 2013; SCAA, 2015). Dentre todas as amostras avaliadas, somente a amostra A apresentou diferença significativa ( $p<0,05$ ) quanto ao sabor e à nota final da bebida. Estes

resultados estão de acordo com os diversos estudos que têm demonstrado que as características sensoriais variam de acordo com os fatores ambientais, como a altitude e a diversidade genética do material cultivado (CARVALHO et al., 2016; CHALFOUN et al., 2013; FERREIRA et al., 2012; MENDONÇA; PEREIRA; MENDES, 2005).

### **3.2 Caracterização química**

Os resultados das análises químicas e sensorial dos cafés especiais oriundos do processamento natural e cereja descascado estão apresentados nas Tabelas 3 e 4, respectivamente.

Tabela 3 - Resultados das análises químicas de cafés especiais submetidos ao processamento natural.

Am.	Cinzas*	AT**	SS*	EE*	Prot.*	Aç. T*	Caf*	Trig*	5-ACQ	Sensorial
A	4,1±0,2a	254±14,3a	34,5±0,1c	10,9±0,4b	18,7±0,7b	1,0±0,1c	1,15±0,1c	0,85±0,1b	3,76±0,1b	91,3b
B	4,2±0,1a	238±14,4a	34,5±0,1c	9,6±0,8a	16,4±1,3a	0,92±0,1b	1,13±0,1c	0,82±0,1b	4,17±0,2c	88,4a
C	4,2±0,2a	279±14,4a	21,3±0,4a	10,6±0,8b	18,2±1,4b	1,1±0,1d	1,04±0,1b	0,80±0,1b	3,18±0,3a	88,6a
D	4,5±0,3a	263±14,3a	34,6±0,1c	11,2±0,5b	19,1±0,9b	0,86±0,1a	1,04±0,1b	0,70±0,1a	3,83±0,3b	87,0a
E	4,2±0,2a	279±14,4a	27,1±0,1b	9,1±0,4a	15,6±0,6a	0,84±0,1a	1,00±0,1a	0,74±0,1a	3,78±0,1b	86,3a

\*Resultados expressos em g.100g<sup>-1</sup>MS. \*\*mL de NaOH 0,1 N/100g . Am=amostras; AT= acidez titulável; SS=sólidos solúveis; EE=extrato etéreo; Prot. Proteína e Aç. T= açúcares totais. Média e SD (desvio padrão) de três repetições e duplicata; Sensorial= nota final. Letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente, pelo teste de Scott-knott (p<0,05).

Tabela 4 - Resultados das análises químicas de cafés especiais submetidos ao processamento cereja descascado.

Am.	Cinzas*	AT**	SS*	EE*	Prot.*	Aç. T*	Caf*	Trig*	5-ACQ	Sensorial
F	4,3±0,1a	288±14,4b	34,6±0,1a	10,7±0,3a	18,3±0,6a	0,96±0,1a	0,72±0,1a	0,58±0,1c	3,29±0,1b	89,7a
G	4,0±0,1a	288±14,4b	34,5±0,1a	9,6±0,9a	16,4±1,6a	0,95±0,1a	0,83±0,1b	0,53±0,1b	2,64±0,1a	87,4a
H	4,2±0,1a	255±14,4a	34,6±0,1a	10,3±0,5a	17,7±0,9a	0,99±0,1a	0,82±0,1b	0,51±0,1b	2,46±0,1a	87,1a
I	4,1±0,3a	238±14,4a	34,6±0,1a	10,0±0,9a	17,1±1,4a	1,0±0,1a	0,85±0,1b	0,40±0,1a	2,57±0,1a	87,1a
J	4,1±0,1a	263±14,3a	34,6±0,1a	11,3±0,3a	19,3±0,5a	0,84±0,1a	0,85±0,1b	0,51±0,1b	2,74±0,1a	86,9a

As amostras provenientes do processamento natural diferiram estatisticamente ( $p < 0,05$ ) quanto aos teores de sólidos solúveis, extrato etéreo, proteína, açúcares totais, cafeína, trigonelina e ácido 5- cafeoilquínico. Essas diferenças podem ser atribuídas ao material genético, à localização geográfica, ao microclima e às práticas agrícolas, entre outros fatores (SUNARHARUM; WILLIAMS; SMYTH, 2014). No entanto, os teores desses constituintes não apresentaram correlação com a qualidade da bebida, exceto para a cafeína e trigonelina, que apresentaram os maiores conteúdos para os cafés com maiores notas finais.

O conteúdo de cafeína variou entre 0,72 e 1,15 g.100 g<sup>-1</sup> MS e estão de acordo com relatos encontrados na literatura de valores médios situados entre 0,6% e 1,6%, para o café arábica (CONTI et al., 2013; KY et al., 2001; MAZZAFERA; CARVALHO, 1992; SIQUEIRA; ABREU, 2006). Segundo Kitzberger et al. (2013), essa variação pode estar relacionada à diferente relação entre a expressão do genótipo e as interações com o ambiente. Alguns autores relataram maiores teores de cafeína em café arábica de alta qualidade, quando comparados aos cafés de qualidade sensorial inferior (FARAH; DONANGELO, 2006; FRANÇA; MENDONÇA; OLIVEIRA, 2005). Outros autores relataram associações negativas e significativas entre o conteúdo de cafeína e os atributos sensoriais do café, tais como acidez, corpo e sabor (DESSALEGN et al., 2008). Portanto, devido à grande quantidade de compostos presentes no café torrado e à complexidade dos fatores que determinam a qualidade da bebida, os estudos que correlacionam os teores de cafeína e a qualidade da bebida não são conclusivos.

Os valores de trigonelina estão de acordo com Farah e Donangelo (2006) que também relataram maiores conteúdos para cafés de melhor qualidade sensorial. A trigonelina contribui indiretamente para a formação de aromas desejáveis durante o processo de torração dos grãos (CLARKE; MACRAE, 1985; KY et al., 2001). Conti et al. (2013) avaliaram o conteúdo de trigonelina

em cafés especiais e relataram valores próximos aos encontrados neste estudo (0,4 a 0,6 g.100 g<sup>-1</sup>).

As amostras de café cereja descascado (Tabela 4) apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para acidez titulável, cafeína, trigonelina e ácido 5-cafeoilquínico. Pesquisadores já consideram que a relação entre a acidez e a qualidade do café depende do tipo e da quantidade de ácidos produzidos (BORÉM et al., 2016; KITZBERGER et al., 2013). Os teores de ácido 5-cafeoilquínico variaram entre 2,46 a 3,29 g.100 g<sup>-1</sup> MS e a amostra F diferiu significativamente ( $p < 0,05$ ) quanto ao conteúdo deste ácido. Na literatura encontram-se alguns estudos que associam o conteúdo de ácidos clorogênicos à baixa qualidade do café (CARVALHO et al., 1994; FRANÇA et al., 2005; MENEZES, 1990). No entanto, Abrahão et al. (2010) avaliaram os teores de cafeína e 5-ACQ em cafés crus e torrados classificados como bebidas mole e rio e não encontraram diferenças significativas. As diferenças estatísticas observadas para as análises químicas dos cafés cereja descascados não apresentaram correlação com a qualidade sensorial, pois estes não diferiram quanto à nota sensorial final.

Os sólidos solúveis variaram entre 21,3 a 34,6 g.100 g<sup>-1</sup> MS e foram superiores aos relatados por Silva et al. (2016), que encontraram valores entre 10,3 a 29,6 g.100 g<sup>-1</sup> MS, para café arábica. A fração de sólidos solúveis é composta, principalmente, por açúcares, cafeína, trigonelina e ácidos clorogênicos (SMITH, 1985). O conteúdo desses compostos, especialmente os açúcares, tem sido positivamente associado à qualidade sensorial do café (ARRUDA et al., 2012; MURKOVIC; DERLER, 2006; TAVEIRA et al., 2015).

Os teores de extrato etéreo variaram de 9,14 a 11,3 g.100 g<sup>-1</sup> MS e estão próximos aos relatados por Silva, Ascheri e Pereira (2007). Os cafés de melhor qualidade sensorial apresentam maior concentração de lipídios na região periférica dos grãos (RODARTE, 2008).

Os valores de proteína bruta variaram entre 15,64 a 19,30 g.100 g<sup>-1</sup> MS. Resultados semelhantes foram encontrados por Conti e Prudencio (2011), Mendonça, Pereira e Mendes (2005) e Silva, Ascheri e Pereira (2007). As proteínas contribuem para o sabor do café, pois os grupamentos aminos participam de reações que ocorrem durante a torração (reação de Maillard), dando origem aos compostos responsáveis pela cor e o aroma do café torrado (CARVALHO; CHAGAS; SOUZA, 1997; CLARKE; MACRAE, 1985; FLAMENT, 2002; FRANÇA et al., 2005; ILLY; VIANI, 2005).

Os teores açúcares totais variaram de 0,84 a 1,12g.100 g<sup>-1</sup> MS e estão de acordo com os relatados na literatura científica, que estão entre 0,77% a 1,63%, para café arábica submetido à torração média (MOURA et al., 2007; PINTO et al., 2001; RODARTE, 2008).

Pela análise univariada não foi possível avaliar a influência dos constituintes químicos na qualidade da bebida, pois os resultados não apresentaram comportamento linear devido à complexidade da composição química e sensorial do café. Assim, para avaliar quais foram os constituintes químicos que mais influenciaram os atributos sensoriais analisados, os dados foram submetidos à análise multivariada, realizada por meio da análise de componentes principais (ACP).

### **3.2.1 PCA da composição química e atributos sensoriais**

Os biplots foram obtidos de acordo com a dispersão dos escores dos dois primeiros componentes principais dos eixos e os resultados da PCA dos constituintes químicos e dos atributos sensoriais estão apresentados na Figura 1 (A), para os cafés naturais e (B), para os cafés cereja descascados.



Figura 1 - Biplot da PCA da caracterização química e dos atributos sensoriais dos cafés naturais (A) e cereja descascados (B). (Continua)

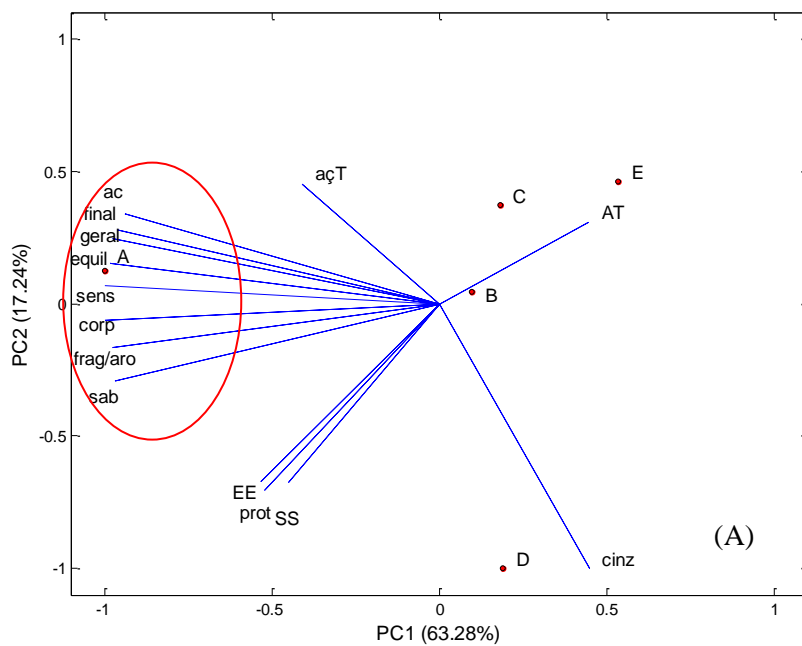
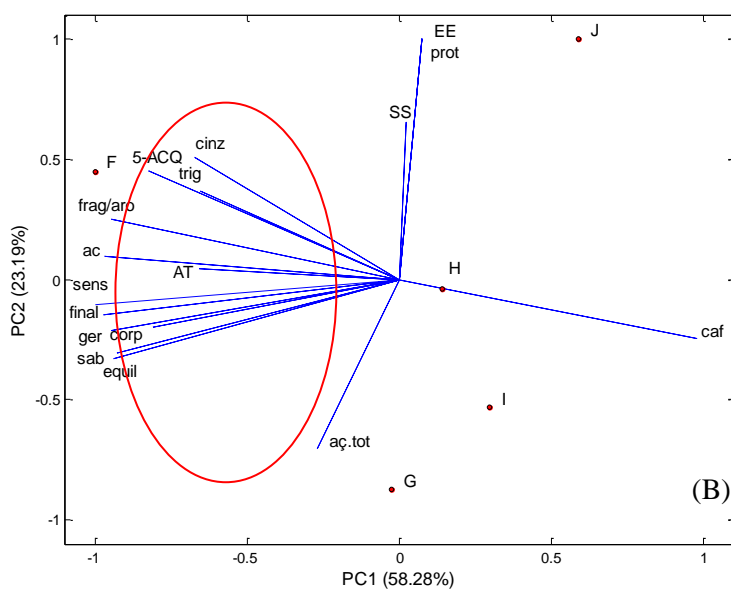


Figura 1 - Biplot da PCA da caracterização química e dos atributos sensoriais dos cafés naturais (A) e cereja descascados (B). (Conclusão)



Na Figura 1 (A) nota-se que as duas primeiras componentes principais explicaram, juntas, 79,14% da variabilidade dos dados obtidos para os cafés naturais. A amostra A discriminou das demais e os constituintes químicos que mais contribuíram para essa distinção foram cafeína e trigonelina, seguidas de proteína e extrato etéreo, além de uma menor contribuição dos açúcares totais e sólidos solúveis e ácido 5-cafeoilquínico. Tais constituintes se associaram positivamente aos atributos sensoriais nota geral, acidez, corpo, fragrância/aroma, sabor, finalização, equilíbrio e sensorial (nota final) que, de acordo com a Tabela 5, também contribuíram significativamente ( $>0,5$ ) para a sua distinção em relação a PC1. No entanto, essa tabela de correlações mostra que, dos constituintes químicos analisados, apenas os conteúdos de trigonelina e cafeína foram determinantes e significativos ( $>0,5$ ) para a discriminação desse

café em relação à primeira componente principal, pois os teores de cinzas e acidez titulável, embora significativos, foram contrários aos atributos sensoriais da bebida. Estes resultados estão de acordo com alguns estudos que relataram associação positiva entre o conteúdo de cafeína e trigonelina com a qualidade da bebida, pois a amostra A apresentou maior nota sensorial, quando comparada aos demais cafés naturais (FARAH; DONANGELO, 2006; FRANÇA et al., 2005; RODRIGUES; BRAGAGNOLO, 2013). Os ácidos clorogênicos, bem como os açúcares totais, acidez titulável e sólidos solúveis foram significativos e determinantes para a formação da PC2, como mostrado na Tabela 5. Os ácidos clorogênicos são importantes para a formação do sabor do café, contribuindo para a acidez final, conferindo também adstringência e amargor à bebida (CARELLI; LOPES; MONACO, 1974; CLIFFORD; WIGHT, 1976; FARAH; DONANGELO, 2006; TRUGO; MACRAE, 1984). No entanto, apresentou pouca influência na discriminação qualitativa dos cafés naturais, conforme mostrado na Tabela 5.

Tabela 5 - Correlações dos parâmetros químicos avaliados para as duas primeiras componentes principais para os cafés naturais e cereja descascados.

Parâmetros	Naturais		Cereja descascado	
	Correlação		Correlação	
	PC1(59,60%)	PC2(19,45%)	PC1(58,28%)	PC2(23,19%)
Cinzas	0,50	-0,32	-0,67	0,50
Acidez titulável	0,50	0,73	-0,66	0,04
Sólidos solúveis	-0,45	-0,88	0,02	0,65
Extrato etéreo	-0,46	0,22	0,07	0,99
Proteína	-0,47	0,24	0,07	1
Açúcares totais	-0,43	0,79	-0,27	-0,71
Cafeína	-0,87	-0,32	0,97	-0,24
Trigonelina	-0,78	0,25	-0,65	0,37
5-ACQ	-0,08	-1	-0,82	0,45
Fragrância/aroma	-0,96	-0,10	-0,95	0,25
Sabor	-0,95	-0,17	-0,94	-0,33
Acidez	-0,95	0,06	-0,97	0,09
Corpo	-0,99	-0,03	-0,81	-0,19
Finalização	-0,96	0,17	-0,97	-0,15
Equilíbrio	-0,98	0,22	-0,93	-0,31
Geral	-0,99	0,05	-0,94	-0,21
Nota final	-1	0,03	-1	-0,10

A amostra C apresentou maior correlação com a acidez titulável e açúcares totais, enquanto as amostras B e D foram correlacionadas aos teores de cinzas, ácido 5-cafeoilquínico e sólidos solúveis, e a amostra E apresentou maior correlação com o conteúdo de cinzas e acidez titulável. No entanto, essas amostras não diferiram quanto à nota sensorial final, o que sugere que diferenças nos conteúdos de seus compostos não afetaram a qualidade final da bebida.

Para os cafés cereja descascado (Figura 1B, Tabela 5) o biplot explicou 81,47% da variabilidade dos dados. A amostra F discriminou das demais e os constituintes químicos que mais contribuíram para essa discriminação foram 5-ACQ, trigonelina, cinzas e acidez titulável. Nota-se que a acidez titulável contribuiu para o atributo acidez da bebida e para a sua nota sensorial final. Além disso, esses constituintes se associaram positivamente aos atributos fragrância/aroma, corpo, finalização, nota geral, sabor, equilíbrio e sensorial

(nota final). Conforme dados da Tabela 5, a cafeína também foi determinante para a formação da PC1 ( $>0,5$ ), no entanto, apresentou-se de forma contrária aos atributos sensoriais da bebida e de sua discriminação quanto à qualidade. Os conteúdos de cinzas, sólidos solúveis, extrato etéreo, proteína e açúcares totais foram determinantes para a formação da PC2 e para a discriminação das demais amostras de café cereja descascados. No entanto, apenas os açúcares totais se correlacionaram positivamente com a nota final do café.

Em diversos estudos relaciona-se o conteúdo de açúcares totais com a qualidade da bebida, porém, ele depende do estágio de maturação dos frutos, da espécie e do local de cultivo (BORÉM et al., 2008; CAMPA et al., 2004; FIGUEIREDO et al., 2015). Taveira et al. (2015) avaliaram a influência do tipo de processamento pós-colheita na qualidade sensorial do café e relataram que, apesar de apresentarem diferentes perfis sensoriais, a qualidade final da bebida não diferiu. Dessa forma, cabe ressaltar que a qualidade do café está relacionada a diversos outros fatores, como, por exemplo, ambiente de produção e material genético, entre outros e requer cuidados durante todas as etapas da cadeia produtiva.

### **3.2.2 Perfil de ácidos graxos**

O perfil de ácidos graxos dos cafés especiais oriundos do processamento natural e cereja descascado foi avaliado por meio de testes de médias e os resultados estão apresentados nas Tabelas 6 e 7, respectivamente.

Tabela 6 - Perfil de ácidos graxos de cafés especiais submetidos ao processamento natural.

Am.	C16:0*	C18:0*	C18:1*	C18:2*	C18:3*	C20:0*	C22:0*	Sensorial **
A	31,4±0,2b	7,8±0,4c	9,5±0,2a	43,8±0,3a	1,6±0,1b	2,9±0,2a	0,7±0,1a	91.3b
B	32,5±0,3c	7,3±0,1b	9,6±0,1a	44,4±0,1a	1,6±0,1b	2,8±0,1a	0,7±0,1a	87.4a
C	30,7±0,2b	8,3±0,1c	10,1±0,1b	44,2±0,2a	1,7±0,1c	2,7±0,1a	0,6±0,1a	87.1a
D	29,2±0,3a	6,9±0,1a	12,1±0,1c	45,2±0,3b	1,7±0,1c	2,8±0,1a	0,6±0,1a	87.0a
E	31,2±0,2b	8,0±0,1c	9,5±0,1a	45,3±0,1b	1,5±0,1a	3,0±0,1a	0,7±0,1a	86.3a

\*Resultados expressos em porcentagem %. Am = amostras; Ácidos graxos: palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), oleico (C18:1), linoleico (C18:2), linolênico (C18:3), araquídico (C20:0) e behênico (C22:0). Média e SD (desvio padrão) de três repetições e duplicata. Letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente, pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

Tabela 7 - Perfil de ácidos graxos de cafés especiais submetidos ao processamento cereja descascado.

Am.	C16:0*	C18:0*	C18:1*	C18:2*	C18:3*	C20:0*	C22:0*	Sensorial **
F	31,7±0,3b	7,2±0,1a	9,8±0,1b	45,2±0,3b	1,5±0,1a	2,8±0,1a	0,6±0,1a	89.7a
G	30,7±0,2a	8,7±0,1b	9,2±0,1a	44,8±0,3b	1,6±0,2a	3,3±0,1d	0,7±0,1a	87.4a
H	31,0±0,2a	8,7±0,3b	9,7±0,1b	43,8±0,4a	1,5±0,1a	3,2±0,1c	0,7±0,1a	87.1a
I	31,0±0,2a	8,9±0,1b	9,7±0,1b	43,9±0,4a	1,5±0,1a	3,3±0,1d	0,7±0,1a	86.9a
J	30,8±0,1a	8,5±0,2b	10,5±0,1c	44,2±0,3a	1,4±0,1a	2,9±0,1b	0,7±0,1a	85.6a

\*Resultados expressos em porcentagem %. Am = amostras; Ácidos graxos: palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), oleico (C18:1), linoleico (C18:2), linolênico (C18:3), araquídico (C20:0) e behênico (C22:0). Média e SD (desvio padrão) de três repetições e duplicata. Letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente, pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

Os ácidos graxos identificados nos cafés analisados foram palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), oleico (C18:1), linoleico (C18:2), linolênico (C18:3), araquídico (C20:0) e behênico (C22:0). Perfis de ácidos graxos semelhantes também foram relatados, na literatura, para o café arábica (JHAM et al., 2008; MARTIN et al., 2001; ROMANO et al., 2014). O ácido linoleico foi o ácido graxo predominante, seguido pelo palmítico, o oleico e o esteárico. Resultado semelhante foi relatado por Toci et al. (2013) que analisaram a composição de ácidos graxos de cafés especiais torrados durante o período de armazenamento. Em outro estudo, Hurtado-Benavides, Dorado e Sánchez-Camargo (2016) avaliaram o efeito das condições de temperatura e pressão de extração do óleo do café e sua influência no perfil de ácidos graxos do café colombiano com características sensoriais peculiares e denominação de origem. Os autores verificaram a predominância do ácido palmítico (46,1%), seguido pelo linoleico (32,9%), o oleico (8,0%), o esteárico (6,6%) e o araquídico (1,9%). A comparação de perfis de ácidos graxos presentes nos grãos pode ser uma ferramenta útil para a sua discriminação qualitativa, pois os óleos são considerados importantes precursores do aroma do café (MARTINEZ et al., 2014). Por outro lado, devido à sua oxidação e ao desenvolvimento de *off-flavors*, os lipídios podem ser considerados possíveis contribuintes para a perda de qualidade do café (DIAS et al., 2011).

As amostras de cafés naturais não diferiram apenas para os conteúdos de ácidos araquídico e behênico. Por outro lado, diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) foram observadas para os demais ácidos identificados, no entanto, essas diferenças não apresentaram influência direta com a qualidade sensorial da bebida.

Para os cafés cereja descascados, todos os ácidos graxos, exceto o ácido behênico, diferiram ( $p < 0,05$ ). No entanto, não foi possível estabelecer correlação entre seus teores e a nota sensorial final. Arruda et al. (2012) avaliaram o perfil

de ácidos graxos de cafés submetidos à via seca e à via úmida e encontraram perfis de ácidos graxos equivalentes para os diferentes tipos de processamento pós-colheita. Figueiredo et al. (2015) estudaram os perfis de ácidos graxos de diferentes genótipos de café especiais e observaram correlação positiva do ácido araquídico e esteárico com a qualidade da bebida. Os autores relataram, ainda, que o ácido linolênico se relacionou com cafés menos intensos em acidez, corpo e sabor.

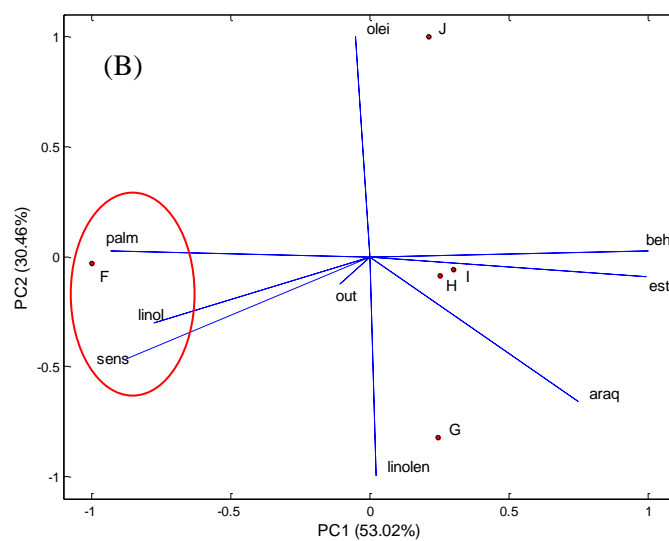
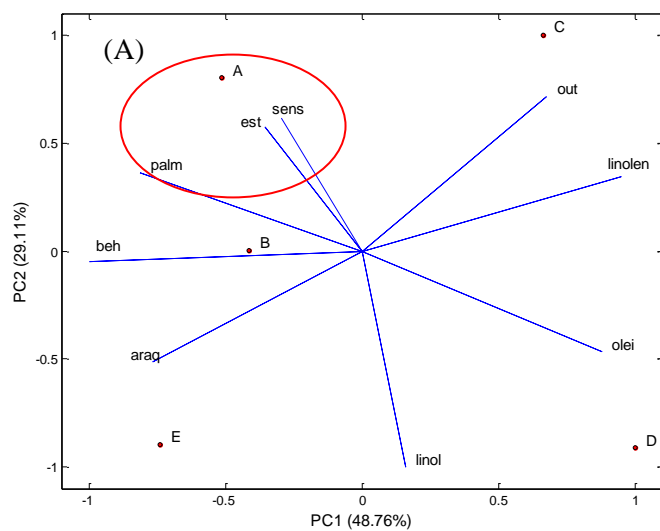
O conteúdo de ácidos graxos do café tem sido utilizado para discriminar variedades de café (MARTIN et al., 2001; ROMANO et al., 2014), grãos defeituosos (OLIVEIRA et al., 2006), ambientes de produção e qualidade sensorial da bebida (FIGUEIREDO et al., 2015). O ácido linoleico foi relatado como um potencial discriminante para cafés obtidos em diferentes condições ambientais (FIGUEIREDO et al., 2015; ROMANO et al., 2014). No presente estudo, o conteúdo deste ácido diferiu para algumas amostras (D e E) oriundas do processamento natural e (F e G) descascado, porém, essa diferença não apresentou correlação com a qualidade da bebida. Não foi possível explicar, por meio da análise univariada, a influência dos ácidos graxos na qualidade sensorial dos cafés especiais analisados e, assim, os dados foram submetidos à análise de componentes principais (ACP).

### **3.2.3 PCA do perfil de ácidos graxos e qualidade sensorial**

Os biplots da PCA dos ácidos graxos e a qualidade sensorial estão apresentados na Figura 2 (A), para os cafés naturais e (B), para cereja descascados.



Figura 2 - Biplot da PCA dos perfis de ácidos graxos e qualidade sensorial dos cafés naturais (A) e cereja descascado (B).



Para as amostras de café natural (Figura 4-A) nota-se que as duas primeiras componentes principais explicaram, juntas, 77,87% da variabilidade dos dados. A amostra A discriminou das demais e o ácido esteárico foi o que mais contribuiu para a sua discriminação e para a sua qualidade sensorial, quando comparada aos demais cafés naturais. Os dados da Tabela 8 mostram que os ácidos graxos determinantes para a formação da PC1 foram os ácidos palmítico, oleico, linolênico, araquídico, behênico e outros ácidos, no entanto, estes não contribuíram para a nota sensorial desses cafés ( $<0,5$ ). Os ácidos esteárico, linoleico, araquídico e outros ácidos (não identificados) foram determinantes para a formação da PC2, porém, apenas o ácido esteárico apresentou correlação positiva com a nota final da bebida.

Tabela 8 - Correlações dos conteúdos dos ácidos graxos avaliados para as duas primeiras componentes principais para os cafés naturais e cereja descascados.

Parâmetros	Naturais		Cereja descascado	
	Correlação		Correlação	
	PC1(48,76%)	PC2(29,11%)	PC1(53,02%)	PC2(30,46%)
Palmítico	-0,81	0,36	-0,93	0,02
Esteárico	-0,36	0,57	0,99	-0,09
Oleico	0,87	-0,47	-0,05	1
Linoleico	0,16	-1	-0,77	-0,30
Linolênico	0,94	0,34	0,02	-0,99
Araquídico	-0,76	-0,51	0,74	-0,66
Behênico	-1	-0,05	1	0,03
Outros	0,67	0,71	-0,11	-0,12
Sensorial	-0,29	0,61	-0,87	-0,46

\*Sensorial = nota final da análise sensorial

A discriminação da amostra B foi influenciada, principalmente, pelo ácido palmítico, behênico e araquídico, enquanto os ácidos graxos que mais contribuem para a distinção da amostra C são o ácido linolênico e os outros

ácidos não identificados. Já a amostra D foi discriminada das demais, principalmente pelo seu conteúdo de ácido oleico e linoleico, enquanto os ácidos que mais contribuíram para a discriminação da amostra E foram os ácidos araquídico e linoleico.

Para as amostras de café cereja descascados, na Figura 4 (B) observa-se que as duas primeiras componentes explicaram, juntas, 83,48% da variabilidade dos dados. De acordo com os dados da Tabela 8, os ácidos palmítico, esteárico, linoleico, araquídico e behênico foram determinantes para a formação da PC1, no entanto, apenas os ácidos palmítico e linoleico se correlacionaram positivamente com a qualidade sensorial desses cafés, atribuída por meio da nota final. Para a formação da PC2, os ácidos oleico, linolênico e araquídico foram determinantes, porém, a nota final dos cafés não foi significativa ( $<0,5$ ) para a formação dessa componente. A amostra F discriminou das demais, principalmente pelos conteúdos de ácido palmítico, linoleico e outros ácidos que não foram identificados (presentes em pequenas quantidades). A amostra G discriminou das demais e os ácidos que mais contribuíram foram o araquídico e o linoleico, enquanto as amostras H e I foram influenciadas pelos conteúdos de ácidos araquídico, esteárico e behênico. Já a amostra J apresentou correlação, principalmente, com o alto conteúdo de ácido oleico e baixo teor de ácido linolênico, o que pode ser confirmado pelos dados da Tabela 7.

Resultados semelhantes foram relatados por Figueiredo et al. (2015), que avaliaram a relação entre a composição de ácidos graxos e a qualidade sensorial de cafés especiais cultivados em diferentes condições edafoclimáticas. Os autores concluíram que os ácidos graxos saturados (araquídico, esteárico e palmítico) apresentaram correlação positiva com a qualidade de cafés especiais, enquanto os ácidos graxos insaturados (elaídico, oleico, linoleico e linolênico) foram correlacionados aos cafés com menor intensidade de acidez, fragrância, corpo e sabor.

Em outro estudo realizado por Fassio (2014), para avaliar a correlação entre o perfil de ácidos graxos e os atributos sensoriais da bebida de diferentes cultivares de café arábica resistentes à ferrugem, os autores também relataram que os ácidos palmítico, palmitoleico e linoleico foram os possíveis discriminadores de qualidade. No entanto, os estudos que correlacionam o perfil de ácidos graxos de café torrado e a qualidade sensorial da bebida são poucos e, devido à grande complexidade dos fatores que podem influenciar a qualidade final da bebida, são necessários mais estudos para se determinar a contribuição desses ácidos nas características sensoriais do café.



## 4 CONCLUSÕES

A amostra A diferiu quanto aos atributos sensoriais analisados e à nota final e foi classificada como um café excepcional, enquanto os demais foram classificados como excelentes. Os cafés descascados não diferiram em relação à nota sensorial final.

A PCA mostrou que os constituintes que mais contribuíram para a discriminação da amostra A entre os cafés naturais foram cafeína e trigonelina. A amostra F discriminou dos demais cafés cereja descascado e os atributos que mais contribuíram para essa distinção foram ácido 5-cafeoilquínico, trigonelina, cinzas e acidez titulável.

Os perfis de ácidos graxos diferiram para os cafés naturais e cereja descascados, no entanto, não foi possível estabelecer correlação de seus conteúdos com a nota final da bebida.

O ácido esteárico foi o que mais contribuiu para a discriminação da amostra A e por sua maior nota sensorial, quando comparada aos demais cafés naturais. Os ácidos graxos palmítico e linoleico foram discriminantes para a amostra F, que foi o café cereja descascado com maior nota final na análise sensorial.



## REFERÊNCIAS

- ABRAHÃO, S. A. et al. Compostos bioativos e atividade antioxidante do café (Coffea arábica L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 414-420, mar./abr. 2010.
- ALVES, H. M. R. et al. Características ambientais e qualidade da bebida dos cafés do estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 32, n. 261, p. 18-29, mar./abr. 2011.
- ARRUDA, N. P. et al. Correlação entre precursores e voláteis em café arábica brasileiro processado pelas vias seca, semiúmida e úmida e discriminação através da análise por componentes principais. **Química Nova**, São Paulo, v. 35, n. 10, p. 2044-2051, ago. 2012.
- ARRUDA, N. P. et al. Discriminação entre estádios de maturação e tipos de processamento de pós-colheita de cafés arábica por microextração em fase sólida e análise de componentes principais. **Química Nova**, São Paulo, v. 34, n. 5, p. 819-824, fev. 2011.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of the Association of the Agricultural Chemists**. 15<sup>th</sup> ed. Washington, 2000. 1094 p.
- AVELINO, J. et al. Effects of slope exposure, altitude and yield on coffee quality in two altitude *terroirs* of Costa Rica, Orosi and Santa María de Dota. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 85, p. 1869-1876, Aug. 2005.
- BERTRAND, B. et al. Climatic factors directly impact the volatile organic compound fingerprint in green Arabica coffee bean as well as coffee beverage quality. **Food Chemistry**, London, v. 135, p. 2575-2583, Dec. 2012.
- BERTRAND, B. et al. Comparison of bean biochemical composition and beverage quality of Arabica hybrids involving Sudanese-Ethiopian origins with traditional varieties at various elevations in Central America. **Tree Physiology**, Oxford, v. 26, n. 9, p. 1239-1248, Sept. 2006.
- BORÉM, F. M. et al. **Pós-colheita do café**. Lavras: Ed. UFLA, 2008. v. 1, 631 p.



BORÉM, F. M. et al. The relationship between organic acids, sucrose and the quality of specialty coffees. **African Journal of Agricultural Research**, Nairobi, v. 11, n. 8, p. 709-717, Feb. 2016.

BRAZIL SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION. **Cafés especiais**. Disponível em: <<http://www.bsca.com.br>>. Acesso em: 12 maio 2016.

CALDAS, A. S.; CERQUEIRA, P. S.; PERIN, T. F. Mais além dos arranjos produtivos: as indicações geográficas protegidas como unidades de desenvolvimento local. **Revista de Desenvolvimento Econômico**, Salvador, v. 7, n. 11, p. 5-16, 2005.

CAMARGO, M. B. P. de. The impact of climatic variability and climate change on arabic coffee crop in Brazil. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 239-247, 2010.

CAMPA, C. et al. Trigonelline and sucrose diversity in wild *Coffea* species. **Food Chemistry**, Washington, v. 88, p. 39-43, Jan. 2004.

CARELLI, M. L. C.; LOPES, C. R. O.; MONACO, L. C. Chlorogenic acid content in species of *Coffea* and selections of arabica. **Turrialba**, San Jose, v. 24, p. 398-401, 1974.

CARVALHO, A. M. et al. Relationship between the sensory attributes and the quality of coffee in different environments. **African Journal of Agricultural Research**, Nairobi, v. 11, n. 38, p. 3607-3614, Sept. 2016.

CARVALHO, V. D.; CHAGAS, S. J. R.; SOUZA, S. M. C. Fatores que afetam a qualidade do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 187, p. 5-20, 1997.

CARVALHO, V. D. et al. Relação entre a composição físico-química dos grãos de café beneficiado e a qualidade da bebida do café. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, n. 3, p. 4449-445, mar. 1994.

CASAL, S.; OLIVEIRA, B.; FERREIRA, M. A. HPLC/diode-array applied to the thermal degradation of trigonelline, nicotinic acid and caffeine in coffee. **Food Chemistry**, London, v. 68, n. 4, p. 481-485, Mar. 2000.

CHALFOUN, S. M. et al. Sensorial characteristics of coffee (*Coffea Arabica* L.) varieties in the alto paranaíba region. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 1, p. 39-48, 2013.

- CHRISTIE, W. W. **Gas chromatography and lipids**. Oxford: Pergamon, 1989. 191 p.
- CLARKE, R. J.; MACRAE, R. **Coffee: chemistry**. New York: Elsevier, 1985. v. 1, 320 p.
- CLEMENTE, A. C. S. et al. Operações pós-colheita e qualidade físico-química e sensorial de cafés. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 2, p. 233-241, abr./jun. 2015.
- CLIFFORD, M. N.; WIGHT, J. The measurement of feruloylquinic acids and cafeoilquinic acids in coffee beans development of the technique and its preliminary application to green coffee beans. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 27, n. 1, p. 73-84, Jan. 1976.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira café, v. 3: safra 2016, n. 2, segundo levantamento**. Brasília, DF, 2016. 99 p.
- CONSELHO DAS ASSOCIAÇÕES DE CAFEICULTORES DO CERRADO. **Dados da região**. 2016. Disponível em: <<http://www.cerradomineiro.org/>>. Acesso em: 20 jan. 2016.
- CONTI, M. C. D. et al. Características físicas e químicas de cafés torrados e moídos exóticos e convencionais. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 31, n. 1, p. 161-172, jan./jun. 2013.
- CONTI, C. M. D.; PRUDENCIO, S. H. Avaliações física, química e sensorial de cafés torrados e moídos, de diferentes categorias e marcas comerciais. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 7., 2011, Araxá. **Anais...** Araxá, 2011. 1 CD-ROM.
- CORADI, P. C.; BORÉM, F. M.; OLIVEIRA, J. A. Qualidade do café natural e despulpado após diferentes tipos de secagem e armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 2, p. 181-188, 2008.
- DESSALEGN, Y. et al. Genetic diversity and correlation of bean caffeine content with cup quality and green bean physical characteristics in coffee (*Coffea arabica* L.). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 88, n. 10, p. 1726-1730, Aug. 2008.

DIAS, E. C. et al. Processamento do café imaturo: efeito no perfil dos ácidos graxos. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 7., 2011, Araxá. **Anais...** Araxá, 2011. 1 CD-ROM.

FARAH, A.; DONANGELO, C. M. Phenolic compounds in coffee. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 18, n. 1, p. 23-36, Jan./Mar. 2006.

FASSIO, L. O. **Potencial de novas cultivares de *Coffea arábica* L. resistentes à ferrugem para a produção de cafés especiais**. 2014. 88 p. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

FERREIRA, A. D. et al. Análise sensorial de diferentes genótipos de cafeeiros Bourbon. **Interciencia**, Caracas, v. 37, n. 5, p. 390-394, maio 2012.

FERREIRA, D. F. **SISVAR**. Versão 5.3. Lavras: Ed. UFLA, 2010.

FIGUEIREDO, L. P. et al. Fatty acid profiles and parameters of quality of specialty coffees produced in different Brazilian regions. **African Journal of Agricultural Research**, Nairobi, v. 10, n. 35, p. 3484-3493, Aug. 2015.

FLAMENT, I. **Coffee flavor chemistry**. Chichester: J. Wiley, 2002. 424 p.

FRANÇA, A. S. et al. Physical and chemical attributes of defective crude and Roasted coffee beans. **Food Chemistry**, London, v. 90, n. 1/2, p. 89-94, Mar. 2005.

FRANCA, A. S.; MENDONÇA, J. C. F.; OLIVEIRA, S. D. Composition of green and roasted coffees of different cup qualities. **LWT - Food Science and Technology**, London, v. 38, n. 7, p. 709-715, Nov. 2005.

GIOMO, G. S.; BORÉM, F. M. Cafés especiais no Brasil: opção pela qualidade. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 32, n. 261, p. 7-16, mar./abr. 2011.

HURTADO-BENAVIDES, A.; DORADO, D. A.; SÁNCHEZ-CAMARGO, A. P. Study of the fatty acid profile and the aroma composition of oil obtained from roasted Colombian coffee beans by supercritical fluid extraction. **The Journal of Supercritical Fluids**, Amsterdam, v. 113, p. 44-52, July 2016.

ILLY, A.; VIANI, R. **Espresso coffee: the science of quality**. London: Academic, 2005. 398 p.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL. **Indicação geográfica no Brasil**. Disponível em: <<http://www.inpi.gov.br/menu-servicos/indicacao-geografica/indicacao-geografica-no-brasil>>. Acesso em: 5 ago. 2016.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Green coffee**: determination of loss in mass at 105°C: ISO 6673. Geneva, 2003. 17 p.

ISQUIERDO, E. P. et al. Quality of natural coffee subjected to different rest periods during the drying process. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 36, n. 4, p. 439-445, ago. 2012.

JHAM, G. N. et al. The use of fatty acid profile as a potential marker for Brazilian coffee (*Coffea arabica* L.) for corn adulteration. **Journal of Brazilian Chemical Society**, Campinas, v. 19, n. 8, p. 1462-1467, 2008.

KITZBERGER, C. S. G. et al. Composição química de cafés árabica de cultivares tradicionais e modernas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 48, n. 11, p. 1498-1506, Nov. 2013.

KY, C. L. et al. Caffeine, trigonelline, chlorogenic acids and sucrose diversity in wild *Coffea arabica* L. and *C. canephora* P. accessions. **Food Chemistry**, London, v. 75, n. 2, p. 223-230, Nov. 2001.

LIMA-FILHO, T. et al. Composição físico-química e qualidade sensorial de café conilon produzido no Estado do Espírito Santo e submetido a diferentes formas de processamento. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1723-1730, jul./ago. 2013.

LINGLE, T. R. **The coffee Cupper's handbook**: systematic guide to the sensory evaluation of Coffee's Flavor. 4<sup>th</sup> ed. Long Beach: Specialty Coffee Association of America, 2011. 66 p.

MARESCOTTI, A.; BELLETTI, G. Differentiation in coffee global value chains through reference to territorial origin in Latin American countries. **Culture e History Digital Journal**, Madrid, v. 5, n. 1, p. 1-14, June 2016.

MARTÍN, M. J. Fatty acid profiles as discriminant parameters for coffee varieties differentiation. **Talanta**, Amsterdam, v. 54, n. 2, p. 291-297, Apr. 2001.

MARTINEZ, H. E. P. et al. Nutrição mineral do cafeeiro e qualidade da bebida. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 61, p. 838-848, nov./dez. 2014. Suplemento.

MASI, C. et al. Sensory properties of under-roasted coffee beverages. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 78, n. 8, p. 1290-1300, 2013.

MAZZAFERA, P.; CARVALHO, A. Breeding for low seed caffeine content of coffee (*Coffea* L.) by interspecific hybridization. **Euphytica**, Wageningen, v. 59, p. 55-60, Jan. 1992.

MENDONÇA, L. V. L.; PEREIRA, R. G. F. A.; MENDES, A. N. G. Parâmetros bromatológicos de grãos crus e torrados de cultivares de café (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 2, p. 239-243, abr./jun. 2005.

MENEZES, H. C. **Variação dos monoisômeros e dos diisômeros do ácido cafeoil químico com a maturação de café**. 1990. 95 p. Tese (Doutorado)-Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1990.

MORI, E. E. et al. Brazil coffee growing regions and quality of natural, pulped natural and washed coffees. **Foods and Food Ingredients Journal of Japan**, Osaka, v. 208, n. 6, p. 416-123, 2003.

MOURA, S. C. S. R. et al. Influência dos parâmetros de torração nas características físicas, químicas e sensoriais do café arábica puro. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 10, n. 1, p. 17-25, jan./mar. 2007.

MURKOVIC, M.; DERLER, K. Analysis of amino acids and carbohydrates in green coffee. **Journal of Biochemical and Biophysical Methods**, Amsterdam, v. 69, n. 1/2, p. 25-32, Nov. 2006.

NUNES, C. A. et al. Chemoface: a novel free user-friendly interface for chemometrics. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v. 23, p. 2003-2010, Nov. 2012.

NUNES, R. et al. Incentives to differentiation strategies for Brazilian coffee producers. **Revista de Economia e Administração**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 165-179, abr./jun. 2013.

OLIVEIRA, L. S. et al. Proximate composition and fatty acids profile of green and roasted defective coffee beans. **LWT - Food Science and Technology**, London, v. 39, n. 3, p. 235-239, Mar. 2006.

PINTO, N. A. V. D. et al. Avaliação dos polifenóis e açúcares em padrões de bebida do café torrado tipo expresso. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 7, n. 3, p. 193-195, set./dez. 2001.

RODARTE, M. P. **Análise sensorial, química e perfil de constituintes voláteis de cafés especiais**. 2008. 147 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

RODRIGUES, N. P.; BRAGAGNOLO, N. Identification and quantification of bioactive compounds in coffee brews by HPLC-DAD-MSn. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 32, n. 2, p. 105-115, Dec. 2013.

ROMANO, R. et al. Identification markers based on fatty acid composition to differentiate between roasted Arabica and Canephora (Robusta) coffee varieties in mixtures. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 35, n. 1, p. 1-9, Aug. 2014.

SANTOS, M. A.; CHALFOUN, S. M.; PIMENTA, C. J. Influência do processamento por via úmida e tipos de secagem sobre a composição físico-química e química do café (*Coffea arabica* L). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 213-218, jan./fev. 2009.

SILVA, F. N. et al. Institucionalização das indicações geográficas no Brasil e na Espanha. **Ciência Rural**, Santa Maria, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/2013nahead/a24813cr2012-0796.pdf>>. Acesso em: 5 ago. 2016.

SILVA, P. A. Quality of coffee cultivated in Campos Gerais, Minas Gerais. **Acta Scientiarum. Technology**, Maringá, v. 38, n. 1, p. 1-5, Jan./Mar. 2016.

SILVA, R. F.; ASCHERI, J. L. R.; PEREIRA, R. G. F. A. Composição centesimal e perfil de aminoácidos de arroz e pó de café. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 18, n. 3, p. 325-330, jul./set. 2007.

SILVA, S. A.; LIMA, J. S. S.; ALVES, A. I. Estudo espacial do rendimento de grãos e porcentagem de casca de duas variedades de *Coffea arabica* L. visando a produção de café de qualidade. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 4, p. 558-565, jul./ago. 2010.

SIQUEIRA, H. H. de; ABREU, C. M. P. de. Composição físico-química e qualidade do café submetido a dois tipos de torração e com diferentes formas de processamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 1, p. 112-117, jan./fev. 2006.

SMITH, A. W. Introduction. In: CLARKE, R. J.; MACRAE, R. (Ed.). **Coffee: chemistry**. New York: Elsevier Applied Science, 1985. v. 1, chap. 1, p. 1-41.

SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA. **Green coffee standards**. Disponível em: <<http://www.scaa.org>>. Acesso em: 25 mar. 2016.

SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA. **SCAA protocols cupping specialty coffee**. 2015. Disponível em: <<http://scaa.org/PDF/resources/cupping-protocols.pdf>>. Acesso em: 22 jul. 2016.

SUNARHARUM, W. B.; WILLIAMS, D. J.; SMYTH, H. E. Complexity of coffee flavor: a compositional and sensory perspective. **Food Research International**, Amsterdam, v. 62, p. 315-325, Aug. 2014.

TAVEIRA, J. H. S. et al. Post-harvest effects on beverage quality and physiological performance of coffee beans. **African Journal of Agricultural Research**, Nairobi, v. 10, n. 12, p. 1457-1466, Mar. 2015.

TOCI, A. T. et al. Changes in triacylglycerols and free fatty acids composition during storage of roasted coffee. **LWT - Food Science and Technology**, London, v. 50, n. 2, p. 581-590, Mar. 2013.

TRUGO, L. C.; MACRAE, R. A study of the effect of roasting on the chlorogenic acid composition of coffee using HPLC. **Food Chemistry**, London, v. 15, n. 3, p. 219-227, 1984.

VILLARREAL, D. et al. Genotypic and environmental effects on coffee (*Coffea arabica* L.) bean fatty acid profile: impact on variety and origin chemometric determination. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 57, n. 23, p. 11321-11327, Nov. 2009.

### CAPÍTULO 3

## ATRIBUTOS SENSORIAIS E CONSTITUINTES VOLÁTEIS DE CAFÉS ESPECIAIS DA REGIÃO DO CERRADO MINEIRO

### RESUMO

As técnicas de processamento pós-colheita têm um impacto relevante na qualidade do café e no seu perfil aromático. Assim, o objetivo, no presente estudo, foi correlacionar os atributos sensoriais de cafés especiais (*Coffea arabica* L.) do Cerrado Mineiro oriundos de diferentes tipos de processamento pós-colheita e seus constituintes voláteis, visando estabelecer os principais compostos discriminadores desses cafés. Foram utilizadas 10 amostras de cafés especiais oriundas da região do Cerrado Mineiro submetidas ao processamento natural e cereja descascado. O delineamento foi inteiramente casualizado (DIC), sendo cinco amostras de cada tipo de processamento e duas diferentes formas de processamento pós-colheita. Os grãos foram torrados seguindo o protocolo para cafés especiais da SCAA, que também foi utilizado na avaliação sensorial dos cafés especiais, com atribuição de notas para fragrância/aroma, acidez, corpo, sabor, sabor residual, doçura, uniformidade, xícara limpa, balanço e impressão global. Os constituintes voláteis foram analisados utilizando-se a técnica de microextração em fase sólida (SPME) por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de componentes principais (ACP). Os principais compostos identificados nos cafés foram furanos, pirazina, cetonas, pirróis, álcoois e aldeídos. Na análise sensorial os cafés A (natural) e F (cereja descascado) foram os que apresentaram maior nota para os atributos sensoriais e nota final para cada tipo de processamento. Os álcoois, pirróis, cetonas e pirazinas foram as classes de compostos voláteis que mais contribuíram para a discriminação da amostra A, que recebeu maior nota sensorial entre os cafés naturais. Os compostos voláteis que mais contribuíram para a distinção da amostra F entre os cafés cereja descascado foram as pirazinas, os fenóis e as cetonas.

**Palavras-chave:** Café arábica. Qualidade. Análise sensorial. Compostos voláteis. Processamento pós-colheita.



## ABSTRACT

Post-harvest processing techniques have a relevant impact on coffee quality and aromatic profile. Therefore, the study objective was to correlate the Cerrado Mineiro special coffee sensorial attributes (*Coffea arabica L.*) originating from different types of post-harvest processing and their volatile constituents, in order to establish the main discriminant compounds of these coffees. Ten samples of special coffee from the Cerrado Mineiro region were submitted to natural processing and pulped. The Completely Randomized Design (CRD) was used, with five samples of each type of processing and two different forms of post-harvest processing. The grains were roasted following the SCAA protocol for special coffees, which was also used in the special coffees sensorial evaluation, with grade attribution for fragrance / aroma, acidity, body, taste, residual taste, sweetness, uniformity, clean cup, balance and overall impression. The volatile constituents were analyzed using the solid-phase microextraction technique (SPME) by gas chromatography coupled to mass spectrometry. The results were submitted to Principal Component Analysis (PCA). The main compounds identified in the coffees were furans, pyrazine, ketones, pyrroles, alcohols and aldehydes. In the sensorial analysis the coffees A (natural) and F (pulped coffee) were presented higher grade for the sensorial attributes and final grade for each type of processing. The alcohols, pyrroles, ketones and pyrazines were the classes of volatile compounds that contributed the most to the discrimination of sample A, which received higher sensorial grade among natural coffees. The volatile compounds that contributed the most to the F sample distinction among pulped coffee were pyrazines, phenols and ketones.

**Keywords:** Arabica coffee. Quality. Sensorial Analysis. Volatile Compounds. Post-harvest processing.

## 1 INTRODUÇÃO

A qualidade do café e suas características sensoriais dependem de diversos fatores relacionados à sua cadeia produtiva e são influenciadas, principalmente, pela origem geográfica, o clima, os métodos de processamento de colheita e pós-colheita, o armazenamento e a industrialização (SUNARHARUM; WILLIAMS; SMYTH, 2014; TOCI; FARAH, 2008). Para a avaliação da qualidade do café, o sabor e o aroma são os principais atributos avaliados (TOLEDO et al., 2016).

O aroma do café é formado por uma mistura complexa de compostos voláteis, presentes em diferentes concentrações. A maior parte desses compostos é gerada durante o processo de torração, por meio de diversas reações químicas, como, por exemplo, reação de Maillard, degradação de Strecker e caramelização (FISK et al., 2012; TOLEDO et al., 2016).

No café torrado já foram identificados mais de 900 compostos voláteis que podem ser divididos em diferentes classes químicas, incluindo furanos, pirazinas, cetonas, tiofenos, fenóis, hidrocarbonetos, ácidos e anidridos, aldeídos, ésteres e álcoois, entre outros (FLAMENT, 2002). No entanto, o aroma desejável do café é resultado de um suave equilíbrio na composição de compostos voláteis e acredita-se que apenas 5% destes compostos sejam realmente perceptíveis pelo olfato humano e são, portanto, capazes de afetar o aroma do café (TOLEDO et al., 2016; YERETZIAN; JORDAN; LINDINGER, 2003). Entre estes compostos, destacam-se as pirazinas, seguida de furanos, aldeídos, cetonas, fenóis e compostos sulfurados, entre outros (AKIYAMA et al., 2005; SANZ et al., 2002). A contribuição de cada um desses compostos pode ser variada, podendo, ainda, ocorrer sinergismos entre os compostos aromáticos presentes no café.

Outro fator a ser considerado é o seu impacto odorífero, pois independe de suas concentrações, ou seja, compostos presentes em baixas concentrações podem apresentar maior impacto no aroma do que outros presentes em grandes quantidades.

As técnicas de processamento pós-colheita podem influenciar o perfil aromático do café e, conseqüentemente, a qualidade de sua bebida (TOCI; FARAH, 2014; TOLEDO et al., 2016). Vários compostos de diferentes classes químicas têm sido apontados como importantes marcadores voláteis do processamento de café cru e torrado, incluindo 2,3-butanodiol, 4-metoxifenol, 4-etilguaiacol, 4-vinilguaiacol e 2-hidroxi-3-metil-ciclopenten-1-ona. Arruda et al. (2012) analisaram os efeitos do processamento por via seca (natural) e por via úmida (desmucilado e despulpado) no perfil de compostos voláteis presentes nos grãos torrados de café arábica e relataram que o café desmucilado apresentou o maior teor de fenóis voláteis (4-metoxifenol, 4-etilguaiacol e 4-vinilguaiacol), seguido do café despulpado e o café natural. Segundo Clarke e Macrae (1985), os guaiacóis são compostos de impacto para o aroma do café torrado e são formados a partir do ácido ferúlico ou por descarboxilação de ácidos clorogênicos. Os autores também relataram que porcentagens elevadas de cetonas alicíclicas insaturadas, principalmente 2-hidroxi-3-metil-ciclopenten-1-ona, foram encontradas no café desmucilado. Estes compostos estão associados com o aroma doce de caramelo, que tende a melhorar o sabor do café e estão relacionados com a degradação de carboidratos.

Diversos estudos avaliaram a composição aromática de cafés especiais e a associaram às suas características sensoriais (BHUMIRATANA; ADHIKARI; CHAMBERS, 2011; CHEONG et al., 2013; PICCINO et al., 2014; RIBEIRO et al., 2009; RISTICEVIC; CARASEK; PAWLISZYN, 2008). No entanto, poucos pesquisadores têm tentado correlacionar o tipo de processamento pós-colheita com o perfil aromático do café (ARRUDA et al., 2012; GONZÁLEZ-RIOS et

al., 2007a, 2007b). Assim, este trabalho foi realizado com o objetivo de analisar o perfil volátil e sensorial de cafés especiais (*Coffea arabica* L.) do Cerrado Mineiro, provenientes de diferentes formas de processamento pós-colheita, visando identificar os principais grupos de compostos discriminadores para a qualidade desses cafés.



## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Matéria-prima e locais de execução**

Foram utilizadas dez amostras de cafés especiais (*Coffea arabica* L.) da safra de 2013, provenientes da região do Cerrado Mineiro, oriundas dos processamentos natural (A, B, C, D e E) e cereja descascado (F, G, H, I e J), classificadas como tipo 2 para melhor, peneira 16 acima, com vazamento máximo de 5% e umidade máxima de 11%. As amostras foram selecionadas por meio do concurso I Prêmio Região do Cerrado Mineiro, realizado em 2013 e foram fornecidas pelo Conselho das Associações de Cafeicultores do Cerrado (CACCCER). No concurso foram selecionadas 15 amostras finalistas para cada categoria (natural e cereja descascado), das quais foram utilizadas, neste estudo, cinco amostras de café natural e cinco descascadas, escolhidas de forma aleatória, tendo como critério notas acima de 85 pontos na avaliação sensorial, segundo protocolo da SCAA (SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA - SCAA, 2015).

As análises foram realizadas no Polo de Tecnologia em Qualidade do Café da Universidade Federal de Lavras (UFLA), na Central de Análises e Prospecção Química (CAPQ), nos departamentos de Química da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e da UFLA e no Laboratório de Qualidade do Café da Epamig de Lavras.

### **2.2 Torração das amostras**

As amostras foram previamente torradas utilizando-se um torrador Probat Leogap (TP2) com capacidade para 150 g de amostra, monitorando-se a temperatura e o tempo de torração. A temperatura inicial do torrador foi de 150

°C e o tempo de torração foi monitorado com o uso de um cronômetro (8 a 12 minutos), de acordo com recomendações do protocolo da Associação Americana de Cafés Especiais (SCAA, 2015). O ponto final da torração foi avaliado utilizando-se o AGTRON (M-Basic II) com a cor dos grãos entre #55 e #65, de acordo com as recomendações da SCAA para a torração de cafés especiais. Após a torração e o resfriamento, as amostras foram acondicionadas em embalagem de polipropileno, seladas a vácuo e armazenadas em freezer até a realização das análises físico-químicas, químicas e sensorial.

### **2.3 Análise sensorial**

A análise sensorial foi realizada de acordo com o protocolo de análise sensorial da Associação Americana de Cafés Especiais utilizando-se a metodologia proposta por Lingle (2011) para avaliação sensorial de cafés especiais com atribuição de notas para fragrância/aroma, acidez, corpo, sabor, doçura, uniformidade, xícara limpa, equilíbrio, finalização e impressão global. Todas as amostras foram torradas com antecedência mínima de 12 horas à degustação. O resultado final da avaliação sensorial foi obtido de acordo com a escala de pontuação da SCAA (com notas que variam de 0 a 10 pontos). As amostras foram moídas em granulometria de 20 mesh e, em seguida, foram preparadas cinco xícaras de cada amostra para a degustação, para avaliar a uniformidade, respeitando-se a proporção de 8,25 g por 150 mL de água ou 5,5% m/v. A avaliação foi realizada por cinco provadores credenciados pela SCA, que receberam todas as amostras codificadas.

## 2.4 Análise dos constituintes voláteis

### 2.4.1 Extração dos compostos voláteis

A fibra SPME Divinilbenzen/Carboxen/Polidimetilsiloxano (DVB/CAR/PDMS) 50/30 $\mu$ m Supelco® foi utilizada para a extração dos voláteis por *headspace* das amostras de café torrado e moído. Antes do uso, a fibra foi condicionada de acordo com as recomendações do fabricante. Para a análise foram utilizados 2,5 g de café torrado e moído, acondicionados em frasco de 5 mL, com selo de politetrafluoretileno (PTFE). Antes da exposição da fibra foi realizado um aquecimento da amostra a 70 °C, por 10 minutos. A seguir, a fibra SPME foi exposta, por 30 minutos, ao *headspace*, a 70 °C, nos frascos de microrreação. Após esse período, a fibra foi inserida no injetor do cromatógrafo para a dessorção dos voláteis coletados por 10 minutos, a 250 °C.

### 2.4.2 Análise cromatográfica

As análises cromatográficas foram realizadas em um cromatógrafo a gás acoplado a um espectrômetro de massas modelo GCMS-QP 2010 PLUS. Foi utilizada a coluna capilar RTX-5MS 30 m x 0,25 mm (diâmetro interno) x 0,25  $\mu$ m (espessura filme) Restec®, utilizando-se gás hélio como gás de arraste com fluxo de 1 mL/min e injeções em modo *splitless*. A rampa de temperatura utilizada nas análises foi: 40 °C/5min; 180 °C a 3 °C/min; 250 °C a 10 °C /min por 5 minutos. O programa utilizado para a obtenção dos cromatogramas e espectros de massa foi o GCMS Solutions Version 2.50 SU3, Shimadzu®. A identificação dos compostos foi realizada com base nos espectros de massas obtidos com ionização por elétrons a 70 eV, numa faixa de 45-650 *m/z*, temperatura da fonte de íons de 200 °C e tempo de corte do solvente de 0,2 minutos. A identificação dos picos foi realizada pela comparação do espectro de



massas obtido utilizando-se as bibliotecas WILEY 8 e FFNSC, considerando um nível de similaridade (RSI) maior que 800. O índice de retenção linear foi calculado para cada composto a partir da injeção de padrão n-alcenos (C8-C40).

## **2.5 Análise estatística**

Para analisar os atributos sensoriais e os grupos de compostos voláteis do café foi utilizada a análise multivariada, por meio da análise de componentes principais (PCA), utilizando-se o programa Chemoface versão 1.5 (NUNES et al., 2012).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1.1 Análise de componentes principais dos atributos sensoriais

Para avaliar a influência dos atributos sensoriais fragrância/aroma; sabor, acidez, corpo, finalização equilíbrio e global na discriminação dos cafés especiais foi realizada a análise de componentes principais utilizando-se os biplots. Os resultados estão apresentados na Figura 1 (A), para os cafés naturais e (B), para os cereja descascados.

Figura 1 - Biplot da PCA dos atributos sensoriais dos cafés especiais submetidos ao processamento natural (A) e cereja descascado (B). (Continua)

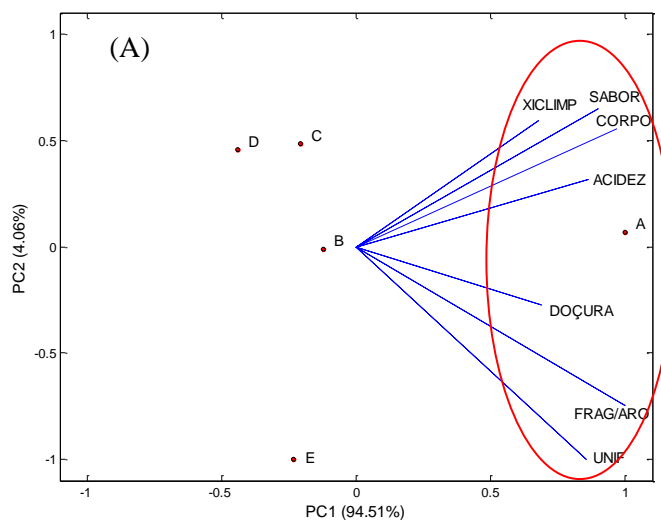
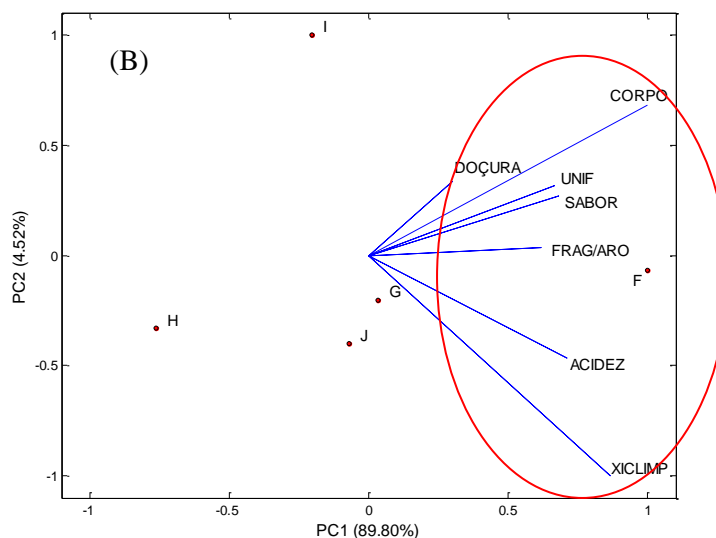


Figura 1 - Biplot da PCA dos atributos sensoriais dos cafés especiais submetidos ao processamento natural (A) e cereja descascado (B). (Conclusão)



Para os cafés naturais, as duas primeiras componentes principais explicaram, juntas, 98,57% da variabilidade dos dados da análise sensorial, sendo que a primeira componente (PC1) explicou 94,51% e a segunda (PC2) 4,06%. A amostra A discriminou das demais amostras e todos os atributos sensoriais analisados contribuíram para essa discriminação. As amostras B, C e D ficaram agrupadas mais próximas e a amostra E foi a que mais distinguiu das demais.

Dentre os cafés cereja descascado, a amostra F foi discriminada das demais e os atributos fragrância e acidez foram os que mais influenciaram, seguidos de sabor, xícara limpa, uniformidade, corpo e doçura. A acidez é um atributo importante para a qualidade da bebida do café e, geralmente, seu conteúdo está inversamente correlacionado com a doçura (SUNARHARUM; WILLIAMS; SMYTH, 2014). As amostras G e J ficaram mais próximas da amostra F, seguida da amostra H. O café I foi o que mais diferiu dos demais, apresentando baixo valor para xícara limpa e acidez. Diferenças no perfil

sensorial dos cafés pertencentes ao mesmo tipo de processamento pós-colheita podem estar relacionadas à variedade genética do material. Além disso, variações nos fatores edafoclimáticos, como altitude, solo e microclima, devem ser consideradas.

Bertrand et al. (2012) avaliaram a influência dos fatores climáticos sobre a impressão volátil e a qualidade sensorial do café arábica e concluíram que o aroma, a acidez, o sabor frutado e a qualidade global foram favorecidos pelo clima frio, enquanto os sabores relacionados à terra e ao gosto de café verde (indesejáveis) estavam correlacionados ao aumento da temperatura durante o desenvolvimento do fruto. Para Toledo et al. (2016), a qualidade do café depende dos fatores climáticos da região, especialmente (umidade, temperatura e precipitação) na época da colheita e da pós-colheita.

### **3.2 Perfil volátil do café**

O perfil dos constituintes voláteis dos cafés especiais provenientes dos processamentos via seca (natural) e úmida (descascado) foi analisado e os resultados estão apresentados nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1 - Identificação dos compostos voláteis encontrados nas amostras de café torrado provenientes do processamento por via seca (natural), pela técnica de SPME. (Continua)

9  
11

Classe	Composto	IRL <sub>exp</sub>	IRL <sub>ref.</sub>	ID	Área dos compostos				
					A	B	C	D	E
Ácidos	Ácido acético	-	600	B	5380265	3605474	47556261	46066277	4248299
	Ácido-3-metilbutanoico	882	880	A/B	1073342	1060401	5140810	796009	208598
	Ácido propanoico	-	-	B	-	-	41301	45477	50129
Álcoois	Etanol	-	-	B	-	-	80666	185338	89979
	Etanol-2-mercaptop	-	-	B	1887478	1643733	1068962	1749254	1181917
	3,7-dimetilocta-1,6-dien-3-ol (linalol)	1104	1109	A/B	-	1180790	461722	607832	671316
	Ciclo-hexanol	142	-	B	-	160594	187265	-	186267
	3-mercaptop-3-metilbutan-1-ol	977	-	B	344813	423214	234293	172843	223171
	1-octin-4-ol	1470	-	B	-	290769	123460	-	-
	Hexadecan-1-ol	2184	-	B	2132475	279241	-	245583	-
	Butano-2,3-diol	813	-	B	1741118	349601	548759	12539	-
Aldeídos	Butanal	-	-	B	877286	1018627	394264	887175	-
	Butanal, 2-metil	-	670	B	-	-	1318818	3655155	-
	Butanal, 3-metil	-	645	B	5561368	4282404	5145105	4077632	1959300
	2-fenilacetaldeído	1046	1049	A/B	2096577	1724182	2343670	1726389	853096
	Nonanal	1106	1100	A/B	-	404940	236714	340065	264106
	Decanal	1207	1211	A/B	304909	638131	359835	236094	751621
	2,2-dietilbutanal	1201	-	B	126882	67770	768107	964901	127318
	Dodecanal	1406	1413	A/B	-	263646	205848	352708	-
	4-butilbenzaldeído	1184	-	B	415783	422101	443911	576738	491337

Tabela 1 - Identificação dos compostos voláteis encontrados nas amostras de café torrado provenientes do processamento por via seca (natural), pela técnica de SPME. (Continua)

Classe	Composto	IRL <sub>exp</sub>	IRL <sub>ref</sub>	ID	Área dos compostos				
					A	B	C	D	E
Cetonas	2,3- butanodiona	-	598	B	1073816	946681	907528	922066	710388
	2,3 – pentanodiona	-	-	B	5464705	3424283	4991964	3288997	2378856
	3-hidroxi-2- metilpiran-4-ona (maltol)	1118	1120	A/B	2454529	330111	174986	250264	236183
	3 hidroxi-2- etilpiran-4-ona	1196	1193	A	946245	80048	818359	-	-
	Ciclopentanona	915	912	A	4984766	5981867	6512491	4600069	3668979
	Octa-1,6-dieno	853	852	A	-	-	-	462431	394227
	3,6-heptanodiona	1030	-	B	693518	711114	881046	872328	542012
	2-hidroxi-3- metilciclopent-2- en-1-ona	1036	-	B	7540323	7095024	6598532	7143386	1491941
	3- metilciclopentano- 1,2-diona	1067	1069	A/B	827216	875650	963074	927136	797786
	3-metilciclo-hexa- 1,2-diona	1094	1099	A/B	2594209	2513206	2487063	2644082	2615754
	2-metil-3- hexanona	-	-	B	410527	437560	189538	333196	311398
	B-damascenona	1384	1379	A/B	491899	753698	495534	420369	513078
	2-butanona-1- acetiloxi	974	-	B	4433398	4388036	3948046	4818046	3668618
	Ciclo-hexanona-3- metil	1085	-	B	510108	135985	111832	182240	124781

Tabela 1 - Identificação dos compostos voláteis encontrados nas amostras de café torrado provenientes do processamento por via seca (natural), pela técnica de SPME. (Continua)

11

Classe	Composto	IRL <sub>exp</sub>	IRL <sub>ref.</sub>	ID	Área dos compostos				
					A	B	C	D	E
	Ciclo-hexano-1,2-dione-3-metil	1126	-	B	1367943	1301143	1085318	1647978	1075344
	4-hexen-3-one-4,5-dimetil	1103	-	B	858167	1548371	544639	966464	879205
	3-hexanona-2,4-dimetil	1205	-	B	-	393429	403227	298307	652538
	2,2,4,4-tetrametil-3-pentanona	1152	-	B	-	210291	218476	309499	218089
Fenóis	Fenol	-	-	B	782500	771675	638472	938606	595694
	4-vinil-guaiacol	1321	-	B	9692963	12147124	2349870	11121505	9968344
	4-etil-guaiacol	1283	-	B	400445	762970	628279	609841	930813
Furanos	2-furanmetanol	875	870	A	116627307	118538172	121101625	-	-
	2-furanmetanol acetato	867	865	A/B	392929	622751	316597	109153425	98486736
	Furfural	838	832	A/B	47087156	38801812	47576632	41717417	32258635
	2-furancarboxialdeído-5-metil	-	-	B	-	-	-	220951	-
	2-Metilfurano	-	-	B	3249287	3976233	2817454	4452000	5187582
	Furan-2,5-dimetil	-	-	B	485996	444903	243280	534491	521408
	2-metilfuran-3-ona	819	-	B	5401597	4893493	4737025	4106540	3209101
	2-etenil-5-metilfurano	830	-	B	1951829	3234928	2292436	3213205	3187658
	2,2-bifurano	1040	-	B	1021008	676286	605973	579473	455904

Tabela 1 - Identificação dos compostos voláteis encontrados nas amostras de café torrado provenientes do processamento por via seca (natural), pela técnica de SPME. (Continua)

Classe	Composto	IRL <sub>exp</sub>	IRL <sub>ref</sub>	ID	Área dos compostos				
					A	B	C	D	E
	Furfuril propanoato	1091	-	B	1601425	86195	895069	139654	343621
	Furfuril pentanoato	1224	-	B	1342642	1589574	1527403	1500511	1961167
	2,5-furanodiona-3,4-dimetil	1044	1049	A/B	134435	230860	171588	292502	195549
	2-Furfurilfurano	1086	-	B	882480	2133341	826851	2261189	2223994
	Furan-2-pentil	1174	1176	A/B	2667950	2434090	2039993	3633459	1805333
	5-metil -2-(3H)-furanona	1042	-	B	768974	159170	189389	164178	69681
	Furan-2-octil	1271	-	B	168795	192026	243230	364539	367009
	Furan-2-acetil-5-metil	979	-	B	550532	14986	47835	-	143583
	1-propan-1,2 – furanil	1012	-	B	1309731	1216818	1154416	1030027	748704
	1-(5-metil-2-furil)-propanona	1068	1072	A/B	2195260	1612535	1942243	1481485	1084206
	1,2-furil-2-butanona	1057	-	B	800865	1114369	776621	1015593	587855
	4-hidroxi-2,5-dimetil-3(2H)-furanona	1090	1095	A/B	797867	341887	475616	328949	66798
	2,5-furanodiona-3-etil-4-metil	1110	-	B	777559	912009	995620	675138	372532
	1-propanona, 1-(5-metil-2-furanil)	1134	-	B	-	503636	108075	170177	135233
	5-furfuril-5-metilfurano	1186	1184	A	3649254	4400856	443911	4451182	4740943
	2-furfuriltiol	803	805	A/B	1337324	12039	122311	237769	255243



Tabela 1 - Identificação dos compostos voláteis encontrados nas amostras de café torrado provenientes do processamento por via seca (natural), pela técnica de SPME. (Continua)

12  
0

Classe	Composto	IRL <sub>exp</sub>	IRL <sub>ref.</sub>	ID	Área dos compostos				
					A	B	C	D	E
	Furan-2-metoximetil	1156	-	B	715723	2229325	774419	2594104	2301022
	But-3-en-2-ona-4-(2-furil)	1234	-	B	412774	679437	191912	64225	521483
	2-acetil-5-metilfurano	1296	-	B	353767	559952	358783	764787	739655
	5-metil-furfuril-acetato	1316	-	B	977218	234712	1646901	231971	99877
Pirazinas	Pirazina	-	-	B	5781212	6246949	4573782	5794293	5747615
	Acetilpirazina	1021	1022	A/B	882885	915041	365251	786862	673409
	2-metilpirazina	824	827	A/B	34457534	32108699	24059416	31679216	30693860
	2,5-dimetilpirazina	906	900	A/B	-	-	-	1071125	1181680
	2,6-dimetilpirazina	917	913	A/B	33370650	12283118	10868828	13269570	1653740
	2,3-dimetilpirazina	923	928	A/B	2477872	2953134	955721	2163216	3183009
	2-etil-3-metilpirazina	1008	-	B	658801	729859	503972	804639	1038585
	2-etil-5-metilpirazina	971	976	A/B	59742499	53217574	49589254	52923562	47202835
	2-etil-6-metilpirazina	1001	1003	A	20506232	22120269	19048725	21209715	22406007
	2-etil-3,5-dimetilpirazina	1081	1079	A/B	5333550	4582439	3292606	4543658	6035100

Tabela 1 - Identificação dos compostos voláteis encontrados nas amostras de café torrado provenientes do processamento por via seca (natural), pela técnica de SPME. (Continua)

12

Classe	Composto	IRL <sub>exp</sub>	IRL <sub>ref.</sub>	ID	Área dos compostos				
					A	B	C	D	E
	2-etilpirazina	918	916	A/B	-	773754	810564	1391692	1245485
	2,3,5-trimetilpirazina	1005	1000	A/B	559929	575174	311408	711650	795847
	2-acetil-3-metilpirazina	1121	1120	A/B	1826116	673659	696216	666826	663442
	2-acetil-3,5-dimetilpirazina	1199	-	B	-	148952	4774877	67219	134693
	2-cloro-3-(2-metoxietoxi)pirazina	1425	-	B	-	303239	321028	128941	384883
	2-vinilpirazina	932	938	A/B	1581266	1941923	833838	1070108	1082909
	2-metil-6-vinilpirazina	1018	1022	A/B	2133018	2160522	1609858	2148934	1570187
	3,5-dietil-2-metilpirazina	1160	1168	A/B	1146385	1037248	891515	1367230	1658859
	1-(3-metil-2-pirazinil)-1-etanona	1117	-	B	-	2525636	2555508	3285886	2604913
	1-(6-metil-2-pirazinil)-1-etanona	1122	1125	A/B	-	539287	1077962	1305354	1340899
	5-Metil-6,7-dihidro-5-H-Ciclopentapirazina	1142	-	B	2818679	698172	1314825	904198	1108999
	2-metil-6,7-dihidro-5-H-ciclopentapirazina	1199	-	B	229343	791369	196511	973019	1137431

Tabela 1 - Identificação dos compostos voláteis encontrados nas amostras de café torrado provenientes do processamento por via seca (natural), pela técnica de SPME. (Continua)

12  
2

Classe	Composto	IRL <sub>exp</sub>	IRL <sub>ref.</sub>	ID	Área dos compostos				
					A	B	C	D	E
Piridinas	Piridina	-	772	B	22560288	22282041	21543234	24839566	23269522
	Piridina-2-metil	819	-	B	-	165052	102494	248677	139509
	Piridina-3-etil	962	-	B	1546352	59126	72928	1103518	842267
	2-acetil-4-metilpiridina	1114	-	B	-	65796	77192	67086	445141
	5-isobutilpirimidina	1112	-	B	-	-	174986	-	-
Pirróis	Pirrol	-	739	B	-	664528	508418	731691	494977
	Furfurilpirrol	1136	1135	A	15053112	7765052	10357867	7919642	9508644
	1-metil -1- H-pirrol	-	-	B	821017	835363	788901	834757	675227
	3-metil -1-H-pirrol	847	-	B	-	163540	99555	-	-
	2-acetil-pirrol	1074	1076	A/B	7260584	4393705	6061057	2560550	4013180
	2-acetil-1-metil-pirrol	1077	-	B	2096881	2642371	2347789	2679002	2708342
	1-H-pirrol-2-carboxaldeído	1026	-	B	2434061	2971553	1836829	1433084	892786
	1-furfuril-2-acetil-pirrol	1442	-	B	107946	190409	178684	318978	290368
	1-H- pirrol -2-carboxaldeído-1-metil	1012	1014	A/B	2443528	3064639	2784686	2931629	2904292
	1-etil-2-pirrol-carboxaldeído	1157	-	B	2086997	61859	383867	110909	71312
	1-metil-2-pirrol-carboxaldeído	1295	-	B	456549	564262	519331	489868	353611

Tabela 1 - Identificação dos compostos voláteis encontrados nas amostras de café torrado provenientes do processamento por via seca (natural), pela técnica de SPME. (Conclusão)

Classe	Composto	IRL <sub>exp</sub>	IRL <sub>ref.</sub>	ID	Área dos compostos				
					A	B	C	D	E
Tiazóis	1-H-pirrol-1-(2-furan-metil)	1186	-	B	4321514	4854578	3897824	5057516	5098470
	1-H-pirrol-1-etil	815	-	B	-	1925894	1571474	54004	42021
	Indole	-	-	B	-	318012	286226	332614	434391
	4-metil-1,3 tiazol	817	-	B	-	89945	194889	174180	141407
	2-propil-4-metiltiazol	1112	-	B	-	60044	78349	43686	76109

IRL = Índice de Retenção Linear: Calculado com o uso de padrão de hidrocarbonetos (n-alcanos C8:C40).

ID = Identificação: A = literatura (ADAMS, 2007; RISTICEVIC; CARASEK; PAWLISZYN, 2008; RODRIGUES; PORTUGAL; NOGUEIRA, 2012; PICCINO et al., 2014) e B= Bibliotecas WILEY 8 e FFNSC 1.2.

Tabela 2 - Identificação dos compostos voláteis encontrados nas amostras de café torrado, provenientes do processamento por via úmida (descascado), pela técnica de SPME. (Continua)

4  
12

Classe	Composto	IRL <sub>exp</sub>	IRL <sub>ref.</sub>	ID	Área dos compostos				
					F	G	H	I	J
Ácidos	Ácido acético	-	600	B	35459118	46257659	51587991	49002210	46674696
	Ácido-3-metilbutanoico	882	880	A/B	6816521	-	6501445	6860247	-
	Ácido propanoico	-	-	B	50271	66804	44345	38325	190446
Álcoois	Etanol	-	-	B	132945	85773	119329	125577	131375
	Etanol-2-mercapto	-	-	B	2529229	1398841	1955413	2280671	2047777
	3,7-dimetilocta-1,6-dien-3-ol (linalol)	1104	1109	A/B	922430	957974	885226	888610	824460
	Ciclo-hexanol	1426	-	B	-	313370	38638	-	-
	3-mercapto-3-metilbutan-1-ol	977	-	B	348625	346315	289058	221264	513770
	1-octin-4-ol	1470	-	B	-	66055	633947	2161286	49676
	Hexadecan-1-ol	2184	-	B	344192	304151	206037	212400	130763
	Butano - 2,3-diol	813	-	B	-	-	-	-	-
	2-pentanol	-	-	-	-	-	-	-	-
Aldeídos	Butanal	-	-	B	-	522890	559619	692990	651320
	Butanal, 2- metil	-	670	B	2355054	2234048	3053271	3386918	1216215
	Butanal, 3- metil	-	645	B	3706845	3885740	3703910	3200365	3453329
	2-fenilacetaldeído	1046	1049	A/B	1931063	1770355	2132067	1567772	2129487
	Nonanal	1106	1100	A/B	-	264894	979720	430315	476111
	Decanal	1210	1211	A/B	235629	459917	1274558	772362	757348
	2,2-dietilbutanal	1201	-	B	364691	959987	882084	935727	-
	Dodecanal	1409	1413	A/B	-	296618	512123	-	338322
4-butilbenzaldeído	1184	-	B	662037	554517	709838	665998	563005	

Tabela 2 - Identificação dos compostos voláteis encontrados nas amostras de café torrado, provenientes do processamento por via úmida (descascado), pela técnica de SPME. (Continua)

12  
5

Classe	Composto	IRL <sub>exp</sub>	IRL <sub>ref.</sub>	ID	Área dos compostos				
					F	G	H	I	J
Cetonas	2,3- butanodiona	-	598	B	1006470	954786	840445	830516	1024596
	2, 3 - pentanodiona	-	-	B	4242220	2940881	4583286	4105273	4634658
	3-hidroxi-2-metilpiran-4-ona (maltol)	1121	1120	A/B	286454	145085	449511	475861	22340
	3 hidroxi-2-etilpiran-4-ona	1197	1193	A	97848	28810	78248	68326	62456
	Ciclopentanona	915	912	A	5097803	4350516	5488143	5331065	4958630
	Octa-1,6-dieno	853	852	A	575593	56830	650826	597491	614702
	3,6-heptanodiona	1030	-	B	972579	673389	943460	847859	837059
	2-hidroxi-3-metilciclopent-2- en-1-one	1036	-	B	7556412	5840153	6514027	7096682	5796762
	3-metilciclopentano-1,2-diona	1062	1069	A/B	1149580	908295	1110328	1235097	1209212
	3-metilciclo-hexa-1,2-diona	1094	1099	A/B	2741657	2348308	2761072	2044733	2237956
	2-metil-3-hexanona	-	-	B	407585	244489	355709	347975	-
	B-damascenona	1384	1379	A/B	476358	571412	451445	420267	564307
	2-butanona-1-acetiloxi	974	-	B	4291367	3763237	4273234	4693680	4260002
	Ciclo-hexanona-3-metil	1085	-	B	211519	-	265352	223531	1770900
	Ciclo-hexano-1,2-dione-3- metil	1126	-	B	2074220	1447190	1469984	1724287	1125768
	4-hexen-3-one-4,5-dimetil	1103	-	B	1185653	662989	885226	969861	618430
	3-hexanona-2,4-dimetil	1205	-	B	463805	885681	42370	484681	925238
2,2,4,4-tetrametil-3-pentanona	1152	-	B	597575	628051	170498	288407	228842	
Fenóis	Fenol	-	-	B	828461	546548	749180	765089	722217
	4-vinil-guaiacol	1321	-	B	12563240	10551332	11706790	13244987	11786725
	4-etil-guaiacol	1283	-	B	805928	1802321	905207	563013	534077

Tabela 2 - Identificação dos compostos voláteis encontrados nas amostras de café torrado, provenientes do processamento por via úmida (descascado), pela técnica de SPME. (Continua)

6  
12

Classe	Composto	IRL <sub>exp</sub>	IRL <sub>ref.</sub>	ID	Área dos compostos				
					F	G	H	I	J
Furanos	2-furanmetanol	875	870	A	-	-	-	-	-
	2-furanmetanol - acetato	867	865	A/B	8304966	5669237	1317474	84226267	78388300
	Furfural	838	832	A/B	40543977	46054699	41004192	35094008	43064533
	2-furancarboxialdeído -5-metil	-	-	B	-	323377	-	-	-
	2-Metilfuran	-	-	B	5112581	46257659	3699028	4400756	3743984
	Furan-2,5-dimetil	-	-	B	556731	335030	410640	487403	495924
	2-metilfuran-3-ona	819	-	B	4866167	5416460	5538333	5777574	5815135
	2-etenil-5-metilfurano	830	-	B	3429095	2359267	2743721	3454734	2795135
	2,2-bifurano	1040	-	B	810948	681336	802709	675607	726597
	Furfuril propanoato	1091	-	B	329867	2930738	153686	354353	179081
	Furfuril pentanoato	1224	-	B	1902197	1801495	1861278	2038202	1768783
	2,5-furanodiona-3,4-dimetil	1044	1049	A/B	296150	232624	250049	322532	320632
	2-Furfurilfuran	1086	-	B	2633862	180862	1043688	2402192	-
	Furan-2-pentil	1174	1176	A/B	3616095	2131281	3697256	3628404	2300430
	5-metil -2-(3H)-furanona	1042	-	B	146833	-	249258	193305	129996
	Furan-2-octil	1271	-	B	398523	287180	354918	339243	333252
	Furan-2-acetil-5-metil	979	-	B	32386	-	938076	17611	15924
	1-propan-1,2-furanil	1012	-	B	1103940	434489	1340348	1078285	845799
	1-(5-metil-2-furil)-propanona	1068	1072	A/B	1705364	1860078	1570883	1290964	1586804
	1,2 -furil-2-butanona	1057	-	B	1213397	776333	911805	923191	878252
	4-hidroxi-2,5-dimetil-3(2H)-furanona	1090	1095	A/B	347640	1987261	1035352	247878	731377
	2,5-furanodiona-3-etil-4-metil	1110	-	B	938162	972915	1106007	984071	1069165
	1-propanona, 1-(5-metil-2-furanil)	1134	-	B	143252	287309	134853	150128	383917

Tabela 2 - Identificação dos compostos voláteis encontrados nas amostras de café torrado, provenientes do processamento por via úmida (descascado), pela técnica de SPME. (Continua)

12  
7

Classe	Composto	IRL <sub>exp</sub>	IRL <sub>ref.</sub>	ID	Área dos compostos				
					F	G	H	I	J
	5-furfuril-5-metilfurano	1186	1184	A	4762078	3973716	4474994	4587495	4286022
	2-furfuriltiol	803	805	A/B	652974	1582402	875473	543054	1296969
	Furan-2-metoximetil	1156	-	B	2936184	1832893	2794233	2808643	893307
	But-3-en-2-ona-4-(2-furil)	1234	-	B	89694	382647	93582	70643	87452
	2-acetil-5-metilfurano	1296	-	B	948401	553516	772048	950748	721248
	5-metil-furfuril-acetato	1316	-	B	19835	101619	180613	216229	337143
Pirazinas	Pirazina	-	-	B	4763759	3779999	112403	5108725	4470284
	Acetilpirazina	1024	1022	A/B	484266	637687	570161	550353	474034
	2-metilpirazina	824	827	A/B	27266885	24648806	24144178	27637074	26398200
	2,5-dimetilpirazina	906	900	A/B	1077563	1439377			26282
	2,6-dimetilpirazina	917	913	A/B	-	-	1813436	-	-
	2,3 dimetilpirazina	923	928	A/B	1859397	2473590	682052	3116324	2977879
	2 etil-3-metilpirazina	1008	-	B	944685	745560	817756	3371758	823339
	2-etil-5-metilpirazina	971	976	A/B	52133912	48391176	49292350	47249236	48640502
	2-etil-6-metilpirazina	1001	1003	A	22183977	18415390	21947295	36588298	19891722
	2-etil-3,5-dimetilpirazina	1081	1079	A/B	4957964	4716820	4090716	5090209	4150646
	2-etilpirazina	918	916	A/B	28472104	29095160	2825710	29114340	27053214
	2,3,5-trimetilpirazina	1005	1000	A/B	601796	546273	535982	3371758	521853
	2-acetil-3-metilpirazina	1121	1120	A/B	776533	498603	684952	733111	619807
	2-acetil-3,5-dimetilpirazina	1199	-	B	31457	399224	237858	155574	297048
	2-cloro-3-(2-metoxietoxi) pirazina	1425	-	B	178650	100712	135138	151288	57135
	2-vinilpirazina	932	938	A/B	1010742	746293	1336770	832085	837257
	2-metil-6-vinilpirazina	1018	1022	A/B	1788580	832767	1776797	-	1044595



Tabela 2 - Identificação dos compostos voláteis encontrados nas amostras de café torrado, provenientes do processamento por via úmida (descascado), pela técnica de SPME. (Continua)

12

Classe	Composto	IRL <sub>exp</sub>	IRL <sub>ref.</sub>	ID	Área dos compostos				
					F	G	H	I	J
Piridinas	3,5-dietil-2-metilpirazina	1160	1168	A/B	1461424	1319465	1218703	1531204	2550949
	1-(3-metil-2-pirazinil)-1- etanona	1117	-	B	3260427	2893753	3415069	-	-
	1-(6-metil-2-pirazinil)-1- etanona	1121	1125	A/B	479571	2607360	468647	497976	17371293
	5-Metil-6,7-dihidro-5-H- Ciclopentapirazina	1142	-	B	853966	1020005	498836	843026	1370553
	2-metil-6,7-di-hidro-5-H- ciclopentapirazina	1199	-	B	865198	28810	849037	990030	741067
	Piridina	-	772	B	20427673	18578769	29272662	29111312	26289930
	Piridina-2-metil	819	-	B	82541	94177	91825	127240	174115
	Piridina-3-etil	962	-	B	680796	1175224	1112559	39565	25474
	2-acetil-4-metilpiridina	1108	-	B	83346	100674	23849	66344	49893
	5-isobutilpirimidina	1112	-	B	-	44970	-	73717	-
Pirróis	Pirrol	-	739	B	568805	404302	533901	711929	678281
	Furfurilpirrol	1136	1135	A	4752814	544359	13017106	8035498	96027
	1-metil -1- H-pirrol	-	-	B	968114	479643	1123008	802925	788713
	3-metil -1-H-pirrol	847	-	B	171536	-	79489	162188	-
	2-acetil-pirrol	1074	1076	A/B	7575146	4777800	5001290	4180246	1950885
	2-acetil-1-metil-pirrol	1077	-	B	3046715	2259266	2709638	3126286	2557220

Tabela 2 - Identificação dos compostos voláteis encontrados nas amostras de café torrado, provenientes do processamento por via úmida (descascado), pela técnica de SPME. (Conclusão)

Classe	Composto	IRL <sub>exp</sub>	IRL <sub>ref.</sub>	ID	Área dos compostos				
					F	G	H	I	J
	1-H-pirrol-2-carboxaldeído	1026	-	B	1605234	410043	570959	749097	228563
	1-furfuril-2-acetil-pirrol	1442	-	B	519314	260220	346964	380704	340247
	1-H- pirrol -2-carboxaldeído-1-metil	1012	1014	A/B	3319323	2386305	3235311	-	2836827
	1-etil-2-pirrol-carboxaldeído	1157	-	B	148071	157582	150116	71743	389968
	1-metil-2-pirrol-carboxaldeído	1295	-	B	496730	514088	595265	513410	568227
	1-H-pirrol-1-(2-furan-metil)	1186	-	B	5697470	181832	5670479	75759	119668
	1-H-pirrol-1-etil	815	-	B	92850	1921537	2517733	51614	70587
	Indole	-	-	B	395575	351213	371387	413490	416941
Tiazóis									
	4-metil-1,3 tiazol	817	-	B	72410	171847	193347	171612	257396
	2-propil-4-metiltiazol	1112	-	B	64425	118982	17492	58470	67266

IRL = Índice de Retenção Linear: Calculado com o uso de padrão de hidrocarbonetos (n-alcanos C8:C40).

ID = Identificação: A = literatura (ADAMS, 2007; RISTICEVIC; CARASEK; PAWLISZYN, 2008; RODRIGUES; PORTUGAL; NOGUEIRA, 2012; PICCINO et al., 2014) e B= Bibliotecas WILEY 8 e FFNSC 1.2.

Os constituintes voláteis identificados nos cafés especiais submetidos à via seca e à via úmida foram agrupados quanto às suas classes funcionais, no intuito de identificar as classes predominantes. Esta divisão tem sido adotada na literatura, porém, é importante ressaltar que há inúmeros compostos que apresentam funções mistas e que são alocados aleatoriamente nas classes majoritárias específicas.

Dentre os compostos identificados nas Tabelas 1 e 2 (cafés naturais e descascados, respectivamente) predominaram os furanos (25%), seguidos de pirazinas (20,7%), cetonas (15,5%), pirróis (12%), alcoóis (7,8%), aldeídos (7,8%), piridinas (4,3%), fenóis (2,6%), ácidos (2,6%) e tiazóis (1,7%). Resultados semelhantes com perfil de voláteis majoritários para esses compostos têm sido relatados para o café torrado em outros estudos (CHEONG et al., 2013; FLAMENT, 2002; PICCINO et al., 2014; RODARTE, 2008).

Os compostos voláteis presentes no café torrado variam significativamente em relação à concentração e ao potencial odorífero, tornando o seu sabor extremamente complexo, o que explica a percepção de sabores peculiares em diferentes tipos de café (RISTICVIC; CARASEK; PAWLISYN, 2008).

Os furanos são formados pela degradação térmica dos carboidratos ou ácidos graxos insaturados durante o processo de torração e têm aroma de torrado e doce, com limiares sensoriais relativamente elevados, quando comparados a outros grupos. São, portanto, considerados de grande importância para o aroma do café torrado (AKIYAMA et al., 2007). Os furanos também têm sido relatados por outros autores como as principais classes de compostos voláteis identificadas no café torrado (AKIYAMA et al., 2005, 2007; BICCHI et al., 2011; RIBEIRO et al., 2012). No presente estudo, foram identificados 29 furanos nos cafés especiais submetidos à via seca e à via úmida. Vale ressaltar que o 2-furanmetanol foi identificado apenas nas amostras A, B e C, submetidas ao

processamento natural. Sua ausência pode ser atribuída à extrema volatilidade desses compostos (PETISCA et al., 2014). Dentre os furanos identificados no presente estudo, o 2-furfuriltiol (identificado em todas as amostras analisadas) tem um limiar de percepção sensorial muito baixo (0,01ppb), porém, exibe um forte aroma de café torrado, sendo considerado, por muitos autores, um dos principais compostos de impacto no aroma do café torrado (AKIYAMA et al., 2007; SUNARHARUM; WILLIAMS; SMYTH, 2014).

Foram identificadas 24 pirazinas nas amostras de cafés especiais submetidas à via seca e à via úmida (Tabelas 1 e 2, respectivamente). As pirazinas representam uma classe abundante de compostos presentes no café torrado, com baixo limiar de percepção sensorial e são de fundamental importância para o sabor do café (SUNARHARUM; WILLIAMS; SMYTH, 2014). Podem ser geradas pela reação de Maillard, pela degradação de Strecker ou pela pirólise de hidróxi-aminoácidos (FLAMENT, 2002). Os aromas destes compostos são, geralmente, descritos como noz, torrado, terra e verde, dependendo de sua concentração (AKIYAMA et al., 2007; FLAMENT, 2002; SUNARHARUM; WILLIAMS; SMYTH, 2014). Dentre as pirazinas identificadas no presente estudo, pirazina, 2,5 dimetilpirazina, 2,3-dimetilpirazina, 2,6 dimetilpirazina, 2-metilpirazina, 2-etil-5-metilpirazina, 2-etil-6-metilpirazina, 2-etil-3,5-dimetilpirazina, 3-etil-2,5-dimetilpirazina e trimetilpirazina estão presentes na maioria das amostras analisadas e são consideradas marcantes para o aroma do café com cheiro de nozes, chocolate, nozes torradas e avelã torrada, entre outros (AKIYAMA et al., 2005; FLAMENT, 2002; SANZ et al., 2002; TOCI; FARAH, 2014). Estes compostos foram identificados em outros estudos em que foram analisados cafés especiais, podendo ser considerados potenciais descritores da qualidade desses cafés (CHEONG et al., 2013; PICCINO et al., 2014).

Foram identificadas 18 cetonas nos cafés especiais naturais e descascados (Tabelas 1 e 2, respectivamente). Estes compostos são formados, principalmente, por meio da pirólise de carboidratos e sua contribuição para o aroma do café depende de sua concentração (FLAMENT, 2002; TOCI; FARAH, 2014). As cetonas apresentam ampla variedade de aromas e as principais cetonas identificadas no café torrado são 2,3- butanodiona e 2,3-pentanodiona, conhecidas por apresentarem aroma semelhante ao de manteiga, enquanto algumas cetonas cíclicas apresentam aroma de açúcar queimado e a  $\beta$ -damascenona, aroma de chá, frutas vermelhas, amadeirado e doce (FLAMENT, 2002; MOREIRA et al., 2000; TOLEDO et al., 2016). Essas cetonas foram identificadas em todas as amostras de cafés especiais.

Os pirróis são constituintes voláteis pouco associados ao aroma característico do café torrado, porém, alguns são conhecidos por apresentarem aroma característico relatado como doce e levemente queimado (FLAMENT, 2002). Foram identificados 14 pirróis nas amostras de cafés especiais e estes são originados de diferentes processos, como a caramelização de açúcares, a reação de Maillard, a pirólise e a degradação da trigonelina (CLARKE; MACRAE, 1985; FLAMENT, 2002; TOLEDO et al., 2016). O composto 1-metil-1H-pirrol-2-carboxaldeído, identificado em todas as amostras analisadas (exceto na amostra I), tem aroma associado ao de pipoca (FLAMENT, 2002).

Os alquil e acilpirróis apresentam odores desagradáveis, no entanto, os alquilpirróis, em baixas concentrações, fornecem um aroma doce levemente queimado (CLARKE; MACRAE, 1985). Os compostos 1H-pirrol-2-carboxaldeído e 1-metil-1H-pirrol-2-carboxaldeído, identificados neste estudo, foram também relatados por Piccino et al. (2014), que analisaram o perfil volátil de cafés especiais. No entanto, esses constituintes não são relatados como potentes odorantes do café torrado e não foram considerados compostos discriminadores das amostras no presente estudo. O composto indole, identificado em todas as

amostras (exceto para a amostra A), é descrito como indicador da baixa qualidade do café (TOCI; FARAH, 2014), no entanto, quando encontrado em baixas concentrações, apresenta aroma floral (FLAMENT, 2002).

Nos cafés analisados foram identificados nove álcoois (Tabelas 1 e 2). Os álcoois são produtos secundários, resultantes da degradação oxidativa de lipídios no café torrado e sua síntese pode ocorrer por meio da quebra de carotenoides durante o processo de torração do café (CLARKE; MACRAE, 1985; FLAMENT, 2002). Dentre os álcoois identificados neste estudo, apenas o linalol é classificado como potente odorante do café torrado (FLAMENT, 2002). Este composto foi identificado em todas as amostras (exceto para a amostra A) e foi identificado, por Piccino et al. (2014), como potente odorante da bebida de cafés especiais, apresentando aromas descritos como floral, cítrico e frutado.

Foram identificados nove aldeídos nas amostras de café e estes são formados por meio da degradação oxidativa de aminoácidos durante sua reação com açúcares em altas temperaturas e pela reação entre aminoácidos e polifenóis, entre outras (FLAMENT, 2002). Dentre os aldeídos identificados, o 2-metilbutanal é considerado um potente odorante para o aroma do café torrado e seu aroma (malte) é descrito como agradável, quando se apresenta em baixas concentrações (FLAMENT, 2002; PICCINO et al., 2014; TOLEDO et al., 2016). Já o 3-metilbutanal, identificado em todas as amostras, é considerado o aldeído volátil mais importante para o café torrado e, embora seja considerado um potente odorante com aromas agradáveis (malte e chocolate), em altas concentrações pode apresentar aromas desagradáveis, como acre e pungente (CLARKE; MACRAE, 1985; FLAMENT, 2002; PICCINO et al., 2014; TOLEDO et al., 2016). Piccino et al. (2014) também relataram a presença 2-metilbutanal, 3-metilbutanal e 2-fenilacetaldéido como potentes odorantes de cafés especiais e descreveram seus aromas como chocolate, malte, floral (rosas) e doce.

Foram identificadas cinco piridinas nos cafés especiais do presente estudo. Estas são formadas, principalmente, por meio de pirólise da trigonelina e são relatadas como responsáveis por notas de amargor, adstringência, torrado e queimado. Dentre as piridinas identificadas no presente estudo, a 2-metilpiridina é responsável por uma sensação adstringente semelhante à de avelã (FLAMENT, 2002). De maneira geral, as piridinas do café têm despertado pouca atenção dos pesquisadores, portanto, há pouca informação no que diz respeito à sua contribuição para o aroma final do café torrado.

Os fenóis são encontrados em baixas concentrações no café torrado (MARIA; MOREIRA; TRUGO, 1999). Foram identificados três fenóis nos cafés especiais deste estudo. Estes compostos são originados, principalmente, da degradação dos ácidos clorogênicos durante o processo de torração dos grãos (MOON; SHIBAMOTO, 2010). Seu aroma é associado às características negativas em relação à qualidade da bebida, sendo relatados como fumaça, madeira, tempero, couro ou medicamento. No entanto, em baixas concentrações, podem apresentar aromas descritos como doce, floral, baunilha, especiarias e cravo (FLAMENT, 2002). Dos fenóis identificados, o 4-vinilguaiacol também foi encontrado em cafés especiais, por Piccino et al. (2014).

Foram identificados três ácidos nos cafés analisados (Tabelas 1 e 2). Os principais ácidos carboxílicos identificados no café torrado são o acético, o fórmico e o propanoico (FLAMENT, 2002; MOREIRA et al., 2000). Estes são formados, principalmente, pela degradação de lipídeos, a degradação térmica de ésteres, além da auto-oxidação de aldeídos e cetonas (FLAMENT, 2002). Dentre os ácidos identificados nos cafés especiais estão o ácido acético e o propanoico, sendo reconhecidos por apresentarem aroma pungente e queijo, respectivamente. Esses ácidos também foram relatados em outros estudos que caracterizaram o perfil volátil de cafés especiais, sendo quantificados em baixas concentrações, o

que sugere não ter influenciado negativamente a qualidade da bebida (CHEONG et al., 2013; PICCINO et al., 2014).

Foram identificados dois tiazóis nos cafés analisados. Os tiazóis são originados da reação de Maillard entre metionina, cisteína ou cistina (aminoácidos sulfurados) e açúcares redutores ou intermediários desta reação (FLAMENT, 2002). Estes compostos apresentam odor semelhante ao de vegetais, carne, matéria torrada e nozes (MARIA; MOREIRA; TRUGO, 1999).

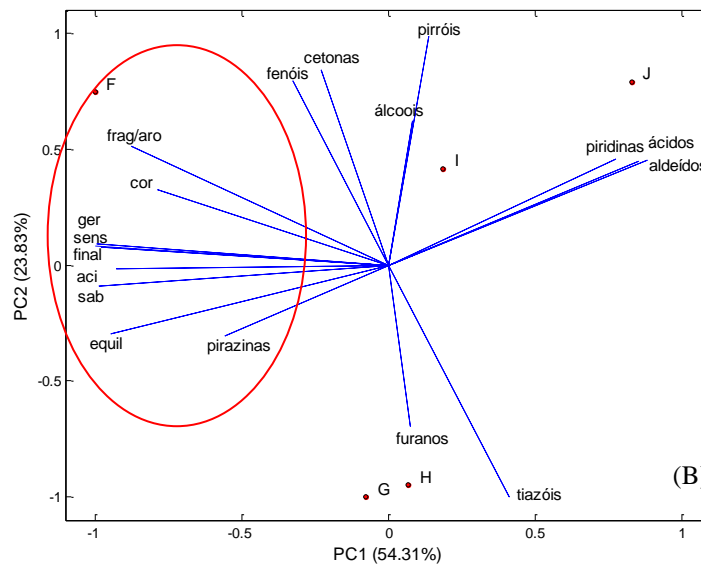
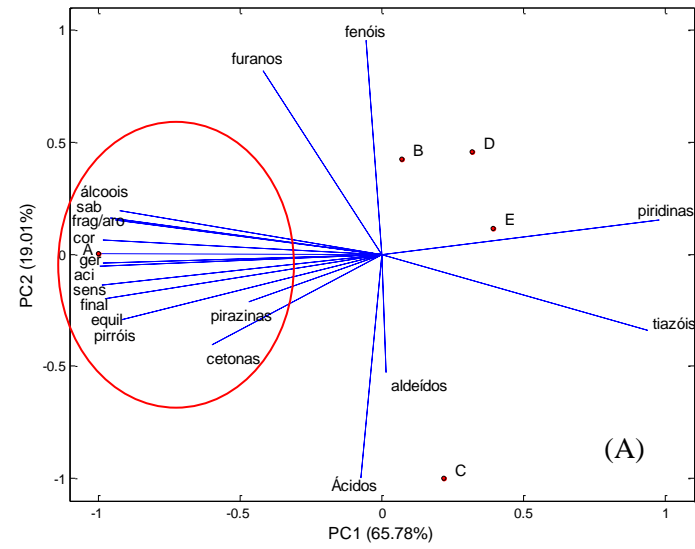
Devido ao grande número de compostos voláteis identificados nos cafés foi realizada uma análise multivariada com as classes dos compostos voláteis e os atributos sensoriais do café, visando identificar as classes que mais contribuíram para a qualidade sensorial do café.

### **3.2.1 Análise de componentes principais das classes dos constituintes voláteis**

Para avaliar a influência das classes de constituintes voláteis nos atributos sensoriais dos cafés especiais foi realizada a análise de componentes principais (PCA) e os biplots estão apresentados na Figura 2 (A), para os cafés naturais e (B), para os descascados.



Figura 2 - Biplot das classes de constituintes voláteis de cafés especiais submetidos ao processamento natural (A) e cereja descascado (B).



Para os cafés naturais, as duas primeiras componentes principais explicaram, juntas, 84,79% da variabilidade dos dados, sendo 65,78% explicados pela PC1 e 19,01%, pela PC2. A amostra A discriminou dos demais cafés com a contribuição de todos os atributos sensoriais avaliados. As classes de compostos voláteis que mais contribuíram para essa distinção foram os álcoois e os pirróis, seguidos por cetonas e pirazinas. Nota-se, ainda, uma ligeira contribuição dos furanos para a discriminação dessa amostra. As amostras B, D e E se agruparam e os fenóis e as piridinas foram os compostos que mais influenciaram a distinção desses cafés. A amostra C também diferiu das demais e os compostos voláteis que mais influenciaram foram aldeídos, ácidos e tiazóis.

O biplot das amostras de café cereja descascado mostrou que as duas primeiras componentes principais explicaram, juntas, 78,14% da variabilidade dos dados, sendo 54,32% explicados pela PC1 e 23,83% pela PC2. A amostra F foi discriminada das demais com a contribuição de todos os atributos sensoriais avaliados e pela nota final (sensorial). As classes de compostos voláteis que mais contribuíram para a distinção dessa amostra foram as pirazinas, seguidas por fenóis e cetonas. As amostras G e H se agruparam e os furanos e os tiazóis foram os compostos que mais influenciaram a distinção desses cafés. A discriminação das amostras I e J foram influenciadas, principalmente, por álcoois, pirróis, piridinas, aldeídos e ácidos. Alguns álcoois, como, por exemplo, o 2-furanmetanol, têm sido relatados, em outros estudos, como importante constituinte volátil do café torrado e seu aroma é descrito como caramelo (ARANA et al., 2016; BARIÉ et al., 2015; CHEONG et al., 2013; PICCINO et al., 2014; RODRIGUES; PORTUGAL; NOGUEIRA, 2012).

Os furanos e as pirazinas são considerados, quantitativamente, as duas principais classes de compostos identificados no café torrado. No entanto, em relação à qualidade de sua bebida, as pirazinas são consideradas, juntamente com compostos sulfurados, as classes de compostos mais importantes

(SUNARHARUM; WILLIAMS; SMYTH, 2014). Já os furanos são compostos heterocíclicos oriundos, principalmente, da degradação de carboidratos e incluem funções como aldeídos, cetonas, ésteres, álcoois, éteres, ácidos e tiois (MARIA; MOREIRA; TRUGO, 1999).

González-Rios et al. (2007a, 2007b) avaliaram a influência de diferentes formas de processamento pós-colheita com despulpamento mecânico por fermentação (em água e a seco) no perfil aromático do café e também relataram a presença de ácido acético, que é um indicador da baixa qualidade do café, comumente associado à presença de microrganismos e possíveis fermentações. Os autores concluíram que a remoção da mucilagem com água produziu cafés com aromas floral e frutado com uma presença notável de compostos 5-metilfurfural (notas de caramelo) e 3-metil-2-ciclopenten-1-ona (notas florais), enquanto a retirada da mucilagem a seco originou cafés mais neutros.

Segundo Toledo et al. (2016), o método de processamento pós-colheita tem um impacto substancial no perfil aromático do café e, conseqüentemente, na qualidade de sua bebida. Para os autores, dentre as formas de processamento disponíveis por via úmida, o despulpamento em água provoca um efeito contraditório, com um aumento na quantidade de três classes de compostos considerados de impacto odorífero para o café, quando comparados ao natural. Neste estudo, não foi possível estabelecer correlação entre o perfil volátil e a qualidade aromática dos cafés, pois todos são especiais e com excelentes notas aromáticas.

Na Tabela 3 mostram-se as correlações das classes de compostos voláteis e suas contribuições para a formação das componentes principais PC1 e PC2.

Tabela 3 - Correlações das classes de compostos voláteis e atributos sensoriais avaliados para as duas primeiras componentes principais, para os cafés naturais e cereja descascados.

Parâmetros	Naturais		Cereja descascado	
	Correlação		Correlação	
	PC1(65,78%)	PC2(19,02%)	PC1(54,31%)	PC2(23,83%)
Ácidos	-0,07	-1	0,88	0,45
Álcoois	-0,94	0,15	0,08	0,62
Aldeídos	-0,02	-0,53	0,85	0,45
Cetonas	-0,59	-0,41	-0,23	0,84
Fenóis	-0,05	0,95	-0,33	0,79
Furanos	-0,41	0,82	0,07	0,69
Pirazinas	-0,47	-0,21	-0,56	0,31
Piridinas	0,98	0,15	0,77	0,45
Pirróis	-0,91	-0,29	0,14	0,99
Tiazóis	0,94	-0,34	0,41	-1
Fragrância/roma	-0,96	0,16	-0,88	0,51
Sabor	-0,92	0,19	-0,99	-0,09
Acidez	-0,98	-0,04	-0,92	-0,01
Corpo	-0,98	0,06	-0,79	0,32
Finalização	-0,99	-0,13	-0,99	0,09
Equilíbrio	-0,97	-0,19	-0,94	-0,29
Geral	-0,99	-0,05	-0,98	0,07
Sensorial	-1	0,00	-1	0,08

\*Sensorial = nota final

Para os cafés naturais, todos os atributos sensoriais e os álcoois, cetonas, piridinas, pirróis e tiazóis foram significativos ( $>0,5$ ) e contribuíram para a formação da PC1. No entanto, dentre as classes de compostos voláteis que foram significativos para a formação da PC1, apenas os álcoois, as cetonas e os pirróis foram positivos em relação aos atributos sensoriais. Isso indica que essas classes de compostos foram determinantes para a discriminação das amostras na PCA, contribuindo para a qualidade sensorial desses cafés, avaliada por meio de seus atributos. Em relação à PC2, os atributos sensoriais não foram significativos

para a sua formação e os ácidos, aldeídos, fenóis e cetonas contribuíram para a sua formação.

Todos os atributos sensoriais analisados foram significativos ( $>0,5$ ) para a formação da PC1 dos cafés cereja descascados e os compostos voláteis que contribuíram de forma significativa foram os ácidos, aldeídos, pirazinas e piridinas. No entanto, apenas as piridinas foram positivas em relação aos atributos sensoriais analisados, ou seja, contribuíram para a qualidade da bebida avaliada por meio da fragrância/aroma, sabor, acidez, corpo, finalização, equilíbrio, nota geral e final (sensorial). Para a PC2, as classes de compostos voláteis que contribuíram significativamente ( $>0,5$ ) foram os alcoóis, cetonas, fenóis, furanos, pirróis e tiazóis, porém, os atributos sensoriais não foram determinantes para a formação dessa componente, o que sugere que esses compostos apresentaram pouca influência nos atributos sensoriais desses cafés.

## 4 CONCLUSÕES

Na análise sensorial, as amostras A (natural) e F (cereja descascado) distinguiram das demais quanto aos atributos sensoriais avaliados e à nota final (sensorial).

Os principais constituintes voláteis identificados nos cafés especiais, independente do método de processamento pós-colheita, foram furanos, pirazinas, cetonas, pirróis, álcoois e aldeídos.

As classes de compostos voláteis que mais contribuíram para a discriminação da amostra de café natural com maior nota sensorial (A) foram os álcoois e os pirróis, seguidos por cetonas e pirazinas.

As pirazinas, fenóis e cetonas foram os compostos voláteis que mais contribuíram para a distinção da amostra F, entre os cafés cereja descascados.

As correlações entre os atributos sensoriais e as classes de compostos voláteis mostraram que álcoois, cetonas e pirróis foram determinantes para a discriminação dos cafés naturais e as pirazinas, para os cafés cereja descascados.



## REFERÊNCIAS

- ADAMS, R. P. **Identification of essential oil components by gás chromatography/mass spectrometry**. Carol Stream: Allured, 2007. 455 p.
- AKIYAMA, M. et al. Analysis of the headspace volatiles of freshly brewed arabica coffee using solidphase microextraction. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 72, n. 7, p. 388-396, Sept. 2007.
- AKIYAMA, M. et al. Characterization of flavor compounds released during grinding of roasted robusta coffee beans. **Food Science and Technology Research**, Basel, v. 11, n. 3, p. 298-307, Aug. 2005.
- ARANA, V. A. et al. Classification of coffee beans by GC-C-IRMS, GC-MS, and <sup>1</sup>H-NMR. **Journal of Analytical Methods in Chemistry**, Cairo, v. 2016, p. 1-11, 2016.
- ARRUDA, N. P. et al. Correlação entre precursores e voláteis em café arábica brasileiro processado pelas vias seca, semiúmida e úmida e discriminação através da análise por componentes principais. **Química Nova**, São Paulo, v. 35, n. 10, p. 2044-2051, ago. 2012.
- BARIÉ, N. et al. Detection of coffee flavour ageing by solid-phase microextraction/surface acoustic wave sensor array technique (SPME/SAW). **Food Chemistry**, Washington, v. 176, n. 1, p. 212-218, June 2015.
- BERTRAND, B. et al. Climatic factors directly impact the volatile organic compound fingerprint in green Arabica coffee bean as well as coffee beverage quality. **Food Chemistry**, London, v. 135, p. 2575-2583, Dec. 2012.
- BHUMIRATANA, N.; ADHIKARI, K.; CHAMBERS IV, E. Evolution of sensory aroma attributes from coffee beans to brewed coffee. **LWT - Food Science and Technology**, London, v. 44, n. 10, p. 2185-2192, July 2011.
- BICCHI, C. et al. Quantitative analysis of volatiles from solid matrices of vegetable origin by high concentration capacity headspace techniques: determination of furan in roasted coffee. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v. 1218, n. 6, p. 753-762, Feb. 2011.



CHEONG, M. W. et al. Volatile composition and antioxidant capacity of Arabica coffee. **Food Research International**, Amsterdam, v. 51, n. 1, p. 388-396, Dec. 2013.

CLARKE, R. J.; MACRAE, R. **Coffee: chemistry**. New York: Elsevier, 1985. v. 1, 306 p.

FISK, I. D. et al. Discrimination of roast and ground coffee aroma. **Flavor**, London, v. 14, n. 1, p. 1-8, 2012.

FLAMENT, I. **Coffee flavor chemistry**. Chichester: J. Wiley, 2002. 424 p.

GONZALEZ-RIOS, O. et al. Impact of “ecological” post-harvest processing on coffee aroma: II., roasted coffee. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 20, n. 3/4, p. 297-307, May 2007a.

GONZÁLEZ-RIOS, O. et al. Impact of “ecological” post-harvest processing on the volatile fraction of coffee beans: I., green coffee. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 20, n. 3/4, p. 289-296, May 2007b.

LINGLE, T. R. **The coffee Cupper's handbook: systematic guide to the sensory evaluation of Coffee's Flavor**. 4<sup>th</sup> ed. Long Beach: Specialty Coffee Association of America, 2011. 66 p.

MARIA, C. A. B. de; MOREIRA, R. F. A.; TRUGO, L. C. Componentes voláteis do café torrado: parte I, compostos heterocíclicos. **Química Nova**, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 209-217, mar./abr. 1999.

MASI, C. et al. Sensory properties of under-roasted coffee beverages. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 78, n. 8, p. 1290-1300, Aug. 2013.

MOON, J. K.; SHIBAMOTO, T. Formation of volatile chemicals from thermal degradation of less volatile coffee components: quinic acid, caffeic acid, and chlorogenic acid. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 58, n. 9, p. 5465-5470, May 2010.

MOREIRA, R. F. A. et al. Componentes voláteis do café torrado: parte II, compostos alifáticos, alicíclicos e aromáticos. **Química Nova**, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 195-203, maio/jun. 2000.

NUNES, C. A. et al. Chemoface: a novel free user-friendly interface for chemometrics. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v. 23, p. 2003-2010, Nov. 2012.

PETISCA, C. et al. Optimization and application of a HS-SPME-GC-MS methodology for quantification of furanic compounds in espresso coffee. **Food Analytical Methods**, New York, v. 7, n. 1, p. 81-88, Jan. 2014.

PICCINO, S. et al. Aromatic composition and potent odorants of the “specialty coffee” brew “Bourbon Pointu” correlated to its three trade classifications. **Food Research International**, Amsterdam, v. 61, p. 264-271, July 2014.

RIBEIRO, J. S. et al. Prediction models for Arabica coffee beverage quality based on aroma analyses and chemometrics. **Talanta**, London, v. 101, n. 15, p. 253-260, Nov. 2012.

RIBEIRO, J. S. et al. Prediction of sensory properties of Brazilian Arabica roasted coffees by headspace solid phase microextraction-gas chromatography and partial least squares. **Analytica Chimica Acta**, Amsterdam, v. 364, n. 2, p. 172-179, Dec. 2009.

RISTICEVIC, S.; CARASEK, E.; PAWLISZYN, J. Headspace solid-phase microextraction-gas chromatographic-time-of-flight mass spectrometric methodology for geographical origin verification of coffee. **Analytica Chimica Acta**, Amsterdam, v. 617, n. 1/2, p. 72-84, Apr. 2008.

RODARTE, M. P. **Análise sensorial, química e perfil de constituintes voláteis de cafés especiais**. 2008. 147 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

RODRIGUES, C.; PORTUGAL, F. C. M.; NOGUEIRA, J. M. F. Static headspace analysis using polyurethane phases: application to roasted coffee volatiles characterization. **Talanta**, Amsterdam, v. 89, p. 521-525, Dec. 2012.

SANZ, C. et al. Comparison of potent odorants in a filtered coffee brew and in an instant coffee beverage by aroma extract dilution analysis (AEDA). **European Food Research and Technology**, New York, v. 214, v. 4, p. 299-302, Apr. 2002.

SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA. **SCAA protocols cupping specialty coffee**. 2015. Disponível em: <<http://scaa.org/PDF/resources/cupping-protocols.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2016.

SUNARHARUM, W. B.; WILLIAMS, D. J.; SMYTH, H. E. Complexity of coffee flavor: a compositional and sensory perspective. **Food Research International**, Amsterdam, v. 62, p. 315-325, Aug. 2014.

TOCI, A. T.; FARAH, A. Volatile compounds as potential defective coffee beans marker. **Food Chemistry**, London, v. 108, n. 3, p. 1133-1241, June 2008.

TOCI, A. T.; FARAH, A. Volatile fingerprint of Brazilian defective coffee seeds: corroboration of potential marker compounds and identification of new low quality indicators. **Food Chemistry**, London, v. 153, n. 15, p. 298-314, June 2014.

TOLEDO, R. A. et al. Relationship between the different aspects related to coffee quality and their volatile compounds. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, Chicago, v. 15, n. 4, p. 705-719, Apr. 2016.

YERETZIAN, C.; JORDAN, A.; LINDINGER, W. Analysing the headspace of coffee by proton-transfer-reaction mass-spectrometry. **International Journal of Mass Spectrometry**, New York, v. 223/224, n. 15, p. 115-139, Jan. 2003.