



LARISSA DE OLIVEIRA FASSIO

BANCO ATIVO DE GERMOPLASMA DE MINAS GERAIS
(*Coffea* spp.): APTIDÃO PARA A PRODUÇÃO DE CAFÉS
ESPECIAIS

LAVRAS - MG

2017

LARISSA DE OLIVEIRA FASSIO

**BANCO ATIVO DE GERMOPLASMA DE MINAS GERAIS (*Coffea spp.*): APTIDÃO
PARA A PRODUÇÃO DE CAFÉS ESPECIAIS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos, área de concentração Qualidade de Café, para a obtenção do Título de Doutor.

Orientadora

Prof.(a) Dr(a). Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira

Co-orientador

Dr. Marcelo Ribeiro Malta

LAVRAS – MG

2017

LARISSA DE OLIVEIRA FASSIO

**BANCO ATIVO DE GERMOPLASMA DE MINAS GERAIS (*Coffea spp.*): APTIDÃO
PARA A PRODUÇÃO DE CAFÉS ESPECIAIS**

**ACTIVE GERMOPLASM COLLECTION OF MINAS GERAIS (*Coffea spp.*):
ABILITY TO PRODUCTION SPECIALTY COFFEES**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos, área de concentração Qualidade de Café, para a obtenção do Título de Doutor.

APROVADA em 20 de junho de 2017

Dr. Marcelo Ribeiro Malta

EPAMIG

Dr. Gladyston Rodrigues Carvalho

EPAMIG

Dr. César Elias Botelho

EPAMIG

Dr. Antônio Carlos Baião de Oliveira

EMBRAPA CAFÉ

Prof(a). Dr(a). Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira
Orientadora

LAVRAS – MG
2017

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

Fassio, Larissa de Oliveira.

Banco Ativo de Germoplasma de Minas Gerais (*Coffea* spp.): :
Aptidão para a produção de Cafés Especiais / Larissa de Oliveira

Fassio. - 2017.

100 p. : il.

Orientador(a): Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira.

.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2017.

Bibliografia.

1. Cafés especiais. 2. Qualidade de bebida. 3. Composição
química. I. Pereira, Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga. . II.
Título.

*Aos meus pais, Carlos e Eliane.
Exemplos de honestidade e determinação.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por me dar força, disposição e discernimento para executar este trabalho da melhor maneira possível.

Aos meus pais, Carlos e Eliane pelo apoio, confiança e por não medirem esforços para fazerem de mim uma pessoa do bem, e sobretudo consciente dos meus deveres.

A Livia e ao Plínio pela amizade, companheirismo e ensinamentos.

Aos meus amigos Viviane, Dani, Alexandre, Vinícius, Fernanda, Thaiana, Leonardo, Raul, e Alan pela bela amizade que contruímos, pela união, carinho e histórias vividas.

Ao Carlos Henrique pelo apoio e paciência nas horas difíceis, pelo carinho e atenção.

Aos meus familiares, em especial aos primos Deni, Irian e Lerrânia.

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

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

Aos pesquisadores Marcelo Ribeiro Malta e Gladyston Rodrigues Carvalho pela oportunidade de desenvolver projetos em parceria, pela disponibilidade e dedicação a este trabalho, e por apostarem na minha formação.

Ao pesquisador da Epamig Antônio Alves Pereira, o querido Sr. Tônico, primeiramente pela implantação e dedicação ao Banco Ativo de Germoplasma de Minas Gerais e também pelos ensinamentos e conselhos dedicados a mim, sem você este trabalho não existiria.

Aos colegas da Epamig (Denis, Bruno, Taísa, Laísa, Alessandro, Diego, Tassone, João Paulo e Capelinha), as colegas do Polo de Qualidade em Café (Sandra, Katiany, Mírian e Maísa) e também aos membros no núcleo de estudo Qicafé, pelo auxílio na realização do experimento, pela convivência diária e troca de ideias.

Aos funcionários da Epamig e Ufla, muito especialmente ao Jaime gerente do campo experimental de Patrocínio, ao Samuel e ao Delane, laboratoristas da Epamig de Lavras, ao Sr. Edson eterno técnico administrativo do Polo de Qualidade do Café e ao Zé Maurício técnico administrativo do setor de cafeicultura da UFLA.

As instituições de fomento FAPEMIG, CNPq e Consórcio Pesquisa Café e também ao INCT-Café.

Enfim, a todos que contribuíram de alguma forma para a minha formação acadêmica e pessoal.

Muito obrigada!

RESUMO

Um dos principais instrumentos que a atual cafeicultura brasileira dispõe para se manter no mercado, é a qualidade. Em decorrência da crescente demanda por cafés com alta qualidade de bebida, o interesse no plantio de cultivares de maior potencial para produção de cafés especiais tem aumentado significativamente nos últimos anos. Logo, iniciativas de estudos da qualidade de diferentes genótipos gera informações importantes sobre o futuro da produção de cafés especiais no Brasil. Portanto, este trabalho teve por objetivos avaliar os acessos do Banco Ativo de Germoplasma de Minas Gerais quanto: i) ao potencial de qualidade dos acessos em função de duas colheitas consecutivas e caracterizar o perfil sensorial dos mesmos; ii) a influência dos processamentos via úmida e via seca na qualidade e no perfil sensorial dos acessos; iii) a encontrar possíveis marcadores químicos para discriminar grupos genealógicos de *Coffea arabica* processados pelo método via seca utilizando a análise discriminante parcial de mínimos quadrados (PLS-DA); iv) avaliar a discriminação dos acessos processados pelo despolpamento através de um modelo de classificação PLS-DA. O experimento foi conduzido no Banco Ativo de Germoplasma de Minas Gerais (BAG) situado no Campo Experimental da Epamig em Patrocínio, na região Cerrado de Minas, no qual foram avaliados 56 acessos de *C. arabica* L., implantados no campo em blocos ao acaso com duas repetições e dez plantas por parcela. Os frutos maduros de cada parcela foram colhidos na safra 2015/2016 e processados pelo método via úmida (despolpado) e via seca (natural), secos sob a mesma condição em peneiras de fundo telado até teor de água de 11% (bu). A análise sensorial foi realizada por provadores treinados de acordo com os protocolos da SCAA e as análises químicas foram desenvolvidas por métodos cromatográficos e físico-químicos. Para a interpretação dos dados foram utilizadas as análises quimiométricas PCA e PLS-DA, e para a caracterização das nuances sensoriais utilizou-se o método de Análise de Conteúdo. Os resultados deste estudo demonstram que o banco de germoplasma de Minas Gerais representa uma importante coleção de genótipos com elevado potencial de qualidade de bebida que podem ser aproveitados em programas de melhoramento visando a produção de cultivares para o mercado de cafés especiais. O ano de colheita e o tipo de processamento adotado influenciaram na qualidade e nas características sensoriais de alguns acessos. A classificação dos grupos genealógicos do banco de germoplasma de Minas Gerais através da abordagem química usando a técnica PLS-DA permitiu identificar marcadores químicos para discriminar os genótipos tanto pelo processamento via úmida como pelo processamento via seca, e quais deles apresentam maior influência na resposta da análise. Este estudo mostrou também que o modelo PLS-DA é uma boa ferramenta para discriminar acessos de *C. arabica*, porém para cultivares com fundo genético diferentes, a classificação não é totalmente satisfatória, sendo necessário aperfeiçoamento do modelo para classificar essas cultivares.

Palavras-chave: Cafés especiais. Qualidade de bebida. Composição química. Banco de germoplasma. Processamento pós-colheita.

ABSTRACT

One of the main instruments that the current Brazilian coffee has to stay on the market, is the quality. As a result of the growing demand for high quality coffees, the interest in planting cultivars of great potential for specialty coffee production has increased significantly in recent years. Hence, initiatives of study quality of different genotypes yield important information about the future of specialty coffee production in Brazil. Therefore, this work aims to evaluate the accesses to Active Germplasm Collection of Minas Gerais as: i) the potential of quality of access in function of two consecutive harvests and characterize the sensory profile of the same; ii) the influence of wet and dry processing in quality and sensory profile of the accesses; iii) to find possible chemical markers to discriminate genealogic groups of *Coffea arabica* processed by dry method using the partial least-squares discriminant analysis (PLS-DA); iv) to evaluate the discrimination of access processed by pulping through a ranking model PLS-DA. The experiment was conducted at the Active Germplasm Collection of Minas Gerais (BAG) located at Fazenda Experimental da Epamig in Patrocínio, in the Cerrado region of Minas Gerais, in which were evaluated 56 accesses of *C. arabica* L., deployed in the field in random blocks with two replications and ten plants per plot. The ripe fruits of each plot were collected on crop 2015/2016 and processed by the wet method (fully washed) and dry (natural), dried under the same condition on greenhouse bottom sieves until water content of 11% (wu). The sensory analysis was performed by trained tasters in accordance with the protocols of the SCAA and the chemical analyses were developed by chromatographic and physicochemical methods. For the interpretation of the data it was used chemometric analysis PCA and PLS-DA, and to the characterization of the sensorial nuances it was used the method of Content Analysis. The results of this study demonstrate that the Active Germplasm Collection of Minas Gerais represents an important collection of genotypes with high potential for quality of drink that can be used in breeding programs aiming the production of plant varieties to the market of specialty coffees. The year of harvesting and the processing type adopted influenced in quality and sensory characteristics of some accesses. The classification of genealogic groups from the Active Germplasm Collection of Minas Gerais through the chemical approach using PLS-DA has identified chemical markers for discriminating genotypes by both wet and dry processing, and which ones have a higher influence on analysis response. This study also showed that the model PLS-DA is a good tool to discriminate between accesses of *C. arabica*, however for cultivars with different genetic background, the classification is not entirely satisfactory, being necessary improvement in the model to sort these cultivars.

Keywords: Specialty coffees. Quality of drink. Chemical composition. Germplasm bank. Post-harvest processing

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	
1	INTRODUÇÃO	9
2	REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1	Cafés Especiais	11
2.2	Melhoramento genético e qualidade do café	12
2.3	Banco Ativo de Germoplasma de Minas Gerais	15
2.4	Processamento pós-colheita	16
2.5	Análise Sensorial	17
2.6	Composição Química dos grãos de café	18
	REFERÊNCIAS	21
	SEGUNDA PARTE – ARTIGOS	
	ARTIGO 1 Avaliação do perfil sensorial de acessos de <i>C. arabica</i> L. do Banco Ativo de Germoplasma de Minas Gerais - Brasil em duas colheitas consecutivas	26
	ARTIGO 2 Desempenho de acessos de <i>Coffea arabica</i> L. em função dos processamentos via seca e via úmida: uma abordagem sensorial	46
	ARTIGO 3 Discriminação de genótipos de <i>Coffea arabica</i> L. pela composição química dos grãos: potenciais marcadores em cafés naturais	66
	ARTIGO 4 Método de análise discriminante parcial de mínimos quadrados para a discriminação de grupos genealógicos de café Arábica quanto à composição química dos grãos	83

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

O mercado de cafés especiais é um segmento que se consolidou e vem expandindo em proporções maiores que o mercado de cafés comuns. Isto se deve, principalmente ao maior valor recebido pelo produto na comercialização e pelo aumento do consumo dos grãos diferenciados. Atualmente, o consumo de cafés especiais não se limita somente aos principais países importadores, mas também dentro do mercado nacional há uma parcela significativa de consumidores desse produto.

Nesse sentido, a cafeicultura brasileira vem evoluindo e se destacando de forma acentuada e contínua no que se refere à diferenciação do seu produto. Novas tecnologias e aplicação de conhecimentos científicos são inseridos no setor produtivo para atender o mercado de grãos especiais.

Segundo Giomo et al. (2009) no mercado de cafés de qualidade são almejados cafés que apresentam perfil sensorial equilibrado, valorizando-se mais aqueles que possuem algum atributo qualitativo distinto dos demais cafés, principalmente em termos de sabor, aroma, acidez e sabor residual. O componente genético da planta exerce um efeito destacado na determinação da qualidade final do café e possíveis diferenças podem ser encontradas entre e dentro, a nível de espécies. A espécie *C. arabica* pode produzir cafés de bebidas superiores com mais sabor e aroma, enquanto a espécie *C. canephora* apresenta bebida neutra. Atualmente, os programas de melhoramento genético do cafeeiro investigam formas de aliar às características vegetativas, ao elevado potencial produtivo, à resistência às pragas e doenças das cultivares, as características de qualidade de bebida, principalmente quanto ao sabor e aroma (LEROY et al., 2006; CARVALHO et al., 2011).

Para a determinação do potencial de qualidade de genótipos de café Arábica e de novas cultivares desenvolvidas pelos programas de melhoramento genético para atender o mercado de especiais, é importante levar em consideração não só a pontuação final, mas também os atributos sensoriais e as nuances identificadas pelos provadores, uma vez que cafés especiais com notas finais iguais ou parecidas podem apresentar atributos distintos e singulares. Atributos como aroma, sabor, acidez e corpo devem ser avaliados metodicamente para a definição dos genótipos estudados.

Estudos revelaram a estreita relação da qualidade com diversos compostos químicos como as proteínas, cafeína, ácidos graxos, aminoácidos, açúcares e fenólicos (OOSTERVELD et al., 2003; FIGUEIREDO et al., 2013; MALTA; CHAGAS, 2009;

KNOPP; BYTOF; SELMAR, 2006). A composição química de genótipos varia substancialmente em relação à alguns compostos de interesse, no entanto o conteúdo de muitos desses compostos é fortemente influenciado por fatores ambientais e de processamento.

Com base no exposto, é evidente que identificar e quantificar os compostos químicos, bem como os atributos sensoriais do café é uma forma eficiente de medir a qualidade dos mesmos. Assim, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar o potencial dos acessos de *C. arabica* do banco ativo de germoplasma de Minas Gerais visando a produção de cafés especiais.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 Cafés Especiais

A criação do termo “cafés especiais” é creditada a Erna Knutsen, fundadora da Knutsen Coffees, que o teria utilizado pela primeira vez em um discurso em uma conferência internacional de café, realizada na França, em 1978. À época, o conceito era bem simples: cafés especiais seriam aqueles originados de microclimas geográficos especiais, que produziriam grãos com perfis sensoriais únicos/exclusivos. Isto porque a qualidade superior da bebida está diretamente relacionada à origem de produção, cujos atributos territoriais, a exemplo do solo, clima, altitude e temperatura, conferem aos grãos características raras, únicas e especiais.

A definição para cafés especiais não é precisa. No entanto, sabe-se que ela envolve tanto parâmetros relacionados à qualidade de bebida quanto às condições em que os grãos foram produzidos. Os cafés especiais diferenciam-se dos cafés comuns por características como qualidade superior da bebida, aspecto dos grãos, forma de colheita, tipo de preparo, origem dos plantios, cultivares, entre outras. Os cafés especiais devem apresentar um caráter distinto na xícara e serem notavelmente bons, ou seja, devem possuir elevado potencial de expressão de aroma e sabor (GIOMO;BORÉM, 2011; KITZBERGER et al., 2016).

O segmento de cafés especiais se consolidou entre os anos de 1970 e 1980, em plena crise de consumo norte americana. Um grupo de industriais fundou a Specialty Coffee Association of America (SCAA), com o objetivo de estimular o consumo e a produção de cafés especiais. É possível que tenha surgido como um meio de desviar as preocupações relacionadas à produção ou, ainda, para agregar valor ao produto (SCAA, 2017; FIGUEIREDO et al., 2013). A produção de cafés especiais se tornou a principal estratégia para manter a viabilidade econômica na produção de café, especialmente em regiões nas quais o alto custo de produção torna a produção de cafés comuns impraticáveis (FIGUEIREDO et al., 2015). No Brasil, na safra de 2016, foram colhidas aproximadamente 8 milhões de sacas de 60kg de cafés especiais, volume que representa 35,5% da demanda mundial do nicho, projetada pela Organização Mundial do Café em 22,5 milhões de sacas (CONAB, 2017). O mercado de grãos especiais cresce cerca de 15% ao ano, contra 2% do café *commodity* (BSCA, 2017). Esta evolução na produção de cafés especiais é devida principalmente, ao estímulo proporcionado pela alta demanda nos países importadores, consolidada a partir do aumento do consumo frente à terceira onda do café.

A qualidade diferenciada dos cafés especiais está relacionada com a qualidade intrínseca dos grãos, representando tudo aquilo que eles possuem em composição química originada a partir da interação entre genótipo x ambiente x processamento (BORÉM et al., 2016; RIBEIRO et al., 2016). Estes compostos irão, após a torra, desenvolver o aroma e sabor característicos da bebida, além dos atributos acidez, doçura e amargor. Além de possuírem qualidade diferenciada quanto aos atributos de sabor e aroma, os cafés especiais não podem apresentar nenhum defeito na xícara, e devem obter no mínimo 80 pontos de acordo com os protocolos estabelecidos para classificação de cafés especiais (LINGLE, 2011).

Neste contexto, é evidente que a qualidade dos cafés especiais é um critério consolidado para se atingir mercados que melhor remunerem o produto e que atendam às exigências dos consumidores, sendo, portanto, um caminho essencial para a valorização e manutenção dos cafés brasileiros nos mercados internacionais.

2.2 Melhoramento genético e qualidade de café

Vários fatores influenciam diretamente na produção de cafés de qualidade, e dentre todos, o componente genético da planta apresenta-se com um dos fatores mais importantes.

O cafeeiro pertence ao gênero *Coffea*, que agrupa 103 espécies. No entanto, destas 103 espécies existentes, apenas duas apresentam interesse comercial, a *Coffea arabica* e a *Coffea canephora*, representando quase a totalidade do café comercializado no mundo (ANTHONY et al., 2001). No Brasil, o primeiro café introduzido foi em 1727 e ficou conhecido como ‘Nacional’, descrito botanicamente como ‘typica’. A cultivar Típica foi a responsável pelo grande desenvolvimento inicial da cultura no país. Mais tarde a Bourbon Vermelho foi introduzida da Ilha de Reunião pelo governo brasileiro a fim de aumentar a produção do país. Logo surgiu na Bahia uma mutação da Típica, conhecida como Maragogipe, que apresentava porte alto e grãos com peneira alta (19-20), no entanto pouco produtiva. A cultivar Amarelo de Botucatu, também surgiu como possível mutação da Típica, mas no Estado de São Paulo. A cultivar Sumatra, foi introduzida da Ilha de Sumatra alguns anos depois.

Os primeiros trabalhos de melhoramento do cafeeiro se iniciaram no IAC, apenas com a identificação de linhagens superiores de Bourbon e Caturra. Uma grande mudança aconteceu com o desenvolvimento da cultivar Mundo Novo (FAZUOLI et al., 2008). A partir daí, seguiu-se o lançamento de diversas linhagens de Mundo Novo, e das cultivares Catuaí Vermelho e Catuaí Amarelo, dos Icatu e de derivados de cruzamento do híbrido *Coffea canephora* x *Coffea arabica* (CARVALHO, 2008). Os objetivos gerais do melhoramento genético neste período, eram relacionados primordialmente ao desenvolvimento de cultivares

com alta produção, vigor, e resistência a doenças. Com o aparecimento da ferrugem nas lavouras do Brasil, novos programas de melhoramento foram iniciados por outras instituições de pesquisa e universidades federais (antigo IBC hoje PROCAFÉ, UFLA, UFV, EPAMIG, INCAPER e IAPAR). As investigações sobre a qualidade da bebida foram intensificadas quando se verificou que não só as condições de cultivo e preparo, mas também a constituição genética influencia na determinação da qualidade final.

Basicamente, dentre os principais grupos genealógicos explorados no melhoramento genético pode-se destacar o grupo Bourbon, o grupo das cultivares tradicionais (Catuaí e Mundo Novo), o grupo Caturra, o grupo Híbrido de Timor e seus derivados. Outras cultivares mutantes e ou exóticas também apresentam importância para o melhoramento genético do café.

- Grupo Bourbon: dentro deste grupo existe duas variações importantes, a Bourbon Vermelho e a Bourbon Amarelo. A Bourbon Vermelho foi introduzida no Brasil em 1859 por ter informações de que era mais produtiva que a cultivar Típica e de boa qualidade. A forma xantocarpa (frutos amarelos) foi examinada pela primeira vez em 1930, sendo sua origem mais provável pela mutação de Bourbon Vermelho ou pela recombinação do cruzamento natural entre Bourbon Vermelho e Amarelo de Botucatu (CARVALHO, 2008). A cultivar Bourbon é reconhecida mundialmente pelo elevado potencial em produzir cafés especiais, pelo seu sabor adocicado e aromas característicos. É interessante salientar que a boa qualidade das novas cultivares mais modernas, é por muitas vezes atribuída, em parte, à própria constituição genética da cultivar Bourbon, pois esta entra direta ou indiretamente na constituição genética das novas cultivares (MALTA et al., 2014).
- Grupos de Catuaí e Mundo Novo: dentre as inúmeras cultivares disponíveis atualmente no Brasil, destaca-se principalmente as cultivares Mundo Novo e Catuaí. A Mundo Novo corresponde a uma recombinação resultante de um cruzamento natural entre as cultivares Sumatra e Bourbon Vermelho. O grupo dos ‘Catuaís’ é dividido em Catuaí Vermelho e Catuaí Amarelo, sendo Catuaí Amarelo obtida pelo cruzamento de Caturra Amarelo IAC 476-11 com Mundo Novo IAC 374-19 e a Catuaí Vermelho originou-se como produto de recombinação do cruzamento artificial entre cafeeiros selecionados das cultivares Caturra Amarelo IAC 476-11 e Mundo Novo IAC 374-19. São cultivares suscetíveis à ferrugem e aos nematoides, além de outras pragas e doenças, mas possuem elevado vigor e produtividade e por isso são responsáveis por ocupar 80% do parque cafeeiro brasileiro (PEREIRA et al., 2010).

- Grupo Caturra: as cultivares do grupo Caturra (Amarelo e Vermelho) são de porte baixo, provavelmente originadas de uma ou duas mutações naturais de Bourbon Vermelho, de porte alto. A forma amarela pode ter sido originada a partir de uma mutação da própria Caturra Vermelho. É a primeira mutação de café encontrada com porte reduzido e elevada capacidade produtiva. Em virtude de serem provindas de 100% do café Bourbon, o grupo Caturra apresenta bebida de ótima qualidade (CARVALHO, 2008)
- Grupo Híbrido de Timor e seus derivados: a maioria das cultivares melhoradas e resistentes à ferrugem atualmente em cultivo tem como fonte de resistência o germoplasma denominado Híbrido de Timor, selecionado pelo Centro de Investigação das Ferrugens do Cafeeiro (CIFC), Oeiras-Portugal. O Híbrido de Timor tem sua origem, possivelmente, em um cruzamento natural entre *C. arabica* x *C. canephora*. Pelas suas características de similaridade com as cultivares de *C. arabica* e, principalmente, pela sua resistência à ferrugem, o Híbrido de Timor sempre foi visto como muito promissor para o melhoramento do cafeeiro e, por isso, é muito utilizado para a obtenção de populações de café resistentes à ferrugem, a exemplo de Catimor, Sarchimor, Cavimor, Cachimor, Blumor e outros. Vários trabalhos confirmam que o germoplasma Híbrido de Timor pode ser utilizado também como fonte de genes para melhorar caracteres de interesse, como a qualidade de bebida (PEREIRA et al., 2010; CARVALHO, 2008).
- Outras cultivares: alguns materiais genéticos com pouca exploração também podem apresentar potencial para a utilização em programas de melhoramento genético que visem a qualidade de bebida, como por exemplo Maragogipe, Laurina, Geisha, Pacamara entre outros. O mutante Maragogipe surgiu a partir da cultivar Típica, que apresenta em geral as sementes, os frutos, as folhas e o porte das plantas maiores que os padrões usuais de cultivares de café, no entanto é pouco produtiva. Em El Salvador foi desenvolvida a cultivar Pacamara, oriunda do cruzamento da cultivar Pacas com a cultivar Maragogipe de frutos vermelhos e que apresenta boa qualidade de bebida. A variedade Laurina oriunda da Ilha de Reunião tem sido descrita como um provável híbrido entre *C. arabica* e *C. mauritiana*, a qual geralmente apresenta baixo teor de cafeína nos grãos e ótima qualidade de bebida. A variedade Geisha é um material genético que foi introduzido no Brasil dado à sua característica de possuir fatores de resistência à ferrugem. Sua característica mais importante é a ótima qualidade de bebida, com atributos bastante diferenciados, porém, sua produtividade tem sido muito

baixa. Neste sentido, alguns cruzamentos têm sido efetuados para melhoria da sua capacidade produtiva (CARVALHO, 2008; LOPEZ-GARCIA et al., 2016; FAZUOLI et al 2008).

O melhoramento genético para a qualidade de bebida é um processo de difícil execução, pois a qualidade que se avalia nos testes de bebida sofre considerável interferência do ambiente. Além disso, diferenças sutis nas qualidades organolépticas são de difícil caracterização e alto custo, dificultando o estudo dos grandes números de progênies em fase de seleção. Às vezes, a mesma amostra submetida a diferentes provadores recebem classificações discordantes, o que dificulta a seleção pelos melhoristas (CARVALHO et al., 2011). Contudo, vários trabalhos são desenvolvidos com o intuito de avaliar a qualidade sensorial de genótipos (FIGUEIREDO et al., 2013; RIBEIRO et al., 2016; SOBREIRA et al., 2015; GIMASE et al., 2014; KITZBERGER et al., 2016). Nos estudos de Scholz et al. (2013) foram avaliadas diversas cultivares de café arábica quanto ao perfil sensorial e aos atributos físico-químicos dos grãos, e foi observado diferença entre os genótipos para 23 atributos da bebida, destacando aqueles que mais se correlacionam com os atributos positivos do café.

A partir das informações sobre a qualidade de diferentes cultivares e linhagens e avaliando a composição química e o perfil sensorial dos grãos, cruzamentos e seleções visam o aproveitamento do potencial de genitores portadores de alelos favoráveis ao melhoramento genético do cafeeiro, para a produção de cafés especiais.

2.3 Banco Ativo de Germoplasma de *Coffea* spp. de Minas Gerais

Os bancos de germoplasma são de extrema importância para a manutenção e conservação de genótipos, pois servem de fonte de busca de genes desejáveis a serem introduzidos em programas de melhoramento genético (GUEDES et al., 2013). Um Banco de Germoplasma tão completo quanto possível seria de extrema importância para pesquisas genéticas, estudos filogenéticos e para o conhecimento e avaliação da variabilidade genética disponível no gênero *Coffea*. Contudo, um Banco de Germoplasma de café assim completo ainda não existe no Brasil ou em nenhum outro país (EIRA et al., 2007).

O Banco de Germoplasma de Café da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – Epamig foi organizado na Fazenda Experimental de Patrocínio a partir de 2005. Nele está sendo conservado um vasto germoplasma de *Coffea* spp. constituído por aproximadamente 1.500 acessos, principalmente da espécie arábica (LARA et al., 2014). O banco inclui linhagens da maioria das cultivares comerciais, bem como exemplares das cultivares mais antigas, tais como Típica, Bourbon Vermelho, Bourbon Amarelo, Caturra

Vermelho, Caturra Amarelo, Sumatra, Amarelo de Botucatu, Maragogipe, Villa Sarchi, San Ramon, Pacas e São Bernardo. O banco possui o maior número de seleções de Híbrido de Timor existentes no Brasil e progênies promissoras das diversas populações denominadas genericamente de Catimor, Sarchimor, Cavimor, Cachimor, Catindu e outras seleções portadoras dos fatores de resistência à ferrugem SH1, SH2, SH3 e SH4 simples ou associados (EIRA et al., 2007). O Banco foi organizado com a colaboração da Universidade Federal de Viçosa (UFV) e da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e mantém o germoplasma básico do programa de melhoramento genético do cafeeiro do Estado de Minas Gerais.

O Banco Ativo de Germoplasma de Minas Gerais (BAG) está instalado no Campo Experimental de Patrocínio da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG, situada a 18°59'26" de latitude sul, 48°58'95" de longitude oeste e 975 metros de altitude, na região do Alto Paranaíba. O solo é do tipo Latossolo Vermelho-amarelo distrófico e a topografia é plana, com ligeira inclinação. O clima de Patrocínio é um Clima Mesotérmico Subtropical Temperado, com chuvas de verão, inverno seco e verão quente (Wca), conforme classificação Koppen.

Segundo Costa et al. (2006) a completa caracterização dos acessos existentes em bancos de germoplasma facilita a identificação de genes de interesse, de modo a fornecer parâmetros para a escolha de genitores favoráveis à obtenção de populações segregantes em programas de hibridação.

2.4 Processamento pós-colheita

Após a colheita, o café pode ser processado via seca (natural) ou por via úmida (descascados, despulpados e desmucilados). O café Natural, é o modo mais antigo de processar o café recém colhido e consiste basicamente em submetê-lo à secagem na sua forma integral, ou seja, sem a retirada da casca e da mucilagem. Este é o método que menos afeta a condição natural do café, pois todas as suas partes constituintes são mantidas. Na produção de café cereja descascado (CD) parte da mucilagem que permanece aderida ao pergaminho após o descascamento é mantida e o café é conduzido diretamente para a secagem. O café desmucilado é obtido a partir da retirada total da mucilagem aderida ao pergaminho logo após o descascamento, por desmuciladores mecânicos. Já o café despulpado, é obtido geralmente por fermentação espontânea em tanques de concreto, removendo-se a mucilagem remanescente por meio de hidrólise dos compostos da mucilagem (BORÉM, 2008; MALTA, 2011).

A escolha do método de processamento pós-colheita do café está diretamente relacionada com os aspectos econômicos, climáticos e tecnológicos, além de exigências do mercado consumidor (ISQUIERDO et al., 2012). É bem conhecido que o modo de processamento do café, seja pelo método via úmida ou via seca, influencia fortemente e distingue a qualidade dos cafés, estabelecendo perfis sensoriais distintos.

As mudanças nas características sensoriais, pelo método de processamento, foram justificadas por muito tempo pelo fato de que os frutos maduros geralmente são usados para o processamento via úmida, enquanto que para a via seca eram usados frutos em diferentes estádios de maturação. No entanto, vários estudos realizados com a mesma matéria-prima (somente frutos cerejas) apresentaram também perfis sensoriais e composição química diferentes para processamentos diferentes (MALTA et al., 2013; TAVEIRA et al., 2015; KNOPP; BYTOF; SELMAR, 2006). Além disso, reações metabólicas envolvidas com a germinação das sementes de café são fortemente determinadas pelo método de processamento pós-colheita, influenciando especificamente na qualidade da bebida (SELMAR, KLEINWÄCHTER E BYTOF, 2015).

De maneira geral sabe-se que os cafés obtidos pelo processamento via seca, ou seja, os cafés naturais, apresentam na xícara bebida mais doce e encorpada e maiores teores de açúcares (TAVEIRA et al., 2016; KNOPP; BYTOF; SELMAR, 2006; JOET et al., 2010). Os cafés do processamento via úmida são conhecidos por apresentarem uma acidez agradável e desejável e menor corpo da bebida, além de apresentarem também boa pontuação para a bebida limpa (SELMAR; KLEINWÄCHTER; BYTOF, 2015; CORADI; BORÉM; OLIVEIRA, 2008).

Em um estudo desenvolvido por Malta et al. (2013), utilizando a metodologia de avaliação de cafés especiais SCAA, os autores observaram diferenças significativas para as notas dos atributos doçura, acidez, impressão global e nota final para cafés processados pelos métodos via úmida e via seca.

2.5 Análise Sensorial

A análise sensorial é definida como a ciência usada para evocar, medir, analisar e interpretar reações das características dos alimentos e materiais como são percebidas pelos sentidos da visão, olfato, gosto, tato e audição. Esta ferramenta tem se mostrado importante para identificar e atender os anseios dos consumidores, envolvendo um conjunto de técnicas diversas elaboradas com a intenção de avaliar um produto quanto à sua qualidade sensorial (TEIXEIRA, 2009; MININ, 2010).

Para avaliar a qualidade sensorial do café são necessários testes apropriados, capazes de possibilitar a identificação das diferentes características sensoriais entre amostras de produtos; descrever as notas de aroma e sabor dessas amostras e determinar uma preferência entre produtos.

Com o advento dos cafés especiais, foram desenvolvidas metodologias baseadas na pontuação dos atributos da bebida do café e permitindo a caracterização mais completa e profunda das amostras analisadas. Entre as diversas metodologias aplicadas na análise sensorial de cafés de alta qualidade, destaca-se aquela aplicada pela Associação Americana de Cafés Especiais (SCAA). A análise sensorial para cafés especiais segundo protocolo da SCAA baseia-se na metodologia proposta pelo livro escrito por Ted Lingle em 1985, e determina as diferenças sensoriais das amostras pontuando de 6 a 10 pontos os 10 atributos da bebida. Cafés com resultado final acima de 80 pontos são classificados como cafés especiais. (LINGLE, 2011).

Os atributos avaliados pela metodologia SCAA são representados pela fragrância/aroma, sabor, finalização, acidez, corpo, equilíbrio, impressão global, uniformidade, xícara limpa e doçura. Segundo Illy e Viani (2005), um provador de café precisa ter sensibilidade olfativa e gustativa para poder diferenciar nuances especiais formadas na bebida do café, identificando com precisão a qualidade do café.

Embora possa parecer uma avaliação subjetiva, a análise sensorial é o método mais utilizado para a caracterização da qualidade da bebida do café e, ainda que esteja sujeito a erros, ainda é a maneira mais coerente de avaliação, tendo em vista a complexidade dos vários fatores que envolvem a expressão de aromas e sabores (GIOMO; BORÉM, 2011). Donfrancesco et al. (2014) compararam os resultados obtidos por duas metodologias para a avaliação da qualidade sensorial de cafés, a metodologia SCAA e a Análise Descritiva Quantitativa (ADQ), e concluíram que a metodologia da prova de xícara (SCAA) é uma ferramenta útil que atende a proposta de definir a qualidade do produto.

Para selecionar a metodologia que será utilizada para avaliar a qualidade do café é necessário definir quais são os objetivos da análise, qual a aplicação do café, qual mercado se destinará e qual o nível técnico de conhecimento dos degustadores disponíveis para a avaliação. Deve-se ressaltar que se um café é considerado verdadeiramente bom, este deve ser avaliado como bom em todas as metodologias de análise sensorial.

2.6 Composição química do Café

A qualidade do café está diretamente relacionada aos diversos constituintes químicos presentes nos grãos crus, que durante o processo de torração irão participar de várias reações, como por exemplo, a reação de Maillard, originando diversos compostos formadores do aroma e sabor característicos. A composição química dos grãos crus de café varia de acordo com a espécie, a cultivar, o manejo na lavoura, o processamento de colheita e pós-colheita e das condições climáticas. (CLARKE; MACRAE, 1985; BERTRAND et al., 2008; CHENG et al., 2016; FRANCA et al., 2005).

A química do café é altamente complexa, representada por uma gama de compostos que atuam individualmente ou em grupos de compostos químicos na formação do sabor e aroma da bebida. Alguns compostos chave como a cafeína e a sacarose e os grupos de proteínas, ácidos graxos e compostos fenólicos são considerados significativos para a qualidade do café.

Os açúcares presentes nos grãos crus de café são dependentes principalmente da genética e do ambiente de cultivo da lavoura, além do estágio de maturação dos frutos (BORÉM et al., 2016). Os principais açúcares livres encontrados nos grãos de café são a sacarose, glicose e frutose. A sacarose é o açúcar em quantidades maiores, representando quase o total do conteúdo de açúcares livres. Durante a torração dos grãos, aproximadamente 98% do conteúdo de sacarose é reduzido (ROGERS et., 1999; KNOPP; BYTOF; SELMAR, 2006) e os açúcares redutores e outros produtos primários de degradação reagem por fragmentação, caramelização e por interação com aminoácidos e proteínas, formando os ácidos orgânicos voláteis e produtos da reação de Maillard que contribuem para o sabor e aroma da bebida (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010). Além disso os açúcares contribuem para a doçura da bebida, que é considerada um dos atributos mais desejáveis em cafés especiais. Vários estudos sinalizam que as operações pós colheita exercem considerável influência no conteúdo de açúcares redutores (BYTOF et al., 2005; KNOPP; BYTOF; SELMAR, 2006).

A cafeína é um derivado da xantina que apresenta sabor amargo e característico. Os níveis de cafeína nos grãos não se alteram durante o processo de torração, mas variam fortemente entre e dentro da espécie, a *C. arabica* é conhecida por menor teor de cafeína (0,6 – 1,8%), enquanto a *C. canephora* possui valores mais altos (1,2 - 4%). Em algumas espécies de café não há cafeína (BICHO et al., 2013; MAZZAFERA; CARVALHO, 1991). A concentração de cafeína presente no café é responsável por 10% do seu amargor. Existem relatos que maiores teores de cafeína são encontrados em cafés de padrão bebida mole (FARAH et al., 2006; FRANCA; MENDONÇA; OLIVEIRA, 2005). No entanto, avaliando a

correlação entre cafeína e atributos sensoriais de cafés especiais Fassio et al. (2016) e Avelino et al. (2005) não encontraram relação satisfatória. A cafeína apresenta diversas atividades biológicas, como estimulação do sistema nervoso central, efeito diurético, estimulação do miocárdio, entre outros (RODRIGUES; SALVA; BRAGAGNOLO, 2015).

Os grãos crus de café apresentam uma fração proteica composta por proteínas solúveis, insolúveis, aminoácidos livres e peptídeos, sendo as proteínas solúveis as mais representativas. O conteúdo de proteínas nas cultivares de café Arábica varia entre 9 a 12% de matéria seca (CLARKE; MACRAE, 1985). Durante a torração, as proteínas podem ser degradadas em moléculas menores que reagem com carboidratos e compostos fenólicos, gerando uma mistura complexa de compostos voláteis que proporcionam o aroma de café torrado (FARAH; DONANGELO, 2006; BOEKEL, 2006; SUNARHARUM et al., 2014).

Os lipídeos são os componentes principais do café e correspondem de 11 a 20% na espécie *C. arabica* e 7 a 10% em cultivares da espécie *C. canephora* (AGUIAR et al., 2005; TRUGO, 2003). Os compostos principais dos lipídeos são os ácidos graxos, compostos que contêm uma cadeia alifática e um grupo carboxílico. No café, encontram-se principalmente os triacilgliceróis com ácidos graxos em proporções semelhantes aos óleos vegetais comuns, comestíveis, sendo importantes transportadores de aromas nos grãos de café torrado (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010; PETRACCO, 2005). Os lipídeos podem ser considerados como potenciais contribuintes para o desenvolvimento de *off-flavor* devido à oxidação, mas também são importantes componentes de proteção dos grãos.

Os principais ácidos graxos presentes nos grãos de café são: mirístico (C14:0), palmítico (C16:0), palmitoleico (C16:1), esteárico (C18:0), oleico (C18:1), linoleico (C18:2), linolênico (C18:3), araquídico (C20:0), eicosanoico (C20:1) e ácido behênico (C22:0). Estes ácidos graxos desempenham um papel fundamental na qualidade dos grãos (JOET et al., 2010; FIGUEIREDO et al., 2015; MARTÍN et al., 2001) e de acordo com Bertrand et al. (2008) e Vilarreal et al. (2009) o conteúdo de ácidos graxos nos grãos de café é um bom candidato para discriminar cultivares e ambiente.

Os compostos fenólicos são conhecidos por sua atividade antioxidante contra radicais livres, proporcionando benefícios à saúde humana. Este grupo de compostos estão presentes em todos os vegetais e compreendem um grupo heterogêneo de substâncias, umas com estrutura química relativamente simples e outras complexas, como taninos e ligninas. Os ácidos clorogênicos são os principais compostos fenólicos do café, presentes na forma de diversos isômeros. Representam de 6 a 12% nos grãos crus e são considerados responsáveis pela adstringência percebida na bebida, o que irá depender de sua concentração (FARAH et

al., 2006; FRANÇA et al., 2005). Sabe-se que o conteúdo total de fenólicos em grãos crus de café pode variar substancialmente de acordo com a espécie e o grau de maturação (RODRIGUES; SALVA; BRAGAGNOLO, 2015). As práticas agrícolas, clima e composição do solo também podem contribuir para mudanças no conteúdo e distribuição dos fenólicos (MONTEIRO; FARAH, 2012). Durante o processo de torração os compostos fenólicos são intensamente degradados, originando pigmentos e componentes voláteis do aroma, como fenol e vinilguaiacol (BICHI et al., 1995).

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A.T.E. et al. Diversidade química de cafeeiros na espécie *Coffea canephora*. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.4, p.577-582, 2005.
- ANTHONY, F. et al Genetic diversity of wild coffee (*Coffea arabica* L.) using molecular markers. **Euphytica** v.118, n.1, p.53- 65, mar. 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CAFÉS ESPECIAIS. (2017). O que são cafés especiais? 2017. Disponível em: < <http://bsca.com.br/cafes-especiais.php>> Acesso em: 26 de junho de 2017.
- AVELINO, J. et al. Effects of slope exposure, altitude and yield on coffee quality in two altitude terroirs of Costa Rica, Orosi and Santa Maria de Dota. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Malden, v.85, n.11. 2005.
- BICHI, C.P. et al. Characterization of green and roasted coffees through the chlorogenic acid fraction by HPLC-UV and component analysis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.43, n.6, p.1549-1555, jun. 1995.
- 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**, Easton, v.56, n. 6, p.2273-2280, mar. 2008. DOI: 10.1021/jf073314f.
- BICHO, N.C. et al. Quality assessment of Arabica and Robusta green and roasted coffees – A review. *Emir. J. Food Agric*, v.25, n.12, p.945-950, ago. 2013. doi: 10.9755/ejfa.v25i12.17290
- BOEKEL, M.A.J.S. Formation of flavour compounds in the Maillard reaction. **Biotechnology Advances**, Amsterdam, v.24, p.230-233, jan. 2006.
- BORÉM, F.M. **Pós-colheita do café**. Lavras: Editora UFLA, 2008. 631p.
- BORÉM, F.M. et al. The relationship between organic acids, sucrose and the quality of specialty coffees. **African Journal of Agriculture Research**, v.11, n.8, p.709-717, fev.2016.
- BYTOF, G. et al. Influence of processing on the generation of γ -aminobutyric acid in green coffee beans. **European Food Research and Technology**, v.220, p.245-250, 2005.
- CARVALHO, C.H.S. **Cultivares de café: origem, características e recomendações**. Brasília: Embrapa, 2008. 334p.
- CARVALHO, G.R. et al. Melhoramento genético do café visando à qualidade da bebida. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.32, n261. 2011.
- CHENG, B. et al. Influence of genotype and environment on coffee quality. **Trends in Food Science & Technology**, v.57, part A, p.20-30. nov. 2016. doi: 10.1016/j.tifs.2016.09.003.
- CLARKE, R.J.; MACRAE, R. **Coffee: chemistry**. New York: Elsevier, 1985, 1.ed, 306p.
- CORADI, P. C.; BORÉM, F. M.; OLIVEIRA, J. A. Qualidade do café natural e despulpado após diferentes tipos de secagem e armazenamento. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.**, Campina Grande, v. 12, n. 2, p. 181-188, abr. 2008.
- COSTA, M.N. et al. Divergência genética entre acessos e cultivares de mamoneira por meio de estatística multivariada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.1617-1622, 2006. DOI: 10.1590/S0100-204X2006001100007
- CONAB (2017). Acompanhamento da Safra Brasileira de grãos. n4 Quarto levantamento. jan 2017. ISSN: 2318-6852. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_01_11_11_30_39_boletim_graos_janeiro_2017.pdf> Acesso em 20 março de 2017.
- DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L.; FENNEMA, O.R. **Química de Alimentos de Fennema**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900p.

- DONFRASCESCO, B. et al. Comparison of results from cupping and descriptive sensory analysis of colombian brewed coffee. *Journal of Sensory Studies*, v.29, n. p.301-311, jun.2014. doi:10.1111/joss.12104.
- EIRA, M. T. S. et al. Bancos de germoplasma de café no Brasil: base do melhoramento para produtividade e qualidade. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 6. 2007, Vitória. **Anais e Proceedings...** Águas de Lindóia: SBC, 2007. CD-ROM.
- FARAH, A. et al. Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee. **Food Chemistry**, Oxford, v.98, n.2, p.373-380, 2006.
- FARAH, A.; DONANGELO, C.M. Phenolic compounds in coffee. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.18, p.23-26, 2006.
- FASSIO, L.O. et al. Sensory description of cultivars (*Coffea arabica* L.) resistant to rust and its correlation with caffeine, trigonelline, and chlorogenic acid compounds. **Beverages**, v.2 n.1, jan. 2016.
- FAZUOLI, L.C et al. Cultivares de café arábica de porte alto. In: CARVALHO, C. H. S. de (Ed.). **Cultivares de café: origem, características e recomendações**. Brasília: EMBRAPA Café, 2008. p. 227-254.
- FIGUEIREDO, L. P. et al. The Potential for High Quality Bourbon Coffees From Different Environments. **Journal of Agricultural Science**, v. 5, n. 10, p. 87, 2013.
- FIGUEIREDO, L.P. et al. Fatty acid profile and parameters of quality of specialty coffees produced in diferente Brazilian regions. **African Journal of Agricultural Research**, v.10, n.35, p.3484-3493, aug. 2015.
- FRANCA, A.S.; MENDONÇA, J.C.F.; OLIVEIRA, S.D. Composition of green and roasted coffees of diferente cup qualities. **LWT – Food Science and Technology**, Oxford, v.38, n.7, p.709-715, 2005.
- GIMASE, J.M. et al. Beverage quality and biochemical attributes of arabusta coffee (*C. arabica* L.x *C. canephora* Pierre) and their parental genotypes. **African Journal of Food Science**, v.8, n.9, p.456-464, set.2014.
- GIOMO, G.S. et al. Análise sensorial aplicada à avaliação da qualidade de bebida de café submetido a diferentes métodos de processamento e secagem. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 5. 2009. **Anais e Proceedings...** Vitória: SBC, 2009. CD-ROM.
- GIOMO, G.S; BORÉM, F.M. Cafés especiais do Brasil: opção pela qualidade. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.32, n261. 2011.
- GUEDES, J.M. et al. Divergência genética entre cafeeiros do germoplasma Maragogipe. **Bragantia**, Campinas, v. 72, n. 2, p.127-132, 2013.
- ILLY, A.; VIANI, R. **Espresso coffee: the chemistry of quality**. London: Academic, 1995. 253p.
- ISQUIERDO, E.P. et al. Qualidade do café natural submetido a diferentes períodos de repouso durante a secagem. **Ciência e agrotecnologia**, 36, n.4, p.439-445. 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542012000400008>.
- JOET, T. et al. Influence of environmental factors, wet processing and their interactions on the biochemical composition of green Arabica coffee beans. **Food Chemistry**, v. 118, n. 3, p. 693-701, 2010.
- KITZBERGER, C.S.G. et al. Profile of the diterpenes, lipid and protein content of diferente coffee cultivars of three consecutive crops. **AIMS Agriculture and Food**, v.1, n.3, p.254-264, jun.2016.
- KNOPP, S. et al. 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.
- LARA, J.M.R.A. et al., Caracterização de formas botânicas diversas do Banco Ativo de Germoplasma de cafeeiros do Estado de Minas Gerais, Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 4, p.383-389, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.0208>.

- LINGLE, T. R. **The coffee cupper's handbook: a systematic guide to the sensory evaluation of coffee's flavor**. Long Beach, CA: Specialty Coffee Association of America. 2011.
- LEROY, T. et al. Genetics of coffee quality. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v.18, n.1 p.229-242, jan/mar. 2006.
- LÓPEZ-GARCIA, F.J. et al. Producción y calidad em variedades de café (*Coffea arabica* L) em Veracruz, Mexico. **Rev. Fitotec. Mex**, vol. 39, n.3, p.297-304, 2016.
- MALTA, M.R.; CHAGAS, S.J.R. Avaliação de compostos não-voláteis em diferentes cultivares de cafeeiro produzidas na região sul de Minas Gerais. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.31, n.1, p. 57-61, 2009. DOI: 10.4025/actasciagron.v31i1.6629.
- MALTA, M.R. Processamento e qualidade do Café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.32, n261. 2011.
- MALTA, M.R. et al. Alterações na qualidade do café submetido a diferentes formas de processamento e secagem. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 21, n. 5, p. 431-440, set/out. 2013.
- MALTA, M.R. et al. Potencial das novas cultivares de café arábica para produção de cafés especiais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.35, Edição Especial. 2014.
- MARTÍN, M.J. et al Fatty acid profiles as discriminant parameters for coffee varieties differentiation. **Talanta**, London, v.54, n.2, p.291-297, abr.2001.
- MAZZAFERA, P. et al. Caffeine metabolism in *Coffea arabica* and others species of coffee. **Phytochemistry**, Oxford, v. 30, n. 12, p. 3913-3916, 1991.
- MININ, V.P.R. **Análise Sensorial: estudos com consumidores**. 2ed. Viçosa, MG. Ed. UFV, 2010. 308p.
- OOSTERVELD, A. et al Effect of roasting on the carbohydrate composition of *Coffea arabica* beans. **Carbohydrate Polymers**, London, v.54, n.2, p. 183-193, 2003.
- PEREIRA, A.A. et al. Cultivares: origem e suas características. In: REIS, P.R.; CUNHA, R.L. **Café Arábica do plantio à colheita**. Lavras:U.R.Epamig, 1.v. 2010, 896p.
- PETRACCO, M. Our everyday cup of coffee:the chemistry behind its magic. **Journal of Chemical Education**, Easton, v.82, n.8, p.1161-1167, aug. 2005.
- RIBEIRO, D.E. et al. Interaction of genotype, environment and processing in the chemical composition expression and sensorial quality os Arabica coffee. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, n.27, p. 2412-2422, jul. 2016. DOI: 10.5897/AJAR2016.10832
- RODRIGUES, N.P.; SALVA, T.J.G; NEURA, B. Influence of Coffee Genotype on Bioactive Compounds and the in Vitro Capacity To Scavenge Reactive Oxygen and Nitrogen Species. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**. v.63, p.4815-4826. abr. 2015 DOI: 10.1021/acs.jafc.5b00530.
- ROGERS, W.J. et al. Changes to the content of sugars, sugar alcohols, myo-inositol, carboxylic acids and inorganic anions in developing grains from different varieties of Robusta (*Coffea canephora*) and Arabica (*C. Arabica*) coffees. **Plant Science**, v.149, n. p.115-123. 1999. DOI: 10.1016/S0168-9452(99)00147-8.
- SCHOLZ, M. B. S. et al. Atributos sensoriais e características físico-químicas de bebida de cultivares de café do IAPAR. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 1, p. 6-16, 2013.
- SELMAR, D.; KLEINWACHTER, M.; BYTOF, G. **Metabolic Responses of Coffee Beans During Processing and Their Impact on Coffee Flavor**. In: SCHWAN, R. F.; FLEET, G. H. (Eds.). **Cocoa and Coffee Fermentations**. 1st. ed. Boca Raton: CRC Press, 2015. p. 431-476.
- SOBREIRA, F.M. et al. Sensory quality of arabica coffee (*Coffea arabica* L) genealogic groups using the sensogram and contente analysis. **Australian Journal of Crop Science**, v.9, n.6, p.486-493. 2015

- SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA. (2017) **SCAA protocols cupping specialty coffee**. 2017. Disponível em:< <http://scaa.org/PDF/resources/cupping-protocols.pdf>.> Acesso em: 26 de junho de 2017.
- SUNARHARUM, w.b. et al. Complexity of coffee flavor: A compositional and sensory perspective. *Food Research International*, v.62 n., p.315–325. 2014.
- TAVEIRA, J.H.S. et al. Potential markers of coffee genotypes grown in different Brazilian regions: A metabolomics approach. **Food Research International**, v.61, n. p.75-82, jul. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.02.048>.
- TAVEIRA, J.H.S. et al. Post-harvest effects on beverage quality and physiological performance of coffee beans. **African Journal of Agricultural Research**, v.10, n.12, p.1457-1466, mar. 2015.
- TEIXEIRA, L.V. Análise sensorial na indústria de alimentos. **Rev. Inst. Latic. “Cândido Tostes”**, v.64, n.336. 2009.
- TRUGO, L.C. Analysis of coffee products. In TRUGO, L.C.; FINGLAS, P.M. (Ed.). **Encyclopedia of food sciences and nutrition**. 2.ed. New York: Academic, 2003, p.1498-1506.
- VILLARREAL, D. et al. Genotypic and environmental effect on coffee (*Coffea arabica* L.) bean fatty acid profile: impact on variety and origins chemometric determination. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Easton, v.57, n.23, p.11321-11327, 2009.

SEGUNDA PARTE - ARTIGOS

ARTIGO 1

Avaliação do perfil sensorial de acessos de *C. arabica* L. do Banco Ativo de Germoplasma de Minas Gerais - Brasil em duas colheitas consecutivas

Larissa de Oliveira Fassio^{1*}, Marcelo Ribeiro Malta², Gladyston Rodrigues Carvalho², Antônio Alves Pereira², Gilberto Rodrigues Liska³, Máisa Mancini Matioli Sousa¹, Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira⁴

*Autor correspondente: fassiolaris@gmail.com

¹ Doutoranda no Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras. Campus Universitário. 37200-000, Lavras, Brasil.

² Pesquisador Dr da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais. Unidade Sul de Minas. 37200-000, Lavras Brasil.

³ Professor Dr na Universidade Federal do Pampa. Campus Universitário. 97650-000, Itaqui, Brasil.

⁴ Professor Dr no Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras. Campus Universitário. 37200-000, Lavras, Brasil.

Normas Australian Journal of Crop Science (Versão preliminar de artigo)

RESUMO

Este estudo foi desenvolvido para determinar a qualidade de bebida e o perfil sensorial de acessos de *C. arabica* do Banco Ativo de Germoplasma de Minas Gerais em duas colheitas consecutivas. Para isto, 49 acessos foram colhidos seletivamente nas safras 2015 e 2016 e avaliados sensorialmente por uma equipe de juízes treinados de acordo com os protocolos da Associação Americana de Cafés Especiais. Os dados foram analisados por Análise de Componentes Principais, Análise Hierárquica de Cluster e Análise de Conteúdo. O ano de colheita influenciou nas notas de sabor, fragrância, aftertaste e corpo de alguns acessos. 16 acessos apresentaram variabilidade para a nota final em função do ano de colheita os acessos MG0224 (Pacamara), MG0277 (Híbrido de Timor UFV376-52) e MG0625 (BE5 Wash Wash) se sobressaíram quanto à pontuação final nos dois anos de avaliação. Foram identificados 139 termos descritores dos atributos sensoriais, e a análise de conteúdo mostrou níveis diferentes para a frequência dos termos em cada grupo de acesso. O Banco Ativo de Germoplasma possui ampla variabilidade para a produção de cafés com qualidade superior, e o ano de colheita influenciou o potencial de qualidade de alguns acessos.

Palavras-chave: genótipos; análise de conteúdo; processamento natural; qualidade de bebida

1. Introdução

O consumo de cafés especiais aumentou 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 conceito de cafés especiais é amplo e depende do segmento para o qual se aplica. Portanto, para fazer uma abordagem imparcial considera-se apropriado utilizar o conceito de especialidade, de algo muito bom, de qualidade superior e diferenciada (Giomo e Borém et al., 2011). A qualidade diferenciada está relacionada as características da bebida, como o sabor, aroma, acidez,

doçura e corpo (Lingle, 2011) produzidos durante a torração pelos compostos precursores presentes no grão cru, e são influenciados principalmente por fatores genéticos, edafoclimáticos e pós-colheita (Leroy et al., 2006; Kathurima et al., 2009; Kitzberger et al., 2016; Ribeiro et al., 2016; Bytof et al., 2007).

O componente genético exerce importante influência na definição de sabor e aroma do café. A espécie *C. arabica* é a que possui maior potencial para produzir cafés de qualidade superior dentro do gênero *Coffea* (Teressa et al., 2010; Tessema et al., 2011; Leroy et al., 2006). A *C. arabica* é originária da Etiópia e foi propagada e disseminada em todo o mundo a partir de um número reduzido de plantas, o que levou a uma estreita base genética dentro das cultivares de café Arábica (Scholz et al., 2016). Para aumentar a variabilidade genética, várias introduções têm sido realizadas desde 1928 e transferidas para bancos de germoplasma ao redor do mundo, mantidos até os dias atuais e utilizados para a produção de novas cultivares mais produtivas, adaptadas às regiões de cultivo e resistentes a doenças (Anthony et al., 2001; Gimase et al., 2014; Kathurima et al., 2009; Tessema et al., 2011; Scholz et al., 2016; Fazuoli et al., 2008).

A coleção de acessos de *Coffea* do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de Minas Gerais é composta por aproximadamente 1.500 acessos, dentre eles diversos mutantes que representam formas silvestres espontâneas e subespontâneas de *C. arabica*. Algumas dessas mutações de natureza gênica foram úteis para o desenvolvimento de novas cultivares (Lara et al., 2014) algumas com alto potencial de qualidade de bebida (Pereira et al., 2010; Fassio et al., 2016; Carvalho et al., 2016; Pereira et al., 2008). Pouco se sabe sobre a qualidade de bebida dos acessos do BAG de Minas Gerais. Neste sentido, Sobreira et al. (2015a) e Sobreira et al. (2016) avaliaram alguns acessos desta coleção quanto à qualidade sensorial e observaram ampla variação genética para os atributos sensoriais da bebida. No entanto, é necessário conhecer melhor o potencial de qualidade do germoplasma implantado em Minas Gerais, para dar suporte aos programas de melhoramento do cafeeiro que visem a obtenção de novas cultivares para a produção de cafés especiais.

O ciclo fenológico das plantas de café apresenta uma sucessão de estádios vegetativo e reprodutivo ao longo de dois anos (Camargo e Camargo, 2001). Após o desenvolvimento dos ramos vegetativos no ano anterior, a floração ocorre durante a primavera seguinte e então começa o segundo ano fenológico. Durante este período, as flores polinizadas formam chumbinhos que se expandem gradualmente até aproximadamente 120 dias após a polinização. Ao final do processo, os grãos atingem seu tamanho normal e começa a maturação do fruto (Kitzberger et al., 2016). A disponibilidade de água e a temperatura

durante este período devem ser adequadas para o desenvolvimento completo do grão e para facilitar a acumulação dos principais precursores de aromas e sabores da bebida (Pezzopane et al., 2012). Alguns estudos mostram variação na composição química de genótipos de café Arábica em função de três colheitas consecutivas (Kitzberger et al., 2016; Alonso-Salces et al., 2009), no entanto ambos os trabalhos não apresentaram resultados a respeito da qualidade da bebida.

Devido a importância do componente genético e das condições climáticas na definição da qualidade de variedades de café Arábica, objetivou-se avaliar o potencial de qualidade de acessos de *C. arabica* do Banco Ativo de Germoplasma de Minas Gerais, em função de duas colheitas consecutivas e caracterizar o perfil sensorial desses acessos.

2. Material e Métodos

2.1 Descrição do local de estudo

O Banco Ativo de Germoplasma de Minas Gerais (BAG) está instalado no Campo Experimental de Patrocínio da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG, situada a 18°59'26" de latitude sul, 48°58'95" de longitude oeste e 975 metros de altitude, na região do Alto Paranaíba. O solo é do tipo Latossolo Vermelho-amarelo distrófico e a topografia é plana, com ligeira inclinação. O clima de Patrocínio é um Clima Mesotérmico Subtropical Temperado, com chuvas de verão, inverno seco e verão quente (Wca), conforme classificação Köppen. Os valores médios de temperatura e precipitação para o período de avaliação estão descritos na Figura 1. Os valores médios são para o período do ciclo fenológico do café, de floração à colheita.

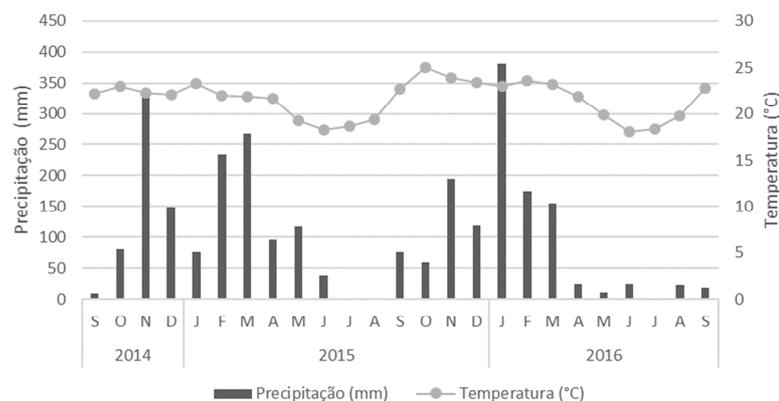


Figura 1. Valores médios mensal de temperatura (°C) e precipitação (mm) em Patrocínio nos períodos correspondentes ao ciclo fenológico da planta de café.

Houve condições favoráveis de precipitação e temperatura para o bom desenvolvimento dos frutos nas fases que antecedem a colheita. Diferentes níveis de

precipitação durante o ciclo de desenvolvimento e maturação dos grãos (outubro a março) foi observado, no entanto, o nível foi adequado para a completa frutificação. No período de secagem dos frutos (maio a julho) os índices de precipitação e temperatura foram apropriados para o processo de secagem correto dos frutos.

2.2 Genótipos avaliados

Foram avaliados 49 acessos de *C. arabica*, implantados no campo, no delineamento estatístico de blocos casualizados (DBC), com duas repetições e dez plantas por parcela, em dois anos de colheita (2015 -2016). A codificação e descrição dos acessos de café estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Código, identificação e local de 49 acessos de *C. arabica* do Banco Ativo de Germoplasma de Minas Gerais.

Código Do Acesso	Identificação	Local de Coleta	
1	MG0006	Bourbon Amarelo	Fazenda Santo Antônio – Araponga MG
2	MG0009	Bourbon Amarelo	Sítio São José - Dois Córregos SP
3	MG0011	Bourbon Vermelho	Fazenda São João Batista – Campos Altos MG
4	MG0016	Bourbon Vermelho	Fazenda São Domingos - Monte Santo MG
5	MG0020	Bourbon Amarelo T7	Fazenda Recreio - São Sebastião da Grama SP
6	MG0036	Bourbon Amarelo T8	Fazenda Recreio - São Sebastião da Grama SP
7	MG0041	Bourbon Amarelo T13	Fazenda Recreio - São Sebastião da Grama SP
8	MG0043	Bourbon Amarelo T15	Fazenda Recreio - São Sebastião da Grama SP
9	MG0064	Bourbon Vermelho	Fazenda Bela Vista – Guaraniésia SP
10	MG0130	Sumatirão Ponta Roxa	Sítio São José – Cambira PR
11	MG0131	Sumatra	Dois Córregos SP
12	MG0133	Sumatirão Ponta Roxa	Sítio Salvalagio – Cambira PR
13	MG0143	Planta Roxa	Dois Córregos SP
14	MG0152	Icatu Precoce IAC 3282	C. Exp. Pioneiros Café do Cerrado - Patrocínio-MG
15	MG0158	Maragogipe	Sítio Céu Azul – Muzambinho MG
16	MG0175	Caturra X H.T. IAC 2012	Área Experimental do Fundão – Viçosa MG
17	MG0189	Caturra Alaranjado	Fazenda Gromongol – Ervália MG
18	MG0191	Caturra Amarelo	Sítio São José - Dois Córregos MG
19	MG0193	Caturra Amarelo	C. Exp. Pioneiros Café do Cerrado - Patrocínio MG
20	MG0194	Caturra Amarelo Colombiano	Fazenda da Gruta - Marechal Floriano ES
21	MG0216	Caturra Vermelho UFV 534 C83	Área Experimental do Fundão – Viçosa MG
22	MG0217	Caturra Vermelho UFV 534 C80	Área Experimental do Fundão – Viçosa MG
23	MG0218	Caturra Amarelo	Campo Experimental de Café - Martins Soares MG
24	MG0219	Caturra Amarelo	Campo Experimental de Café - Martins Soares MG
25	MG0221	Caturra Amarelo Nanição	Fazenda da Gruta - Marechal Floriano ES
26	MG0223	Pacamara	Instituto Agronômico do Paraná – Londrina PR
27	MG0224	Pacamara	Instituto Agronômico do Paraná – Londrina PR

28	MG0228	Laurina	Fazenda da Ilha – Alfenas MG
29	MG0230	Catuai Erecta	Sítio São José - Dois Córregos MG
30	MG0231	Erecta	Fazenda da Ilha – Alfenas MG
31	MG0233	Obatã Amarelo	Fazenda da Onça - Guaranésia MG
32	MG0235	Trifolia	Fazenda da Ilha - Alfenas MG
33	MG0245	Obatã Tardio	Dois Córregos MG
34	MG0250	Catuai Amarelo SL 6	Faz. Experimental de Mococa – Mococa SP
35	MG0258	Catuai Vermelho PI 06	Fazenda da Onça – Guaranésia MG
36	MG0277	Híbrido Timor UFV 376-52	Área Experimental do Fundão – Viçosa MG
37	MG0278	Híbrido Timor UFV 376-37	Área Experimental do Fundão – Viçosa MG
38	MG0289	Híbrido Timor UFV 376-01	Área Experimental do Fundão – Viçosa MG
39	MG0303	Híbrido Timor UFV 427-09	Área Experimental do Fundão – Viçosa MG
40	MG0448	Mundo Novo x S 795 UFV 335-15	Área Experimental do Fundão – Viçosa MG
41	MG0545	Bourbon N39 x H.T. UFV 455-01	Área Experimental do Fundão – Viçosa MG
42	MG0558	Bourbon N197 x H.T. UFV 403-19	Área Experimental do Fundão – Viçosa MG
43	MG0625	BE 5 Wush-Wush UFV 406-06	Área Experimental do Fundão – Viçosa MG
44	MG0865	Mundo Novo x CIFIC H 288/4 UFV 323-59	Área Experimental do Fundão – Viçosa MG
45	MG1008	Geisha x S 288/23 UFV 328-69	Área Experimental do Fundão – Viçosa MG
46	MG1048	Sarchimor UFV 350-01	Área Experimental do Fundão – Viçosa MG
47	MG1206	Bourbon Vermelho	Fazenda dos Furtados - Três Pontas MG
48	MG1218	Sumatra fruto amarelo	Fazenda Cantagalo – Colqueiral MG
49	MG1256	Mundo Novo II CP 388-17-16	Faz. Experimental de Machado – Machado MG

2.3 Colheita, Processamento e Preparo das amostras

Os frutos foram colhidos seletivamente quando a maioria estava no ponto de maturação ideal, ou seja, cereja. Oito litros de frutos cereja foram lavados e encaminhados para secagem, na forma de processamento natural, em peneiras de fundo telado de 1m², sob terreiro pavimentado, revolvendo-se os frutos 20 vezes ao dia até que atingissem teor de água de 11% (b.u.), de acordo com os procedimentos pós-colheita propostos por Borém (2008). Após atingirem umidade ideal, as amostras em coco foram acondicionadas em embalagem de papel Kraft[®] e revestidos com saco de polietileno. Em seguida, foram armazenadas em câmara fria com temperatura controlada a 17°C por um período de 30 dias.

2.4 Análise Sensorial

A torração e a análise sensorial das amostras foram realizadas com base nos protocolos descritos pela Associação Americana de Cafés Especiais – SCAA (Lingle, 2011). Foram torrados 100g de grãos (peneira 16 e acima sem defeitos) de cada amostra até que atingissem o padrão de cor #65 para grãos inteiros do Sistema de Classificação de Cor Agron/SCAA, respeitando-se a faixa de tempo de 8 a 12 minutos. Para análise sensorial, um

painel de três juízes treinados (Q-grader) avaliaram cinco xícaras de cada amostra em relação a dez atributos, fragrância/aroma, uniformidade, ausência de defeitos, doçura, sabor, acidez, corpo, equilíbrio, finalização e impressão global, que foram anotados em uma escala de 10 pontos com intervalos de 0,25 pontos. A nota sensorial final foi gerada a partir do somatório dos atributos avaliados, sendo considerados especiais aqueles cafés com pontuação igual ou superior a 80 pontos. As nuances percebidas pelos juízes também foram descritas, possibilitando maior caracterização dos acessos estudados.

2.5 Análise de dados

Avaliou-se 49 acessos de café Arábica em 2 anos de colheita (2015 e 2016). O delineamento utilizado foi em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 49 (acessos) x 2 (anos) com duas repetições e parcelas com dez plantas cada. A nota final foi submetida a ANAVA e quando detectadas diferenças no teste F o teste de Scott Knott foi aplicado a nível de 5% de probabilidade para comparação das médias. Foi utilizado o software Sisvar[®] versão 5.6 (Ferreira, 2011).

Os resultados dos atributos sensoriais foram submetidos à análise multivariada para a melhor compreensão do efeito das variáveis estudadas. Para tanto, utilizou-se a Análise de Componentes Principais (PCA) para a discriminação dos acessos a partir da interação com o ano de colheita, resultando no agrupamento dos pontos de acordo com os atributos sensoriais. Com o objetivo de visualizar a estrutura e similaridade entre os acessos, a Análise de Agrupamento Hierárquica (HCA) foi usada como complemento à PCA. Para estas análises foi utilizado o software estatístico R (R Development Core Team, 2017).

Para descrever e analisar sistematicamente as nuances percebidas pelos juízes, foi utilizado o Método de Análise de Conteúdo (Bardin, 1977), o qual permitiu melhor conhecimento a respeito do perfil sensorial de cada acesso avaliado neste estudo.

3. Resultados e Discussão

3.1 Análise Multivariada dos dados

A PCA foi empregada como uma primeira abordagem da análise multivariada para obter uma visão geral dos dados. A PCA é um método supervisionado que visa encontrar a variação máxima dentro do conjunto de dados (X) sem se referir a qualquer rótulo de classe (Y). O gráfico de pontuação gerado pelo PCA exhibe componentes principais (PC) responsáveis pela variação máxima dentro dos dados e destaca agrupamentos, enquanto o biplot enfatiza a influência das variáveis nos PCs. As variáveis com altos valores de

carregamento absoluto em cada PC têm uma forte contribuição para essa PC. A projeção dos acessos para os dois anos de avaliação pode ser visualizada na Figura 2 (a) e o biplot das variáveis sensoriais na Figura 2 (b). Os atributos doçura, ausência de defeitos e uniformidade não foram avaliados estatisticamente devido às estas variáveis não terem apresentado diferenças nas notas para todos os acessos avaliados.

As duas primeiras componentes explicaram 85,27% da variabilidade de resposta (78,95% para a PC1 e 6,32% para a PC2). A variável Nota Final apresentou o maior valor de carregamento para PC1 e, portanto, forte influência (0,97) na separação dos grupos de acesso em função do ano de colheita. As variáveis Corpo, Sabor, Fragrância e Aftertaste foram determinantes para a formação da PC2 (Tabela 2). Houve a formação de 4 grupos distintos de acessos nos dois anos de avaliação, o Grupo I de acessos, apresentaram notas finais ente 82,5 e 86,3 pontos de acordo com o protocolo SCAA para cafés especiais, e portanto o grupo dos melhores acessos avaliados neste estudo, o Grupo II de acessos com notas finais entre 80,0 e 82,4 pontos, definido neste estudo como intermediário, o Grupo III de acessos com nota final 79,3 pontos e o Grupo IV de acessos com nota final 70,9 pontos, ambos apresentam acessos que não atingiram a nota mínima, 80 pontos, para serem considerados cafés especiais (Lingle, 2011).

Os acessos MG0684 (Caturra Vermelho x CIFC H288/14 UFV 319-04) e MG0357 (Híbrido de Timor UFV 441-04) apresentaram as piores notas apenas no primeiro ano de avaliação, sendo que no segundo ano de avaliação se destacaram entre os melhores cafés – Grupo I. O mesmo foi observado para o acesso MG0411 (Mundo Novo x S 795 UFV 335-07) do segundo ano de avaliação. Assim, é possível inferir que o ano de colheita influenciou na expressão máxima de qualidade desses acessos.

As condições climáticas durante o ciclo fenológico dos cafeeiros da espécie Arábica influenciam diretamente na formação de compostos químicos que são precursores para os atributos sensoriais da bebida (Pezzopane et al., 2012). Não há na literatura trabalhos que comparem a influência das condições climáticas e da bienalidade nas notas sensoriais de genótipos, contudo, Kitzberger et al. (2016) avaliou a variação da composição de lipídeos, proteínas e diterpenos em cultivares de café arábica com introgressão de *C. canephora* em função de três colheitas consecutivas, e observaram que algumas cultivares apresentam maior variabilidade na composição química em diferentes anos de colheita, enquanto outras são mais estáveis a este efeito.

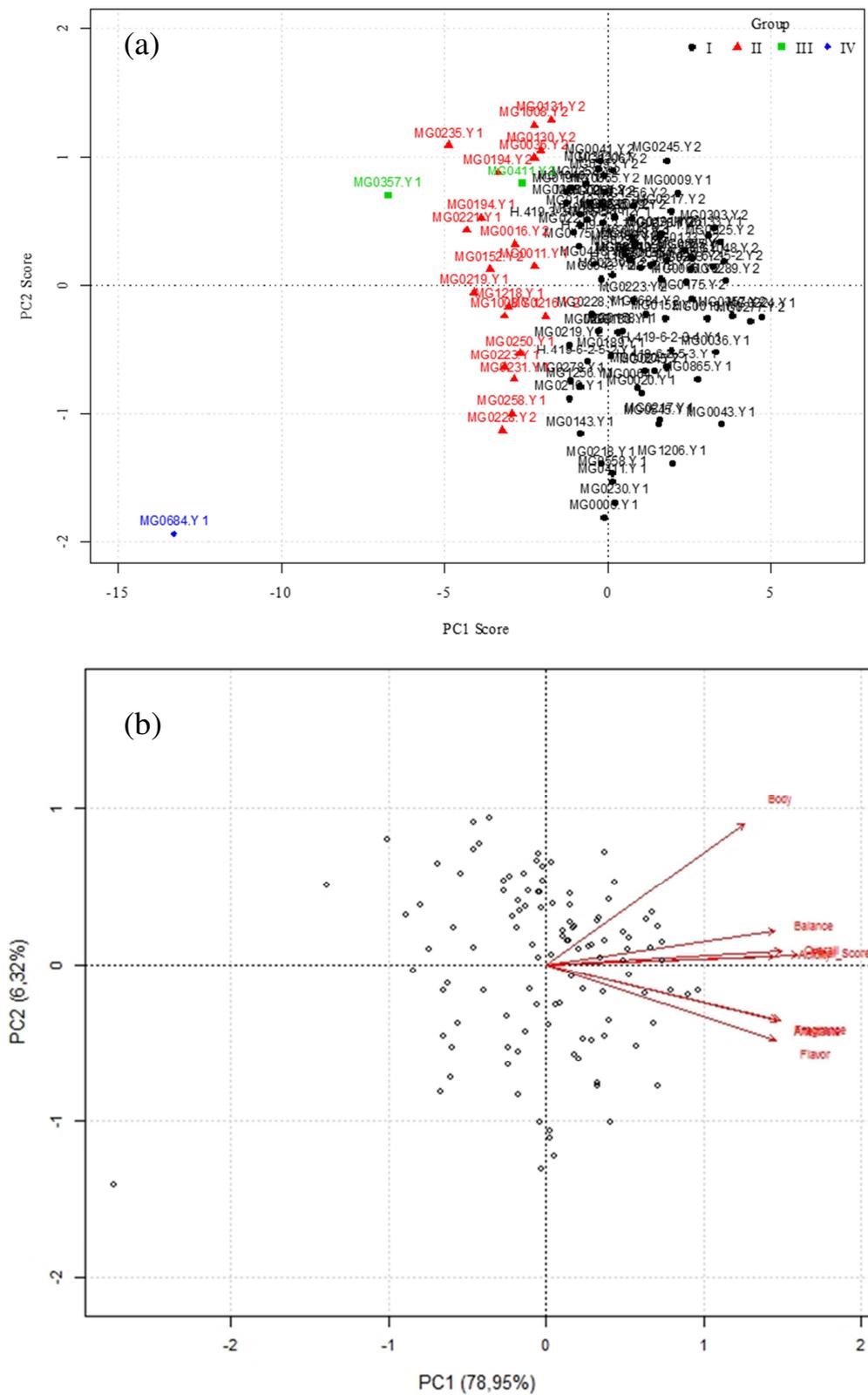


Figura 2. Escores da PCA (a) e biplot das variáveis (b) para acessos de *Coffea arabica* L. do Banco Ativo de Germoplasma de Minas Gerais, em dois anos de colheita, Y1 (2015) e Y2 (2016), em relação aos atributos sensoriais e nota total final. (●) Grupo I: 82,5 – 86,3 pontos, (▲) Grupo II: 80,0 – 82,4 pontos, (■) Grupo III: 79,3 pontos e (◆) Grupo IV: 70,9 pontos.

Tabela 2. Correlações entre os parâmetros avaliados (nota final e atributos sensoriais) com os dois primeiros componentes principais e os respectivos coeficientes de cada parâmetro com o componente principal.

Parâmetros	PC1 (57,81%)		PC2	
	Coeficientes	Correlações*	Coeficientes	Correlações*
Fragrance	0,35	0,90	-0,30	<i>-0,21</i>
Flavor	0,35	0,88	-0,41	<i>-0,29</i>
Acidity	0,35	0,88	0,04	0,03
Body	0,30	0,76	0,77	0,54
Aftertaste	0,35	0,89	-0,30	<i>-0,21</i>
Balance	0,35	0,88	0,18	0,13
Overall	0,36	0,90	0,07	0,05
Final_Score	0,38	0,97	0,05	0,03

*Variáveis em negrito e em *italico* indicam grupos de variáveis a serem formados.

De acordo com a PC2, os acessos MG0131 (Sumatra) e MG1008 (Geisha x S 288/23 UFV 455-01), ambos no ano 2, e o acesso MG0235 (Trifolia) no ano 1, apresentaram as maiores notas para corpo e menores notas para fragrância, sabor e aftertaste. Contrariamente, os acessos MG0006 (Bourbon Amarelo), MG0230 (Catuaí Erecta), MG0411 (Mundo Novo x S 795 UFV 335-07), MG0558 (Bourbon N197 x Híbrido de Timor UFV 403-19), MG0218 (Caturra Amarelo), MG1206 (Bourbon Vermelho), todos no ano de colheita 1, mostraram altas notas para sabor, fragrância e aftertaste, e menores notas para o corpo da bebida. A qualidade intrínseca da ‘Bourbon’, é mundialmente conhecida, por suas características sensoriais, como elevada doçura natural, sabor achocolatado, aroma intenso e agradável acidez (Carvalho et al., 2011). A cultivar Mundo Novo é resultante de um cruzamento natural entre Sumatra e Bourbon Vermelho, o grupo Caturra provêm 100% da variedade Bourbon e o grupo dos Catuaís são originados de cruzamento ente Caturra e Mundo Novo (Carvalho, 2008). Portanto, a base genética desses acessos é basicamente Bourbon, o que resultou em maior correlação com as notas de sabor, fragrância e aftertaste. Os demais acessos avaliados apresentaram pouca variação entre as notas desses atributos, porém se destacaram quanto as notas dos atributos acidez, impressão global dos juízes e equilíbrio, e estes foram determinantes para compor as notas finais (Figura 2a e 2b).

A Análise Hierárquica de Cluster (HCA) também foi empregada, com o objetivo de visualizar a estrutura e similaridade entre as amostras como complemento da PCA. A HCA é uma análise multivariada que classifica e agrupa objetos baseados na matriz de dissimilaridade. A aplicação da HCA para os acessos avaliados levou à identificação de três subclusters dentro do Subcluster 1, e de dois subclusters dentro do Subcluster 2, de acordo com as notas sensoriais (Figura 3). No subcluster 2.1, os acessos apresentaram notas finais

entre 81,5 e 82,4, e no subcluster 2.2 notas entre 80,3 a 81,3 e houve maior número de acessos do primeiro ano de colheita em relação ao segundo ano.

Os acessos MG1008 (Geisha x S 288/23 UFV 455-01) e MG0194 (Caturra Amarelo Colombiano), independente do ano de colheita, permaneceram no Subcluster 2, de notas intermediárias. Este comportamento indica que estes acessos não sofrem muita variação do ano de produção no que se refere à qualidade de bebida e mesmo sendo considerados especiais pelo protocolo SCAA, o potencial máximo de qualidade é menor (80 e 81,6) comparado aos demais acessos avaliados. Em estudos anteriores, Sobreira et al. (2016) também encontraram baixo potencial sensorial para o acesso MG0194, que compôs o cluster de acessos com notas finais de 79 a 80 pontos.

O Subcluster 1, alocou 89 acessos com pontuação final entre 82,5 e 86,3 para os dois anos de avaliação. Apenas 16 acessos apresentaram variabilidade para a expressão de qualidade em função do ano, permanecendo em Subclusters diferentes (MG250, MG0258, MG1218, MG0231, MG0223, MG0036, MG0011, MG0216, MG0130, MG0131, MG0221, MG0235, MG0152, MG0228, MG0219, MG0016). Os outros 73 acessos, apresentaram menor variabilidade para qualidade de bebida, entre os dois anos de produção. Avaliando o banco de germoplasma do Kenya, Kathurima et al. (2009) separaram genótipos de *C. arabica* em diferentes clusters e subclusters de acordo com a qualidade de bebida, e encontraram grande diversidade entre os genótipos para os atributos sensoriais.

O subcluster 1.1 foi formado pelos acessos com pontuação superior a 85 pontos, destacando o acesso MG0224 (Pacamara) no primeiro ano de colheita com 86,3 pontos, e o acesso MG0277 (Híbrido de Timor UFV376-52) no segundo ano de colheita com 86,1. A cultivar Pacamara é originária de cruzamento entre as cultivares Pacas e Maragogipe, ambas de frutos vermelhos. A recombinação de Maragogipe com Pacas, uma cultivar salvadorena de boa produção derivada do Bourbon, desperta grande interesse para possíveis cruzamentos futuros (Lara et al., 2014). Avaliando a qualidade de 20 variedades de *C. arabica*, López-García et al. (2016) encontraram superioridade para a cultivar Pacamara em relação aos atributos aroma, acidez e corpo e para tamanho dos grãos, com alta porcentagem das peneiras 17 e 18.

Os acessos MG0277 (Híbrido de Timor UFV376-52) e MG0625 (BE5 Wush-Wush UFV 406-06) foram os únicos acessos que para os dois anos de colheita ficaram alocados no subcluster das maiores notas sensoriais, evidenciando que a expressão máxima desses genótipos para a produção de cafés com excelente qualidade de bebida não se altera em função do ano de colheita. Além disto, estes dois acessos também foram os mais similares

entre si para o primeiro ano de colheita e, segundo Scholz et al. (2016), para fins de melhoramento genético, é importante a classificação de genótipos com características similares. A variedade BE5 Wush-Wush é originária da Etiópia, portadora do fator de resistência SH₁ e SH₄ contra várias raças de *Hemileia vastatrix* (Rodrigues, Braghini e Filho, 2017; Botelho et al., 2017) e possui frutos vermelhos com maturação precoce e uniforme e boa qualidade de bebida. O genótipo Híbrido de Timor é oriundo do cruzamento interespecífico de *C. arabica* e *C. canephora* e os descendentes desse genótipo são muito utilizados no melhoramento genético para promover resistência a várias doenças do cafeeiro (Setotaw et al., 2010; Romero et al., 2014).

Vários trabalhos confirmam que o germoplasma Híbrido de Timor pode ser utilizado como fonte de genes para melhorar caracteres de interesse, como a qualidade de bebida (Sobreira et al., 2015b; Sobreira et al., 2015a; Kathutima et al., 2009; Van Der Vossen, 2009). Sobreira et al. (2016) avaliaram o potencial de qualidade do cruzamento entre BE5 Wush-Wush e Híbrido de Timor e observaram notas finais entre 83-85,5.

Todos os acessos de Híbrido de Timor, exceto o MG0357.Y2, permaneceram no Subcluster 1, corroborando com o proposto por alguns autores (Sobreira et al., 2015a; Sobreira et al., 2015b; Leroy et al., 2006; Dessalegn et al., 2008) que o germoplasma Híbrido de Timor tem elevado potencial de produção de cafés com qualidade superior. De maneira análoga, os genótipos denominados Híbrido de Paraíso, com inicial H419, também se destacaram nos dois anos de colheita, estando todos dentro do Subcluster 1, confirmando a capacidade e estabilidade desse germoplasma em produzir cafés especiais (Sobreira et al., 2016; Carvalho et al., 2011, Pereira et al., 2010).

A variedade *Coffea arabica* var. Bourbon é tradicionalmente conhecida como excelente para a produção de cafés especiais, principalmente em condições de altitude elevada e baixa temperatura (Ferreira et al., 2012; Figueiredo et al., 2013, Borém et al., 2016) contudo, é possível observar que nas condições em que o BAG se encontra, outros materiais apresentam o mesmo potencial, ou mais, que as variedades de Bourbon para produzir cafés especiais e serem utilizados em programas de melhoramento genético que visem a obtenção de novas cultivares com elevado potencial de qualidade.

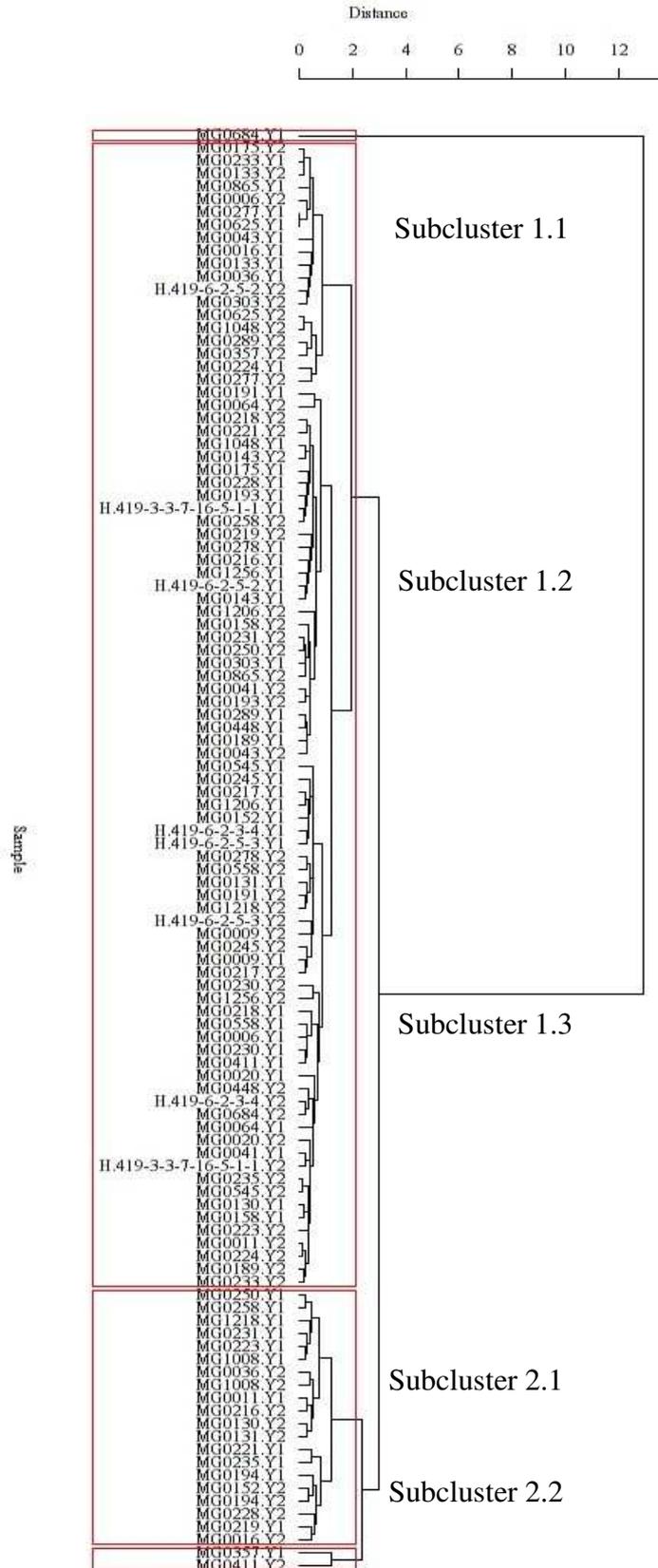


Figura 3. Dendrograma da HCA para 56 acessos de *Coffea arabica* L. do Banco Ativo de Germoplasma de Minas Gerais em função de dois anos de colheita, Y1 (2015) e Y2 (2016), em relação as notas sensoriais. Subcluster 1.1: 85 – 86,3 pontos. Subcluster 1.2: 82,5 – 83,5. Subcluster 1.3: 83,5 – 84,7 pontos. Subcluster 2.1: 81,5 – 82,4 pontos. Subcluster 2.2: 80,3 – 81,3.

3.2 Caracterização dos Atributos Sensoriais: Análise de Conteúdo

Alguns critérios comuns são usados para definir as características sensoriais do café e são divididos principalmente em dois grupos: características gerais e atributos. As características gerais incluem termos como fragrância e aroma, acidez, corpo, sabor, aftertaste e equilíbrio, enquanto os atributos são descritores que podem não ocorrer em todas as xícaras de café, mas quando eles estão presentes podem adicionar complexidade e singularidade ao café (Thuston et al., 2013). Na análise sensorial de cafés especiais proposta pela Associação Americana de Cafés Especiais os procedimentos da prova de xícara têm foco primeiramente na pontuação do café baseado nas características gerais, mas também são identificados atributos específicos (Lingle, 2011). Entretanto, devido à complexidade e variedade dos termos utilizados pelos provadores para identificar os atributos, essas descrições raramente são avaliadas metodicamente (Scholz et al, 2013).

Neste sentido, para avaliar os atributos dos acessos do BAG e traçar o perfil sensorial, utilizou-se o Método de Análise de Conteúdo. A análise de conteúdo é um método qualitativo que utiliza estratégias de análise temática e análise de discurso, a primeira estratégia consiste em agrupar o material identificado com base na frequência das palavras, enquanto o segundo interpreta o significado dos argumentos (Bardin, 1977).

Foram identificados 139 termos utilizados pelos provadores para descrever as características dos acessos. No entanto, apenas os termos citados nos dois anos de colheita, foram separados em categorias e subcategorias, conforme pode ser observado na Tabela 3. No estudo de Donfrancesco et al. (2014) foram contabilizados 59 termos para caracterizar treze amostras de café Arábica da Colômbia, enquanto Bhumiratana et al. (2011) levantaram apenas 13 termos associados a três variedades de café (Bourbon, Kebedo e Kona) em três regiões diferentes, El Salvador, Etiópia e Hawai. Esta observação, demonstra a variabilidade existente nos acessos do BAG para os atributos sensoriais da bebida.

Tabela 3. Termos identificados pelos provadores nos acessos do Banco de Germoplasma de Minas Gerais para os dois anos de colheita e utilizados na Análise de Conteúdo.

Categoria	Subcategoria	Termos associados
Sabor	Chocolate	Chocolate; Chocolate ao leite; Leve chocolate; Chocolate amargo.
	Frutado	Frutado; Frutas amarelas; Leve frutado; Frutas cítricas; Tangerina; Frutas cristalizadas; Frutas vermelhas.
	Caramelo	Caramelo; Rapadura; Açúcar mascavo; Mel; Melado; Leve caramelo; Garapa.
Fragrância/Aroma	Frutado	Frutado; Frutas amarelas.
	Adocicado	Caramelo; Doce; Mel; Chocolate; Rapadura; Açúcar mascavo.
	Floral	Floral.

Doçura	Alta Média	Muito doce; Doce; Boa. Média; Mediana.
Acidez	Alta Doce Média/Agradável	Viva; Brilhante. Adocicada; Doce. Média; Agradável; Cítrica; Delicada; Mediana.
Corpo	Suave Encorpado Muito encorpado	Cremoso; Macio; Aveludado; Redondo; Delicado. Encorpado; Médio. Denso.
Finalização	Longa Refrescante Agradável	Longa; Prolongada. Refrescante. Doce; Agradável; Prazerosa; Marcante; Seco; Levemente seco.

A partir dos termos associados, as subcategorias foram transformadas em frequência relativa para cada grupo de acesso formado pela PCA (Figura 4). Na categoria Sabor (Figura 4a), os atributos caramelo e frutado foram frequentes em todos os grupos de acessos, mas em diferentes níveis, sendo recorrentes nos acessos dos grupos III (50% e 33,4%) e IV (54,5% e 45,5%). Espera-se que o atributo caramelo esteja presente em todo café torrado, uma vez que durante o processo de torração uma das etapas mais importantes é a caramelização do açúcar, que ocorre logo após a reação de Maillard e confere não só sabor e aroma ao café, mas também coloração característica (Illy e Viani, 2005). Os provadores encontraram nos acessos do grupo II, predominância do atributo chocolate (59,7%), e pouca frequência desse atributo nos grupos I (19,3%) e II (16,7%). O acesso do grupo IV (MG0684.Y1) não apresentou sabor de chocolate. Bhumiratana et al. (2011) também encontraram diferenças para o atributo “chocolate/cacau” entre variedades de café cultivadas em três regiões distintas.

Para a categoria Fragrância/Aroma (Figura 4b), nota-se que o atributo mais recorrente entre os acessos de todos os grupos é o frutado, sendo a frequência para os grupos I e II muito próximas (40,1% e 38,9%, respectivamente) e maior para o acesso do grupo IV (75%). As nuances adocicadas para fragrância e aroma foram percebidas somente entre os acessos dos grupos I e II, de melhor pontuação final, logo é possível afirmar que os aromas adocicados são mais positivos para a qualidade sensorial do café que os demais. Os componentes aromáticos são os principais constituintes da experiência sensorial, sendo os aromas doces os mais intensos e diluídos e, conseqüentemente mais fáceis de diferenciar, principalmente entre variedades e pontos de torra (Kreuml et al., 2013; Bhumiratana et al., 2011), além de que odorantes com intensidades altas, como os adocicados, podem mascarar e suprimir outras notas de aroma menos intensos (Grosh et al., 2001).

Na categoria Doçura (Figura 4c) foi verificado maior frequência do atributo doçura alta para todos os grupos de acesso: I (96%), II (55,3%), III (60%) e IV (100%). Nebesny e Budryn (2006) afirmam que a doçura tem um impacto benéfico sobre a harmonia geral do

sabor do café, o que significa que os cafés mais doces geralmente são mais equilibrados. Portanto, a maioria dos acessos do BAG de Minas Gerais apresentaram bebida muito doce e equilibrada.

A acidez no café pode ser desejável ou não, dependendo do ácido presente na bebida. A acidez desejável contribui para a vivacidade da bebida, aumentando a percepção de doçura e proporcionando um sabor de frutas secas (Borém et al., 2016). Segundo Cheng et al. (2016), o atributo acidez varia drasticamente entre variedades da espécie *C. arabica*, enquanto para a espécie *C. canephora* este atributo é descrito como baixo ou inexistente. De acordo com a Figura 4d, é possível observar grande variabilidade para a categoria Acidez dentro dos grupos de acessos. O atributo acidez média/agradável esteve presente em todos os grupos de acessos em diferentes níveis e foi mais frequente no grupo II (88%). A acidez doce foi mais frequente para descrever o acesso do grupo IV (50%), mas também foi detectada em menor frequência nos grupos I (14,2%) e II (11,9%). A acidez alta não foi percebida nos acessos do grupo II e foi mais frequente nos acessos do grupo III (40%). Estas observações corroboram com o encontrado por Sobreira et al. (2015) para grupos genealógicos de acessos do BAG de Minas Gerais. Os autores também observaram maior frequência da acidez “média/agradável” na maioria dos grupos avaliados.

Na categoria Corpo (Figura 4e) os atributos suave e muito encorpado foram citados pelos provadores em todos os grupos de acessos, o atributo suave apresentou maior frequência no grupo IV (87,%) e o atributo muito encorpado no grupo I (27%). O atributo encorpado foi mencionado nos acessos dos três primeiros grupos, sendo mais frequente nos acessos do grupo II (51,5%).

Contrariamente as demais categorias, a Finalização (Figura 4f) apresentou frequência mais homogênea para os atributos finalização longa (I:38,5%, II:33,7%, III:25% e IV:43%) e finalização agradável (I:59,8%, II:66,3%, III: 75% e IV:57%). Uma pequena parcela (1,7%) de acessos do grupo I apresentaram finalização refrescante. Portanto, de maneira geral os acessos do BAG de Minas Gerais são caracterizados com finalização longa e agradável. Avaliando os atributos sensoriais de cultivares do IAPAR juntamente com Bourbon, Catuaí, Icatu e Tupi, Scholz et al. (2013) destacaram grupos de cultivares com corpo mais e menos pronunciado em função do ambiente de cultivo, e não encontraram relação com atributos de finalização (sabor residual).

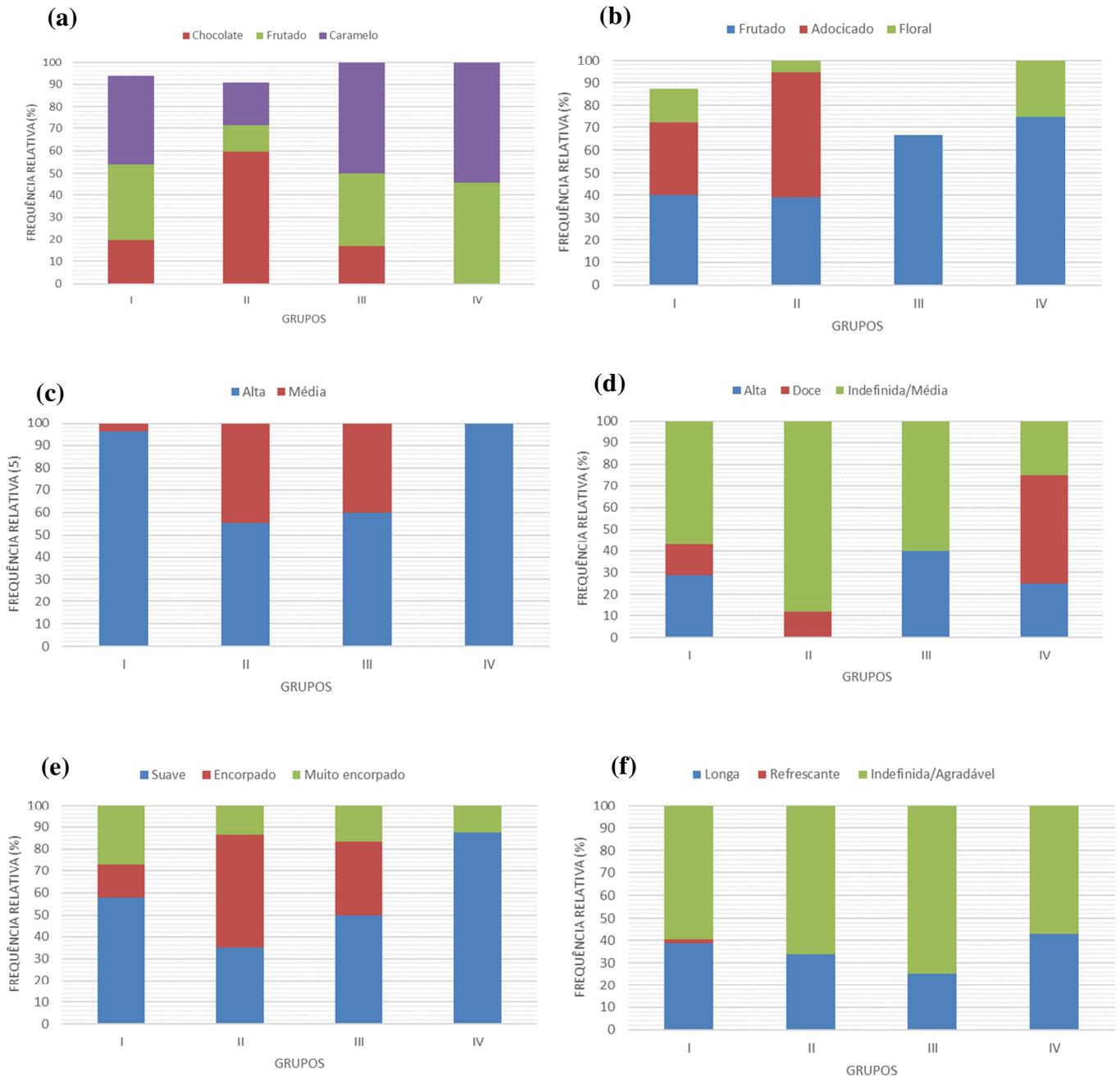


Figura 4. Frequência relativa dos termos das subcategorias de Sabor (a), Fragrância/aroma (b), Doçura (c), Acidez (d), Corpo (e) e Finalização (f) para cada grupo de acessos do BAG de Minas Gerais.

4. Conclusão

Os resultados deste estudo demonstram que o banco de germoplasma de Minas Gerais representa uma importante coleção de genótipos com elevado potencial de qualidade de bebida que podem ser aproveitados em programas de melhoramento visando a produção de cultivares para o mercado de cafés especiais. Houve interferência do ano de colheita na

qualidade final de alguns acessos, evidenciando que em trabalhos com qualidade sensorial de genótipos é importante a repetibilidade da colheita em pelo menos dois anos.

Estudar as descrições sensoriais, com análises complementares, em matrizes complexas como o café é uma etapa importante para extrair o máximo de informação quanto ao perfil sensorial e assim encontrar possíveis singularidades.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), a Universidade Federal de Lavras (UFLA), a Agência de Inovação do Café (INOVACAFE), o Consórcio de Desenvolvimento Pesquisa Café, a FAPEMIG e a CAPES.

6. Referências Bibliográficas

- ALONSO-SALCES, R.M. et al. Botanical and geographical characterization of green coffee (*Coffea arabica* and *Coffea canephora*): Chemometric evaluation of phenolic and methylxanthine contents. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.57, n. 10, p.4224-4235, 2009.
- ANTHONY, F. et al Genetic diversity of wild coffee (*Coffea arabica* L.) using molecular markers. **Euphytica** v.118, n.1, p.53- 65, mar. 2001.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.
- BORÉM, F.M. **Pós-colheita do café**. Lavras: Editora UFLA, 2008. 631p.
- BORÉM, F.M. et al. The relationship between organic acids, sucrose and the quality of specialty coffees. **African Journal os Agriculture Research**, v.11, n.8, p.709-717, fev.2016.
- BOTELHO, D.M.S. et al. Cercosporiosis resistance in coffee germplasm collection. **Euphytica**, v.213, n.117, p.2-12, maio 2017.
- BHUMIRATANA, N. et al. Evolution of sensory aroma attributes from coffee beans to brewed coffee. **LWT Food Science and Technology**, v.44, p.2185–2192, 2011.
- BYTOF, G. et al. Transient occurrence of seed germination processes during coffee post-harvest treatment. **Annals of Botany**, v.100, n.1, p.61-66, 2007.
- CAMARGO, A.P.; CAMARGO, M.B.P. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, v. 60, n. 1, p. 65-68, 2001.
- CARVALHO, C.H.S. **Cultivares de café: origem, características e recomendações**. Brasília: Embrapa, 2008. 334p.

- CARVALHO, A.M. et al. Relationship between the sensoru atributes and the quality of coffee in different environments. **African Journal of Agricultural Research**. v.11, n.18, p.3607-3614, set.2016. DOI: 10.5897/AJAR2016.11545
- CHENG, B. et al. Influence of genotype and environment on coffee quality. **Trends in Food Science & Technology**, v.57, part A, p.20-30. nov. 2016. doi: 10.1016/j.tifs.2016.09.003.
- DESSALEGN, Y. et al. AFLP analysis among Ethiopian arabica coffee genotypes. *African Journal of Biotechnology*. v.7, n.18, p.3193-3199, set. 2008.
- DONFRASCESCO, B. et al. Comparison of results from cupping and descriptive sensory analysis of colombian brewed coffee. *Journal of Sensory Studies*, v.29, n. p.301-311, jun.2014. doi:10.1111/joss.12104.
- FASSIO, L.O. et al. Sensory description of cultivars (*Coffea arabica* L.) resistant to rust and its correlation with caffeine, trigonelline, and chlorogenic acid compounds. **Beverages**, v.2 n.1, jan. 2016.
- FAZUOLI, L.C et al. Cultivares de café arábica de porte alto. In: CARVALHO, C. H. S. de (Ed.). **Cultivares de café: origem, características e recomendações**. Brasília: EMBRAPA Café, 2008. p. 227-254.
- FERREIRA, A.D. et al. Análise sensorial de diferentes genótipos de cafeeiro Bourbon. **Interciencia**, v.37, p.390–394, 2012.
- FIGUEIREDO, L. P. et al. The Potential for High Quality Bourbon Coffees From Different Environments. **Journal of Agricultural Science**, v. 5, n. 10, p. 87, 2013.
- GIMASE, J.M. et al. Beverage quality and biochemical atributes of arabusta coffee (*C. arabica* L.x *C. canephora* Pierre) and their parental genotypes. **African Journal of Food Science**, v.8, n.9, p.456-464, set.2014.
- GIOMO, G.S; BORÉM, F.M. Cafés especiais do Brasil: opção pela qualidade. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.32, n261. 2011.
- GROSCH, W. Chemistry III: Volatile Compounds. In: CLARKE, R. J.; VITZTHUM, O. G. **Coffee: Recent Developments**. London: Blackwell Science, p.6889, 2001.
- ILLY, A.; VIANI, R. **Espresso coffee: the chemistry of quality**. London: Academic, 1995. 253p.
- KATHURIMA, C.W. et al. Evaluation of beverage quality and green bean physical characteristics of selected Arabica coffee genotypes in Kenya. **African Journal of Food Science**, v.3, n.11, p. 365-371, 2009.

- KITZBERGER, C.S.G. et al. Profile of the diterpenes, lipid and protein content of different coffee cultivars of three consecutive crops. **AIMS Agriculture and Food**, v.1, n.3, p.254-264, jun.2016.
- KREUML, M.T.L. et al. Changes in sensory quality characteristics of coffee during storage. **Food Science & Nutrition**, v.1, n.4, p.267-272.
- LARA, J.M.R.A. et al., Caracterização de formas botânicas diversas do Banco Ativo de Germoplasma de cafeeiros do Estado de Minas Gerais, Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 4, p.383-389, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.0208>.
- LEROY, T. et al. Genetics of coffee quality. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v.18, n.1 p.229-242, jan/mar. 2006.
- LINGLE, T. R. **The coffee cupper's handbook: a systematic guide to the sensory evaluation of coffee's flavor**. Long Beach, CA: Specialty Coffee Association of America. 2011.
- LÓPEZ-GARCIA, F.J. et al. Producción y calidad em variedades de café (*Coffea arabica* L) em Veracruz, Mexico. **Rev. Fitotec. Mex**, vol. 39, n.3, p.297-304, 2016.
- NEBESNY, E.; BUDRYN, G. Evaluation of sensory attributes of brews from robusta coffee roasted under different conditions. **European Food Research and Technology**, v. 224, n. 1, p. 159-165, 2006.
- PEREIRA, M.C. et al. Multivariate analysis of sensory characteristics of coffee grains (*Coffea arabica* L.) in the region of upper Paranaíba. **Acta Scientiarum**. v.32, n.4, p.635-641, 2010.
- PEZZOPANE, J. R. M. et al. Agrometeorological parameters for prediction of the maturation period of Arabica coffee cultivars. **International Journal of Biometeorology**, v.56, p.843-851, 2012.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. R. a language and environment for statistical computing. Vienna:Foundation for Statistical Computing, 2017. Disponível em:<<http://www.R-project.org/>> Acesso em: 26 abril 2017.
- RIBEIRO, D.E. et al. Interaction of genotype, environment and processing in the chemical composition expression and sensorial quality os Arabica coffee. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, n.27, p. 2412-2422, jul. 2016. DOI: 10.5897/AJAR2016.10832.
- RODRIGUES, L.M.R.; BRAGHINI, M.T.; FILHO, O.G. SH1 leaf rust and bacterial halo blight coffee resistances are genetically independente. **Bragantia**, v. 76, n. 2, p.209-213, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.171>.

- ROMERO, G. et al. Identification of a major QTL for adult plant resistance to coffee leaf rust (*Hemileia vastatrix*) in the natural Timor hybrid (*Coffea arabica* x *Coffea canephora*). **Plant Breeding**, v.133, p.121-129, 2014.
- SCHOLZ, M. B. S. et al. Atributos sensoriais e características físico-químicas de bebida de cultivares de café do IAPAR. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 1, p. 6-16, 2013.
- SCHOLZ, M. B. S. et al. Chemical composition in wild ethiopian Arabica coffee accessions. **Euphytica**, v.209, p.429-438, fev. 2016.
- SETOTAW, T.A. et al. Breeding potential and genetic diversity of “Híbrido de Timor” coffee evaluated by molecular markers. **Crop Breed App. Biot.** v.10, p.298-304, 2010.
- SOBREIRA, F.M. et al. Sensory quality of arabica coffee (*Coffea arabica* L) genealogic groups using the sensogram and contente analysis. **Australian Journal of Crop Science**, v.9, n.6, p.486-493. 2015 (a).
- SOBREIRA, F.M. et al. Potential of Híbrido de Timor germplasm and its derived progenies for coffee quality improvement. **Australian Journal Crop Science**, v.9, n.4, p.289-295, 2015 (b).
- SOBREIRA, F.M. et al. Divergence among arabica coffee genotypes for sensory quality. **Australian Journal of Crop Science**, v.10, n.10, p.1442-1448, 2016. DOI: 10.21475/ajcs.2016.10.10.p7430.
- TESSEMA, A. et al. Genetic Diversity Analysis for Quality Attributes of Some Promising *Coffea arabica* Germplasm Collections in Southwestern Ethiopia. **Journal Biol. Sci.** v.11, n.3, p.236-244, 2011.
- TERESSA, A.D. et al. Genetic diversity of Arabica coffee (*Coffea arabica* L.) collection. **Eur. Journal of Applied Scie. and Technology**, v.1, n.1, p.63-79, set. 2010.
- THURSTON, R. et al. **Coffee: A comprehensive guide to the bean, the beverage, and the industry**. Plymouth, UK: Rowman & Littlefield. 2013.
- VAN DER VOSSSEN, H.A.M. The cup quality of disease-resistant cultivars of Arabica coffee (*Coffea arabica*). **Experimental Agriculture**, v.45, n.3, p.323. 2009.

ARTIGO 2

Desempenho de acessos de *Coffea arabica* L. em função dos processamentos via seca e via úmida: uma abordagem sensorial

Larissa de Oliveira Fassio^{1*}, Marcelo Ribeiro Malta², Gladyston Rodrigues Carvalho², Antônio Alves Pereira², Gilberto Rodrigues Liska³, Maísa Mancini Matioli Sousa¹, Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira⁴

*Autor correspondente: fassiolaris@gmail.com

¹ Doutoranda no Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras. Campus Universitário. 37200-000, Lavras, Brasil.

² Pesquisador Dr da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais. Unidade Sul de Minas. 37200-000, Lavras Brasil.

³ Professor Dr na Universidade Federal do Pampa. Campus Universitário. 97650-000, Itaqui, Brasil.

⁴ Professor Dr no Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras. Campus Universitário. 37200-000, Lavras, Brasil.

Normas Journal of Agricultural Science (Versão preliminar de artigo)

RESUMO

As etapas de processamento pós colheita do café são as mais importantes para a obtenção de um produto de qualidade superior e com atributos diferenciados na xícara. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência dos processamentos via úmida e via seca na qualidade e no perfil sensorial de acessos de *C. arabica* do Banco Ativo de Germoplasma de Minas Gerais. Para tanto, a análise sensorial foi aplicada com base nos protocolos da Associação Americana de Cafés Especiais, e os dados analisados por Componentes Principais (PCA) e pelo Método de Análise de Conteúdo. Houve a separação de alguns acessos pela nota final em função do processamento, no entanto a influência do método de processamento foi maior nas notas dos atributos sensoriais. Independentemente do processamento, alguns acessos apresentaram estabilidade para as notas de sabor, acidez, fragrância, corpo, aftertaste, equilíbrio e impressão global. Foram identificados 106 e 117 termos associados as nuances sensoriais para os acessos naturais e despulpados, respectivamente. As frequências relativas dos termos foram diferentes entre os processamentos principalmente para as nuances de fragrância/aroma, corpo e acidez. Os acessos do banco ativo de germoplasma de Minas Gerias apresentaram variações no perfil sensorial da bebida em função do processamento pós colheita.

Palavras-chave: genótipos; pós colheita; qualidade de bebida; análise de conteúdo

1. Introdução

A qualidade do café tem sido muito valorizada e estudada nos últimos anos, aumentando o consumo e dando credibilidade aos cafés especiais, que são cafés com um conjunto de atributos balanceados e com ausência de defeitos. As características sensoriais que compõe um café de qualidade superior estão associadas primeiramente com a origem do café e com o genótipo cultivado (Taveira et al., 2014; Ribeiro et al., 2017).

O gênero *Coffea* é diversificado e apresenta cerca de 103 espécies (Davis et al., 2006), no entanto apenas duas espécies são comercialmente cultivadas, a *Coffea arabica* L. e a

Coffea canephora Pierre (Lashermes e Anthony, 2007). A espécie Arábica representa 70% do café produzido ao redor do mundo e é a mais apreciada pelos consumidores, devido à qualidade de bebida caracterizada por aroma intenso, baixo amargor e baixo conteúdo de cafeína (Garret et al., 2013). Em programas de melhoramento genético que envolve *C. arabica*, o alvo principal é a melhoria da produtividade, resistência a doenças e o desenvolvimento de plantas com porte baixo e adaptadas a várias condições ambientais (Carvalho et al., 2011). Entretanto, a qualidade da bebida já começou a ser considerada fator importante nos trabalhos com melhoramento genético (Leroy et al., 2006; Bertrand et al., 2003; Kathurima et al., 2009; Tessema et al., 2011; Gimase et al., 2014; Sobreira et al., 2016; Lopez-Garcia et al., 2016).

Depois do componente genético e do ambiente de cultivo, um dos fatores que mais influenciam na qualidade final do café é o processamento pós-colheita. Há dois métodos de processamento do café: o via seca e o via úmida. No método via seca os frutos são submetidos à secagem na sua forma integral, sem a retirada do exocarpo, resultando nos cafés naturais. No método de processamento via úmida, o exocarpo dos frutos são removidos mecanicamente, originando três tipos de café, o descascado no qual os grãos são submetidos à secagem logo após o descascamento e com a mucilagem aderida ao pergaminho; o despulpado no qual a mucilagem aderida ao pergaminho é retirada por fermentação; e o desmucilado no qual a mucilagem aderida é retirada mecanicamente (Borém 2008; Malta, 2011; Taveira et al., 2015).

Vários estudos demonstram que a composição química e a estrutura fisiológica dos grãos de café são dependentes da forma de processamento utilizada (Bytof et al., 2005; Knopp et al., 2006; Borém et al., 2013; Taveira et al., 2012), contribuindo para características sensoriais distintas na xícara (Malta et al., 2013; Coradi e Borém, 2009; Oliveira et al., 2013). Além disso, reações metabólicas envolvidas com a germinação das sementes de café são fortemente determinadas pelo método de processamento pós-colheita, influenciando especificamente na qualidade da bebida (Selmar, Kleinwächter e Bytof, 2015).

Atualmente, a avaliação da qualidade sensorial do café é conduzida por humanos especificamente treinados para esse objetivo. A degustação, também conhecida como prova de xícara, é um método sistemático que avalia os atributos do café e é comumente utilizada por produtores, compradores e torrefadores para determinar a qualidade e o perfil sensorial dos cafés (Ribeiro et al., 2017). Um dos métodos de avaliação mais utilizados no mundo é o proposto pela Associação Americana de Cafés Especiais – SCAA, que pontua em uma escala não estruturada de 6 a 10 pontos, os principais atributos da bebida: fragrância/aroma, sabor,

acidez, corpo, doçura, finalização, equilíbrio, uniformidade, ausência de defeitos e impressão geral do provador (Lingle, 2011). Neste protocolo também são descritas as nuances específicas percebidas pelos provadores durante a degustação que podem adicionar complexidade e singularidade à bebida do café. Uma maneira de aumentar a diferenciação dos cafés especiais é considerar o balanço entre as notas sensoriais de cada atributo e as nuances percebidas na avaliação (Sobreira et al., 2015).

Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência dos processamentos via úmida e via seca na qualidade e no perfil sensorial de acessos de *C. arabica* do Banco Ativo de Germoplasma de Minas Gerais.

2. Material e Métodos

2.1 Descrição do local de estudo

O Banco Ativo de Germoplasma de Minas Gerais (BAG) está instalado na Fazenda Experimental de Patrocínio da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG, situada a 18°59'26" de latitude sul, 48°58'95" de longitude oeste e 975 metros de altitude, na região do Alto Paranaíba. O solo é do tipo Latossolo Vermelho-amarelo distrófico e a topografia é plana, com ligeira inclinação. O clima de Patrocínio é um Clima Mesotérmico Subtropical Temperado, com chuvas de verão, inverno seco e verão quente (Wca), conforme classificação Koppen.

2.2 Genótipos avaliados

Avaliou-se 49 acessos de *C. arabica*, implantados no campo em blocos casualizados (DBC) com duas repetições e dez plantas por parcela, processados via seca (café natural) e via úmida (despolpado) na safra de 2016. A descrição dos acessos, estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Código e identificação de 49 acessos de *C. arabica* do Banco Ativo de Germoplasma de Minas Gerais

Código Do Acesso	Identificação	Local de Coleta
1	MG0006	Bourbon Amarelo
2	MG0009	Fazenda Santo Antônio – Araponga MG
3	MG0011	Sítio São José - Dois Córregos SP
4	MG0016	Bourbon Vermelho
5	MG0020	Bourbon Vermelho
6	MG0036	Fazenda São Domingos - Monte Santo MG
7	MG0041	Bourbon Amarelo T7
		Fazenda Recreio - São Sebastião da Grama SP
		Fazenda Recreio - São Sebastião da Grama SP
		Fazenda Recreio - São Sebastião da Grama SP

8	MG0043	Bourbon Amarelo T15	Fazenda Recreio - São Sebastião da Grama SP
9	MG0064	Bourbon Vermelho	Fazenda Bela Vista – Guaranésia SP
10	MG0130	Sumatirão Ponta Roxa	Sítio São José – Cambira PR
11	MG0131	Sumatra	Dois Córregos SP
12	MG0133	Sumatirão Ponta Roxa	Sítio Salvalagio – Cambira PR
13	MG0143	Planta Roxa	Dois Córregos SP
14	MG0152	Icatu Precoce IAC 3282	C. Exp. Pioneiros Café do Cerrado - Patrocínio-MG
15	MG0158	Maragogipe	Sítio Céu Azul – Muzambinho MG
16	MG0175	Caturra X H.T. IAC 2012	Área Experimental do Fundão – Viçosa MG
17	MG0189	Caturra Alaranjado	Fazenda Gromongol – Ervália MG
18	MG0191	Caturra Amarelo	Sítio São José - Dois Córregos MG
19	MG0193	Caturra Amarelo	C. Exp. Pioneiros Café do Cerrado - Patrocínio MG
20	MG0194	Caturra Amarelo Colombiano	Fazenda da Gruta - Marechal Floriano ES
21	MG0216	Caturra Vermelho UFV 534 C83	Área Experimental do Fundão – Viçosa MG
22	MG0217	Caturra Vermelho UFV 534 C80	Área Experimental do Fundão – Viçosa MG
23	MG0218	Caturra Amarelo	Campo Experimental de Café - Martins Soares MG
24	MG0219	Caturra Amarelo	Campo Experimental de Café - Martins Soares MG
25	MG0221	Caturra Amarelo Nanição	Fazenda da Gruta - Marechal Floriano ES
26	MG0223	Pacamara	Instituto Agronômico do Paraná – Londrina PR
27	MG0224	Pacamara	Instituto Agronômico do Paraná – Londrina PR
28	MG0228	Laurina	Fazenda da Ilha – Alfenas MG
29	MG0230	Catuá Erecta	Sítio São José - Dois Córregos MG
30	MG0231	Erecta	Fazenda da Ilha – Alfenas MG
31	MG0233	Obatã Amarelo	Fazenda da Onça - Guaranésia MG
32	MG0235	Trifolia	Fazenda da Ilha - Alfenas MG
33	MG0245	Obatã Tardio	Dois Córregos MG
34	MG0250	Catuá Amarelo SL 6	Faz. Experimental de Mococa – Mococa SP
35	MG0258	Catuá Vermelho PI 06	Fazenda da Onça – Guaranésia MG
36	MG0277	Híbrido Timor UFV 376-52	Área Experimental do Fundão – Viçosa MG
37	MG0278	Híbrido Timor UFV 376-37	Área Experimental do Fundão – Viçosa MG
38	MG0289	Híbrido Timor UFV 376-01	Área Experimental do Fundão – Viçosa MG
39	MG0303	Híbrido Timor UFV 427-09	Área Experimental do Fundão – Viçosa MG
40	MG0448	Mundo Novo x S 795 UFV 335-15	Área Experimental do Fundão – Viçosa MG
41	MG0545	Bourbon N39 x H.T. UFV 455-01	Área Experimental do Fundão – Viçosa MG
42	MG0558	Bourbon N197 x H.T.UFV 403-19	Área Experimental do Fundão – Viçosa MG
43	MG0625	BE 5 Wush-Wush UFV 406-06	Área Experimental do Fundão – Viçosa MG
44	MG0865	Mundo Novo x CIFIC H 288/4 UFV 323-59	Área Experimental do Fundão – Viçosa MG
45	MG1008	Geisha x S 288/23 UFV 328-69	Área Experimental do Fundão – Viçosa MG
46	MG1048	Sarchimor UFV 350-01	Área Experimental do Fundão – Viçosa MG
47	MG1206	Bourbon Vermelho	Fazenda dos Furtados - Três Pontas MG
48	MG1218	Sumatra fruto amarelo	Fazenda Cantagalo – Colqueiral MG
49	MG1256	Mundo Novo II CP 388-17-16	Faz. Experimental de Machado – Machado MG

2.3 Colheita, Processamento e Preparo das amostras

Os frutos foram colhidos seletivamente quando a maioria estava no ponto de maturação ideal, ou seja, cereja. Vinte litros de cada acesso foram processados via seca e via úmida, conforme fluxograma da Figura 1.

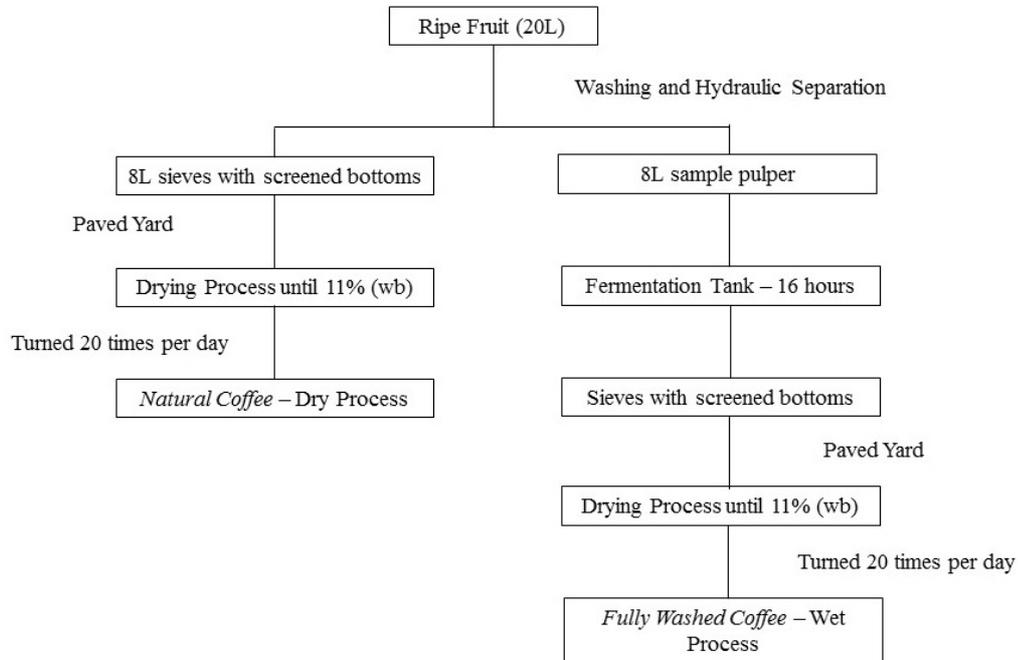


Figura 1. Fluxograma dos métodos de processamento via úmida e via seca para os 49 acessos de *C. arabica* L, de acordo Borém (2008).

Após atingirem umidade ideal, as amostras em coco e em pergaminho foram acondicionadas em embalagens de papel Kraft[®] e revestidos com saco de polietileno. Em seguida, foram armazenadas em câmara fria com temperatura controlada a 17°C por um período de 30 dias.

2.4 Análise Sensorial

A torração e a análise sensorial das amostras foram realizadas com base nos protocolos descritos pela Associação Americana de Cafés Especiais – SCAA (Lingle, 2011). Foram torrados 100g de grãos (peneira 16 e acima sem defeitos) de cada amostra até que atingissem o padrão de cor #65 para grãos inteiros do Sistema de Classificação de Cor Agron/SCAA, respeitando-se a faixa de tempo de 8 a 12 minutos. Para análise sensorial, um painel de três juízes treinados (Q-grader) avaliaram cinco xícaras de cada amostra em relação a dez atributos, fragrância/aroma, uniformidade, ausência de defeitos, doçura, sabor, acidez, corpo, equilíbrio, finalização e impressão global, que foram anotados em uma escala de 10

pontos com intervalos de 0,25 pontos. A nota sensorial final foi gerada a partir do somatório dos atributos avaliados, sendo considerados especiais aqueles cafés com pontuação igual ou superior a 80 pontos. As nuances percebidas pelos juízes também foram descritas, possibilitando maior caracterização dos acessos estudados.

2.5 Análise de dados

Avaliou-se 49 acessos de café Arábica em função de dois métodos de processamento. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), com duas repetições e parcelas com dez plantas cada. Os resultados dos atributos sensoriais e a nota final foram submetidos à análise multivariada para a melhor compreensão do efeito das variáveis estudadas. Para tanto, utilizou-se a Análise de Componentes Principais (PCA) para a discriminação dos acessos, a partir da interação com o processamento pós colheita, resultando no agrupamento dos pontos de acordo com os atributos sensoriais e a nota final. Para esta análise foi utilizado o software estatístico R (R Development Core Team, 2017).

Para descrever e analisar sistematicamente as nuances percebidas pelos juízes, foi utilizado o Método de Análise de Conteúdo (Bardin, 1977), o qual permitiu melhor conhecimento a respeito do perfil sensorial dos acessos processados via úmida e via seca.

3. Resultados e Discussão

3.1 Análise de componentes principais (PCA)

A PCA é uma análise multivariada que oferece uma representação visual dos dados e não necessita de conhecimento prévio do conjunto de dados. A PCA foi aplicada para investigar o efeito do tipo de processamento na qualidade sensorial de 56 acessos de *C. arabica* L. do banco de germoplasma de Minas Gerais, Brasil. Os atributos doçura, ausência de defeitos e uniformidade não foram avaliados estatisticamente devido às estas variáveis não terem apresentado diferenças nas notas para todos os acessos avaliados.

Conforme a PCA, houve 84,74% de variabilidade total da resposta para PC1 (77,88%) e PC2 (6,86%), quando comparados os acessos em função do processamento (Figura 2a). A PC1 foi responsável pelo agrupamento das amostras quanto à nota final em 3 grupos distintos (Figura 2b e Tabela 2). O grupo III, composto pelos acessos MG0245 (Obatã Tardio) e H419.6.2.5.2 (Híbrido de Paraíso) ambos na forma de processamento despulpado, apresentou as maiores notas finais, 88,8 e 90,2 pontos, respectivamente. O grupo II, composto apenas pelo acesso MG0411 (Mundo Novo x S 795 UFV 335-07), na forma de processamento natural, apresentou a menor nota sensorial entre os acessos avaliados, 79,3. Neste caso, nota-

se claramente que o tipo de processamento adotado na pós-colheita influenciou consideravelmente a expressão sensorial destes 3 acessos. Sobre os fatores que influenciam o melhoramento genético visando a qualidade de bebida, Leroy et al. (2006) propuseram que dependendo do processamento adotado na pós-colheita, podem ser observadas fortes consequências na qualidade do café. A remoção rápida da casca e da mucilagem do café facilita a obtenção de uma boa bebida, independentemente da área de produção e, quando devidamente preparados, são sempre classificados como uma bebida de alto valor comercial (Oliveira et al, 2013). Corroborando com o presente estudo, Coradi e Borém (2009), observaram diferenças significativas nas notas finais, entre os processamentos natural e despulpado, sendo que o café natural não foi classificado como especial.

Os demais acessos, independentemente do tipo de processamento adotado, ficaram alocados no grupo I, com notas finais variando de 80,8 a 86,1 pontos. Portanto, para a maioria dos acessos avaliados neste estudo, o processamento não interferiu na obtenção de cafés com pontuação superior a 80 pontos, conforme os protocolos da Associação Americana de Cafés Especiais (Lingle, 2011). Vários estudos foram desenvolvidos ao longo dos anos para investigar a influência dos processos pós-colheita na qualidade da bebida do café, neste sentido Taveira et al. (2015), Saath et al. (2012) e Abreu et al. (2015) não encontraram diferenças significativas para a nota final de cafés especiais quando processados via seca e via úmida. Contudo estes mesmos autores e também Clemente et al. (2015), Arruda et al. (2011), Coradi e Borém (2009), Knopp et al. (2006) encontraram diferenças significativas para a composição química dos grãos e quanto às análises fisiológicas de integridade da membrana, impactando diretamente nas notas dos atributos sensoriais da bebida.

Grãos de café natural e despulpado originam bebidas com perfis sensoriais distintos, mesmo com notas finais muito similares (Taveira et al., 2015). Portanto, na avaliação da qualidade de cafés especiais é importante considerar todos os atributos observados na xícara, uma vez que já existe uma parcela significativa no mercado de especiais, na qual são valorizadas características distintas. Neste contexto, o tipo de processamento pós-colheita interferiu na expressão dos atributos sensoriais dos acessos, como pode ser observado pela explicação da PC2 (Tabela 2).

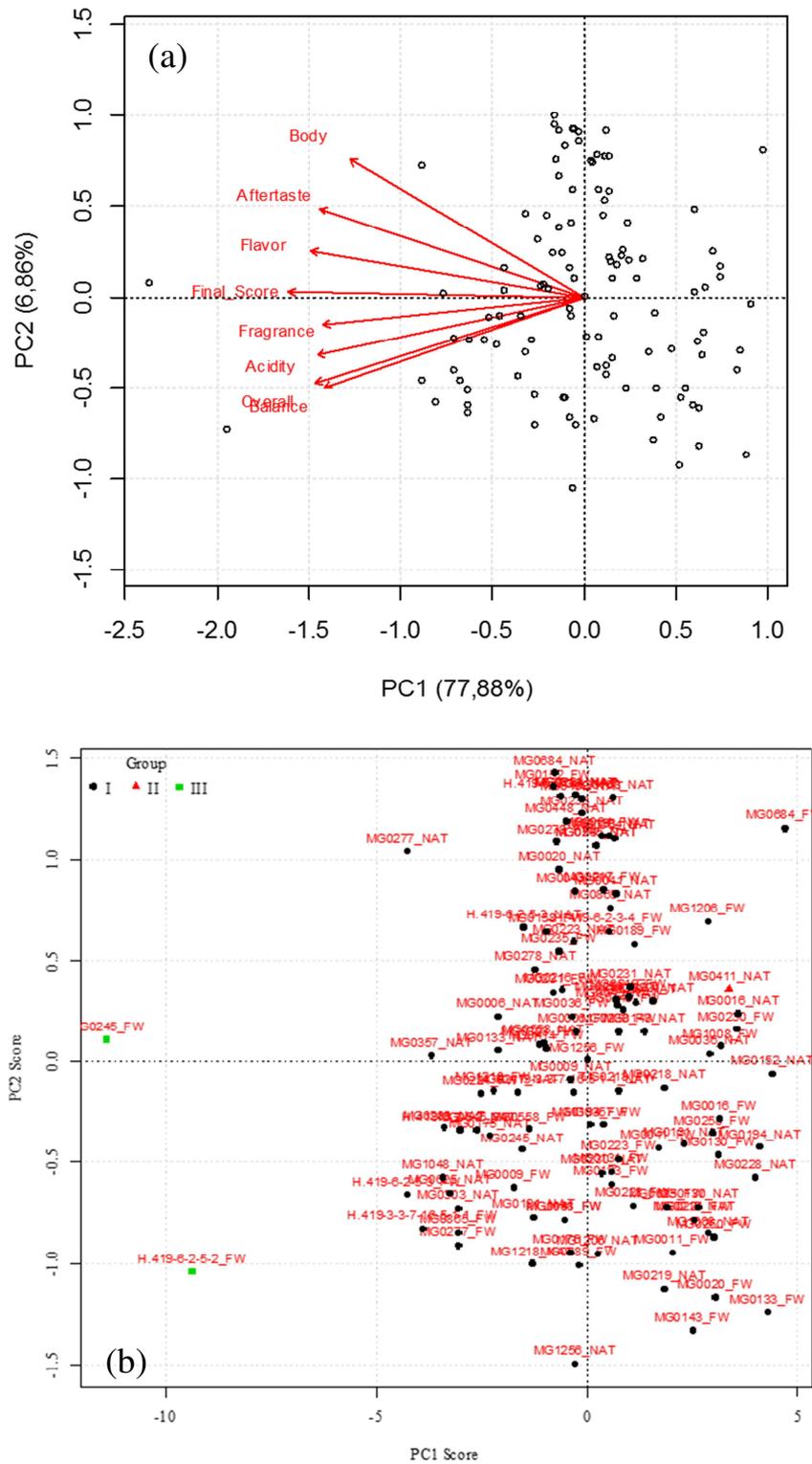


Figura 2. Biplot das variáveis (a) e escores da PCA (b) para acessos de *Coffea arabica* L. do Banco Ativo de Germoplasma de Minas Gerais, em função do processamento via úmida (FW) e via seca (NAT), em relação aos atributos sensoriais e nota total final. (●) Grupo I: 80,8 – 86,1 pontos, (▲) Grupo II: 79,3 pontos, (■) Grupo III: 88,8 e 90,2 pontos.

Os atributos sensoriais sabor, acidez, fragrância, corpo, aftertaste, equilíbrio e impressão global foram determinantes para a formação da PC2, sendo influenciada por pares

de variáveis (Tabela 2). Posto isto, foi observado que a maioria dos acessos que apresentaram notas mais elevadas para os atributos acidez, fragrância, equilíbrio e impressão global foram processados pelo método despulpado, ao passo que a maioria dos acessos com notas mais elevadas para sabor, corpo e aftertaste foram pelo método natural (Figura 3). Os resultados obtidos corroboram com o proposto na literatura, que o tipo de processamento pós-colheita influencia nos atributos da bebida (Borém, 2008; Oliveira et al., 2013; Taveira et al., 2015). Em estudo concernente à qualidade do café, Malta et al. (2013) observaram diferenças significativas nos atributos sensoriais em função do método de processamento adotado, sendo que os cafés despulpados apresentaram maiores valores para acidez e os cafés naturais maiores valores para o atributo sabor. Geralmente, os cafés naturais originam bebidas mais encorpadas e doces, enquanto os cafés despulpados possuem bebida com acidez mais desejável (Santos, Chalfoun e Pimenta, 2009).

Tabela 2. Correlações entre os parâmetros avaliados (nota final e atributos sensoriais) com os dois primeiros componentes principais e os respectivos coeficientes de cada parâmetro com o componente principal

Parâmetros	PC1 (77,88%)		PC2 (6,86%)	
	Coeficientes	Correlações*	Coeficientes	Correlações*
Fragrance	-0,3471	-0,8664	-0,1275	<i>-0,0945</i>
Flavor	-0,3632	-0,9065	0,2087	0,1547
Acidity	-0,3542	-0,8840	-0,2653	<i>-0,1966</i>
Body	-0,3117	-0,7780	0,6223	0,4612
Aftertaste	-0,3513	-0,8769	0,4015	0,2975
Balance	-0,3454	-0,8621	-0,4091	<i>-0,3032</i>
Overall	-0,3571	-0,8913	-0,3919	<i>-0,2904</i>
Final_Score	-0,3935	-0,9823	0,0220	0,0163

*Variáveis em negrito e em itálico indicam grupos de variáveis a serem formados.

De acordo com a Figura 3, os acessos MG0009 (Bourbon Amarelo), MG0218 (Caturra Amarelo), MG1218 (Sumatra Fruto Amarelo), H419.3.3.7.16.5.1.1 (Híbrido de Paraíso), MG0194 (Caturra Amarelo Colombiano), MG0289 (Híbrido Timor UFV 376-01), H419.6.2.5.2 (Híbrido de Paraíso), MG0175 (Caturra X H.T. IAC 2012), MG0131 (Sumatra), MG0130 (Sumatrão Ponta Roxa), MG1048 (Sarchimor UFV 350-01), MG0625 (BE5 Wush-Wush UFV 406-06), MG0191 (Caturra Amarelo), independentemente do tipo de processamento, apresentaram maiores valores para as notas dos atributos acidez, aroma/fragrância, equilíbrio e impressão global. O mesmo foi visto para os acessos MG0684 (Caturra Vermelho x CIFIC H 288/14 UFV 319-04), H419.6.2.3.4 (Híbrido de Paraíso), MG0189 (Caturra Alaranjado), MG0233 (Obatã Amarelo), MG0448 (Mundo Novo x S 795 UFV 335-15), MG0064 (Bourbon Vermelho), MG0278 (Híbrido Timor UFV 376-37),

MG0043 (Bourbon Amarelo T15), MG0223 (Pacamara), MG0411 (Mundo Novo x S 795 UFV 335-07), MG0231 (Erecta), MG0036 (Bourbon Amarelo), MG0006 (Bourbon Amarelo) em relação aos atributos sabor, corpo e aftertaste.

Nota-se que os acessos exóticos, como o BE5 Wush-Wush, os Híbridos de Timor e o Pacamara mostraram capacidade de produzir cafés com atributos sensoriais muito similares à Bourbon e seus derivados, Caturra e Mundo Novo. A variedade Bourbon é mundialmente conhecida pelo potencial em produzir cafés de bebidas excelentes com atributos sensoriais específicos na xícara, sendo muito utilizada no mercado de cafés especiais, e também como progenitora em programas de melhoramento que visem a qualidade de bebida (Taveira et al., 2014; Figueiredo et al., 2013; Kitzberger et al., 2013; Ferreira et al., 2012; Leroy et al., 2006; Carvalho et al., 2011). Sobreira et al., (2015) avaliaram os atributos sensoriais de acessos de *C. arabica* L., e encontraram superioridade do grupo dos acessos de Híbrido de Timor em relação aos grupos de Bourbon, Caturra, Catimor e Cultivares Tradicionais.

A partir destes resultados, é possível inferir que estes 26 acessos, introduzidos no BAG de Minas Gerais, apresentam maior estabilidade para os atributos sensoriais da bebida. Os programas de melhoramento genético do café em todo o mundo procuram recursos genéticos, especialmente no que diz respeito aos atributos sensoriais da bebida, para produzir cafés diferenciados voltados ao mercado de cafés especiais. Vários estudos têm demonstrado a variabilidade genética no germoplasma de *C. arabica* (Tessema et al., 2011; Garret et al., 2013; Aerts et al., 2013; Setotaw et al., 2010), no entanto, devido as dificuldades intrínsecas de uma avaliação padronizada, as informações não são claras a respeito do quão distantes as cultivares ou acessos são uns dos outros em relação ao perfil sensorial, o que reduz a probabilidade de ganhos de qualidade após um processo de seleção e recombinação.

Os estudos que visam o potencial de qualidade de acessos de coleções de germoplasma (Sobreira et al., 2016; Sobreira et al., 2015; Gimase et al., 2014; Kathurima et al., 2009) utilizaram um único tipo de processamento para definir o perfil sensorial dos acessos, contudo sabendo da importância dos processos pós-colheita na definição dos atributos sensoriais da bebida, resultados como o exibido neste trabalho representam ganhos genéticos para futuras seleções.

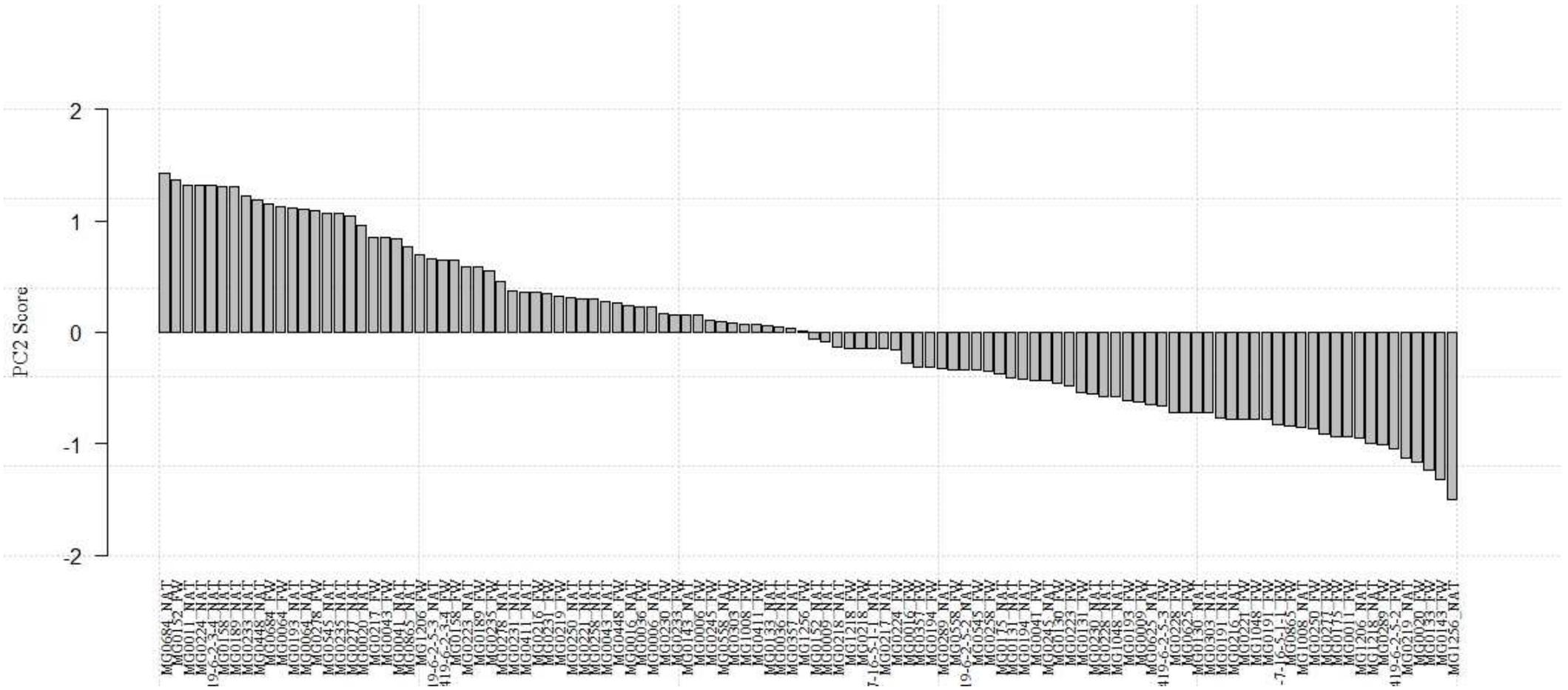


Figura 3. Escores da PC2 para dados de 56 acessos de *C. arabica* em dois tipos de processamento, natural (NAT) e despoldado (FW), em função das notas dos atributos sensoriais e da nota final.

3.2 Análise de Conteúdo

Alguns critérios comuns são usados para definir as características sensoriais do café e são divididos principalmente em dois grupos: características gerais e nuances. As características gerais incluem termos como fragrância e aroma, acidez, corpo, sabor, aftertaste e equilíbrio, enquanto as nuances são descritores que podem não ocorrer em todas as xícaras de café, mas quando eles estão presentes podem adicionar complexidade e singularidade ao café (Thuston et al., 2013). Na análise sensorial de cafés especiais proposta pela Associação Americana de Cafés Especiais os procedimentos da prova de xícara têm foco primeiramente na pontuação do café baseado nas características gerais, mas também são identificadas nuances específicas (Lingle, 2011). Entretanto, devido à complexidade e variedade dos termos utilizados pelos provadores para identificar as nuances, essas descrições raramente são avaliadas metodicamente (Scholz et al., 2013).

Os diferentes tipos de processamentos adotados na pós-colheita podem proporcionar variações nos atributos sensoriais da bebida do café. Neste sentido, para traçar o perfil sensorial dos acessos do BAG em função dos tipos de processamento, utilizou-se o Método de Análise de Conteúdo. A análise de conteúdo é um método qualitativo que utiliza estratégias de análise temática e análise de discurso, a primeira estratégia consiste em agrupar o material identificado com base na frequência das palavras, enquanto o segundo interpreta o significado dos argumentos (Bardin, 1977).

Um total de 106 termos foram utilizados pelos provadores para descrever os acessos processados via seca e 117 termos para descrever os acessos processados via úmida. Os termos mais recorrentes para cada processamento estão apresentados na Tabela 3 e separados em categorias e subcategorias. Ao avaliar o perfil sensorial de grãos de café comerciais pelo método de “perfil livre”, Narain et al. (2003) encontraram 110 termos descritores e estes foram subdivididos em 4 categoriais. Utilizando o mesmo método de avaliação, Kitzberger et al. (2010) levantaram de 8 a 23 termos para descrever os atributos de cultivares de café Arábica. Nestes trabalhos houve a identificação de termos negativos relacionados à qualidade de bebida como verde, adstringente, fermentado, queimado e amargo, fato não observado no presente estudo, no qual houve apenas termos positivos para a qualidade de bebida.

Tabela 3. Termos identificados pelos provadores nos acessos do Banco de Germoplasma de Minas Gerais para os processamentos via úmida e via seca utilizados na Análise de Conteúdo.

Categoria	Subcategoria	Termos associados	
		Café Natural	Café Despolpado
Sabor	Chocolate	Chocolate; Chocolate ao leite; Leve chocolate; Chocolate meio amargo.	Chocolate; Chocolate ao leite; Leve chocolate; Chocolate amargo.
	Frutado	Frutado; Frutas Amarelas; Leve frutado; Salada de frutas; Frutas tropicais.	Frutado; Frutas amarelas; Leve frutado; Frutas vermelhas; Morango.
	Caramelo	Caramelo; Açúcar mascavo; Melado (de cana); Rapadura.	Caramelo; Mel; Rapadura; Leve caramelo; Açúcar mascavo.
Fragrância/Aroma	Frutado	Frutado.	Frutado; Frutas amarelas.
	Adocicado	Caramelo; Mel; Doce; Chocolate.	Caramelo; Mel; Doce; Açúcar mascavo; Rapadura.
	Floral	Floral; Herbáceo.	Floral; Herbáceo.
Doçura	Alta	Muito doce; Doce; Boa.	Muito doce; doce; Boa; bem doce.
	Média	Média. Mediana; Pouco.	Média; Mediana.
	Alta	Viva; Brilhante.	Viva; Brilhante.
Acidez	Doce	Adocicada; Doce.	Adocicada; Doce.
	Indefinida/Média	Média; Agradável; Delicada; Cítrica.	Média; Agradável; Cítrica; Delicada; Frutada.
Corpo	Suave	Cremoso; Macio; Aveludado.	Cremoso; Macio; Aveludado.
	Encorpado	Encorpado; Médio.	Encorpado; Médio.
	Muito encorpado	Denso; Áspero.	Denso.
Finalização	Longa	Longa; Prolongada.	Longa; Prolongada.
	Refrescante	Refrescante.	Refrescante.
	Agradável	Doce; Agradável; Prazerosa; Marcante; Adocicada.	Doce; Prazerosa; Agradável; Marcante; Seco.

A partir dos termos associados, as subcategorias foram transformadas em frequência relativa para os cafés naturais e para os cafés despolpados. Para a categoria Sabor (Figura 4a) nota-se que não houve muita variação entre os processamentos natural e despolpado para os termos relacionados com o sabor frutado, no entanto para o sabor caramelo os acessos processados via úmida apresentaram maior frequência (43,60%) do que os acessos processados via seca (38,29%) e contrariamente, para o sabor chocolate, o processamento natural apresentou maior frequência (22,60%) que o processamento despolpado (16,0%). Já para a Categoria Fragrância/Aroma (Figura 4b), as diferenças foram mais evidentes entre os tipos de processamento. Os acessos no processamento natural apresentaram 37,79% de termos relacionados com as nuances frutadas, 19,77% quanto as nuances florais e 26,74% quanto à fragrância e aroma adocicado. Os acessos no processamento despolpado apresentaram maior frequência de termos relacionados a uma fragrância adocicada (59,21%), seguida das nuances frutadas (28,49%). Segundo Selmar et al. (2004) as diferenças na qualidade sensorial são

muito evidentes quando amostras de café idênticas são processadas pelos dois métodos de processamento (via úmida e via seca). Em geral, cafés naturais apresentam sabores que variam de chocolate a frutado (Teixeira et al., 2005) e os cafés despulpados são caracterizados pelo aroma completo e agradável acidez (Selmar, Kleinwächter e Bytof, 2015). Evangelista et al. (2014) utilizaram a análise de dominância temporal das sensações em cafés lavados e fermentados e observaram forte sensação de caramelo nos primeiros 5 segundos da degustação e no final da degustação (20 segundos) o aroma foi dominado por sensação de chocolate, frutado e herbáceo.

Na categoria Doçura (Figura 4c) os acessos processados pelo método natural apresentaram maior frequência de termos relacionados à doçura alta (87,5%) que os acessos processados pelo despulpamento (81,2%). A doçura é considerada um dos atributos mais desejáveis em cafés especiais. Alguns estudos indicam que as operações pós colheita exercem forte influência no nível de açúcares e consequentemente na doçura final da bebida (Joet et al, 2010; Knopp et al., 2006). Ribeiro et al. (2016) encontraram diferenças significativas para o conteúdo de sacarose entre as cultivares Bourbon Amarelo e Acaiá Cerrado em função do processamento pós colheita.

A acidez no café pode ser desejável ou não, dependendo do ácido presente na bebida. A acidez desejável contribui para a vivacidade da bebida, aumentando a percepção de doçura e proporcionando sabor de frutas secas (Borém et al., 2016). As três subcategorias para acidez foram observadas nos acessos para os dois tipos de processamento, mas em níveis diferentes (Figura 4d). Observa-se maior variação entre a frequência da acidez alta e da acidez doce, sendo a primeira mais alta nos acessos despulpados (31,0%) e a segunda nos acessos naturais (15,7%). Este resultado corrobora com o proposto por alguns autores (Malta et al., 2013; Taveira et al., 2015; Teixeira et al., 2005) que os cafés despulpados apresentam acidez mais acentuada que os cafés naturais.

Para a categoria corpo da bebida (Figura 4e), os termos associados com o corpo suave foram mais frequentes para os dois tipos de processamento, no entanto nos acessos despulpados a porcentagem foi maior (59,56%). A frequência de termos relacionados com o atributo encorpado foi praticamente igual para os acessos naturais e despulpados, 22,53% e 22,88%, respectivamente. Já para o atributo muito encorpado, nota-se maior porcentagem de termos para os acessos naturais (32,39%), enquanto para os acessos despulpados houve apenas 17,55% de termos associados. O corpo da bebida está relacionado com a sensação denominada “*mouthfeel*” (Lingle, 2011) e contribui para a sensação de preenchimento na boca

durante a degustação, atributo muito valorizado nos cafés especiais. Segundo Borém (2008) os cafés processados via seca apresentam bebida muito encorpada sendo essenciais para compor blends de café expresso, enquanto os cafés “lavados” apresentam corpo menos acentuado na bebida (Teixeira et al., 2005). Corroborando com o presente trabalho, Sobreira et al. (2015) observaram maior frequência de termos associados com o corpo suave para acessos de *Coffea arabica* processados por despulpamento.

As frequências encontradas para a categoria Finalização (Figura 4f) não se alteraram em função do tipo de processamento para os acessos do banco de germoplasma. De maneira geral os acessos apresentaram maior porcentagem de termos associados à finalização agradável (60,77% para os naturais e 63,14% para os despulpados), seguido da finalização longa (38,12% para os naturais e 35,26% para os despulpados). Apenas 1% dos acessos, nos dois tipos de processamento, apresentaram finalização refrescante.

Atualmente, é comum no mercado de cafés especiais a procura por grãos com perfis sensoriais diferentes, que agreguem valor e determine singularidade à bebida. Essas diferenças podem ser influenciadas principalmente pelas etapas de processamento e secagem do café, nas quais os grãos estão sujeitos a alterações bioquímicas e fisiológicas. Com base nos resultados obtidos neste trabalho, pode-se afirmar que o banco ativo de germoplasma apresenta acessos com diferenciação no perfil sensorial para os dois tipos de processamento.

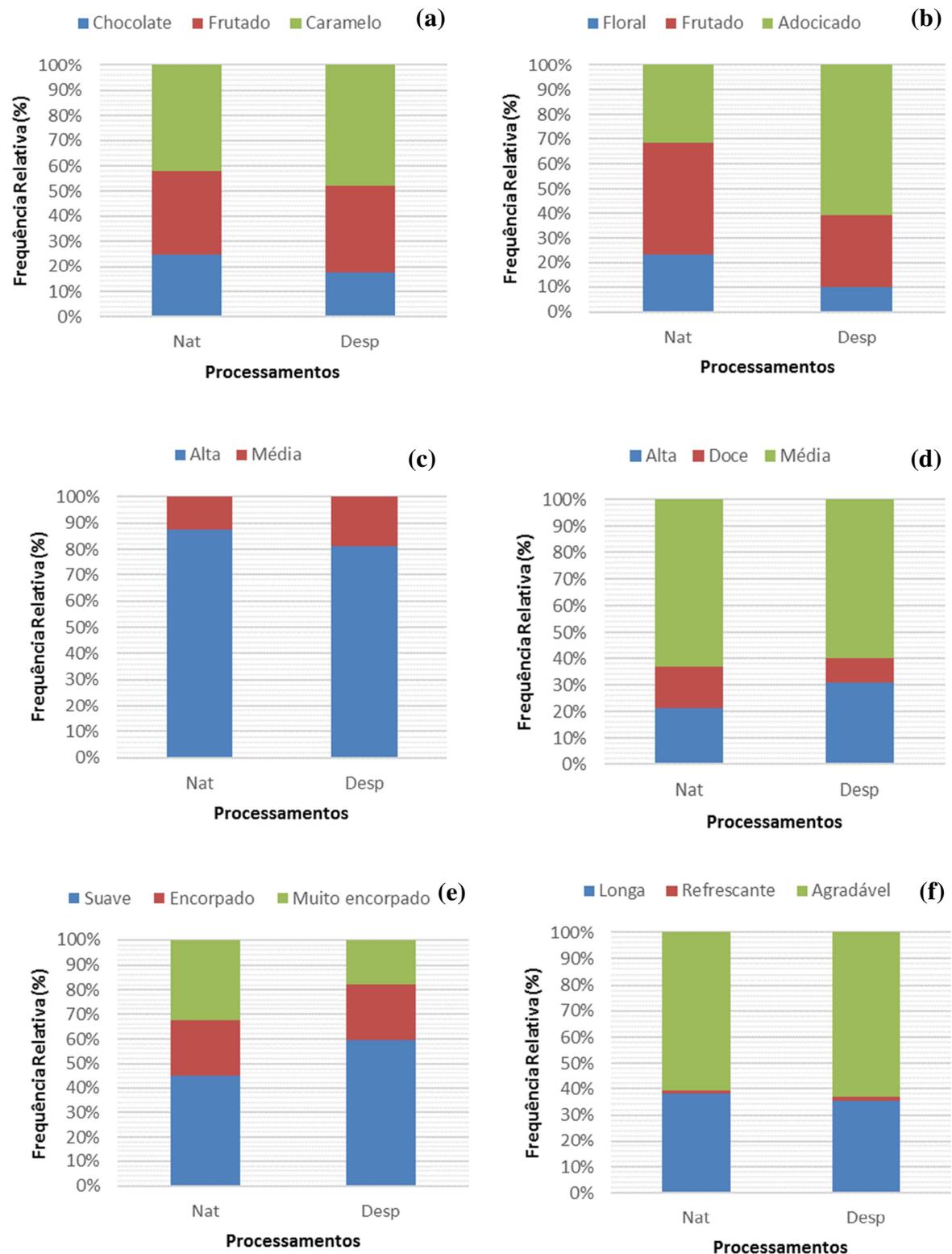


Figura 4. Frequência relativa dos termos das subcategorias de Sabor (a), Fragrância/Aroma (b), Doçura (c), Acidez (d), Corpo (e) e Finalização (f) para os acessos do BAG de Minas Gerais processados via seca (Nat) e via úmida (Desp).

4. Conclusão

Os acessos do banco ativo de germoplasma de Minas Gérias apresentaram variações no perfil sensorial da bebida em função do processamento pós colheita. Porém foi evidente que alguns acessos independentemente do tipo de processamento apresentam notas mais elevadas para alguns atributos da bebida, demonstrando estabilidade sensorial de alguns genótipos.

Os resultados demonstraram a importância da avaliação do perfil sensorial em paralelo aos parâmetros de processamento, quando relaciona-se genótipos e produção de cafés especiais.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), a Universidade Federal de Lavras (UFLA), a Agência de Inovação do Café (INOVACAFE), o Consórcio de Desenvolvimento Pesquisa Café, a FAPEMIG e a CAPES.

6. Referências Bibliográficas

- AERTS, R. et al. Genetic variations and risks of introgression in the wild *Coffea arabica* gene pool in southwestern Ethiopian montane rainforest. **Evolutionary Applications**, v.6, p. 243-252, 2013.
- ABREU, G.F. et al. Alterações na coloração de grãos de café em função das operações pós-colheita. **Coffee Science**, v.10, n.4, p.429-436, 2015.
- ARRUDA, N.P. 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**, v.34, n.5, p.819-824, 2011.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.
- BERTRAND, B. et al. Impact of the *Coffea canephora* gene introgression on beverage quality of *C. arabica*. **Theoretical and Applied Genetics**, v.107, p.387-394, 2003. DOI: 10.1007/s00122-003-1203-6
- BORÉM, F.M. **Pós-colheita do café**. Lavras: Editora UFLA, 2008. 631p.
- BORÉM, F.M. et al. The relationship between organic acids, sucrose and the quality of specialty coffees. **African Journal os Agriculture Research**, v.11, n.8, p.709-717, fev.2016.
- BORÉM, F.M. et al. Microscopia eletrônica de varredura de grãos de café submetidos a diferentes formas de processamento e secagem. **Coffee Science**, v.8, n.2, p.277-237. 2013.

- BYTOF, G. et al. Influence of processing on the generation of γ -aminobutyric acid in green coffee beans. **European Food Research and Technology**, v.220, p.245-250, 2005.
- CARVALHO, G.R. et al. Melhoramento genético do café visando à qualidade da bebida. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.32, n261. 2011.
- CLEMENTE, A.C.S. et al. Operações pós-colheita e qualidade físico-químicas e sensorial de cafés. **Coffee Science**, v. 10, n. 2, p. 233 - 241, 2015.
- CORADI, P. C.; BORÉM, F. M. Alterações dos parâmetros físico químicos na qualidade de bebida do café natural e despulpado em função de diferentes tipos de secagem e condição de armazenamento. **Revista Brasileira de Armazenamento**, n. 11, p. 54- 63, 2009. Edição Especial Café.
- EVANGELISTA, S.R. et al. Improvement of coffee beverage quality by using selected yeasts strains during the fermentation in dry process. **Food Research International**, n. 61, p. 183–195, 2014
- FERREIRA, A.D. et al. Análise sensorial de diferentes genótipos de cafeeiro Bourbon. **Interciencia**, v.37, p. 390–394, 2012.
- FIGUEIREDO, L. P. et al. The Potential for High Quality Bourbon Coffees From Different Environments. **Journal of Agricultural Science**, v. 5, n. 10, p. 87, 2013.
- GARRET, R. et al. Discrimination of arabica coffee cultivars by electrospray ionization Fourier transform ion cyclotron resonance mass spectrometry and chemometrics. **LWT-Food Science and Technology**, v.50, p.496-502, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2012.08.016>
- GIMASE, J.M. et al. Beverage quality and biochemical attributes of arabusta coffee (C. arabica L.x C. canephora Pierre) and their parental genotypes. **African Journal of Food Science**, v.8, n.9, p.456-464, set.2014.
- KATHURIMA, C.W. et al. Evaluation of beverage quality and green bean physical characteristics of selected Arabica coffee genotypes in Kenya. **African Journal of Food Science**, v.3, n.11, p. 365-371, 2009.
- KITZBERGER, C.S.G. et al. Composição química de cafés arábica de cultivares tradicionais e modernas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n.11, p.1498-1506, 2013. DOI:10.1590/S0100-204X2013001100011.
- KITZBERGER, C.S.G. et al. Caracterização sensorial de cafés de diferentes cultivares produzidos nas mesmas condições edafoclimáticas. **Braz. Journal of Food Technol**, v.19, n.21, p.39-48. 2010. DOI: 10.4260/bjft201114e000105

- KNOPP, S. et al. 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.
- JOET, T. et al. Influence of environmental factors, wet processing and their interactions on the biochemical composition of green Arabica coffee beans. **Food Chemistry**, v. 118, n. 3, p. 693-701, 2010.
- LEROY, T. et al. Genetics of coffee quality. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.18, n.1 p.229-242, jan/mar. 2006.
- LESHERMES, P.; ANTHONY, F. Coffee. In: KOLE, C. **Tecnical crops: Genome mapping and molecular breeding in plants**. Berlin, Heidelberg: Springer. 2007. 118p.
- LINGLE, T. R. **The coffee cupper's handbook: a systematic guide to the sensory evaluation of coffee's flavor**. Long Beach, CA: Specialty Coffee Association of America. 2011.
- LÓPEZ-GARCIA, F.J. et al. Producción y calidad em variedades de café (*Coffea arabica* L) em Veracruz, Mexico. **Rev. Fitotec. Mex**, vol. 39, n.3, p.297-304, 2016.
- MALTA, M.R. Processamento e qualidade do Café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.32, n261. 2011.
- MALTA, M.R. et al. Alterações na qualidade do café submetido a diferentes formas de processamento e secagem. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 21, n. 5, p. 431-440, set/out. 2013.
- NARAIN, C. et al. Free choice and conventional profiling of comercial black filter coffees to explore consumer perceptions of character. **Food Quality Preference**, v.15, n.1, p.31-41, 2003.
- OLIVEIRA, P.D. et al. Physiological aspects of coffee beans, processed and dried through different methods, associated with sensory quality. **Coffee Science**, v.8, n.2, p.203-211. 2013.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. R. a language and environment for statistical computing. Vienna:Foundation for Statistical Computing, 2017. Disponível em:<<http://www.R-project.org/>> Acesso em: 26 abril 2017.
- RIBEIRO, L.S. et al. Controlled fermentation of semi-dry coffee (*Coffea arabica* L.) using starter cultures: a sensory perspective. **LWT – Food Science and Technology**, v.82, p.32-38, 2007. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.04.008.
- RIBEIRO, D.E. et al. Interaction of genotype, environment and processing in the chemical composition expression and sensorial quality os Arabica coffee. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, n.27, p. 2412-2422, jul. 2016. DOI: 10.5897/AJAR2016.10832

- SAATH, R. et al. Alterações na composição química e sensorial de café (*Coffea arabica* L.) nos processos pós-colheita. **Revista Engenharia na Agricultura**, v.27, n.2, p.96-112, 2012.
- 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 Agrotecnologia**, v.33, n.1, p.213-218, 2009.
- SELMAR, D.; KLEINWACHTER, M.; BYTOF, G. **Metabolic Responses of Coffee Beans During Processing and Their Impact on Coffee Flavor**. In: SCHWAN, R. F.; FLEET, G. H. (Eds.). *Cocoa and Coffee Fermentations*. 1st. ed. Boca Raton: CRC Press, 2015. p. 431-476.
- SELMAR, D. et al. Biochemical insights into coffee processing: quality and nature of green coffee are interconnected with an active seed metabolism. In: INTERNATIONAL CONFERENCE IN COFFEE SCIENCE, 20., 2004, Bangalore. **Resumes** Bangalore: ASIC, 2004. CD-ROM.
- SETOTAW, T.A. et al. Breeding potential and genetic diversity of “Híbrido de Timor” coffee evaluated by molecular markers. **Crop Breed App. Biot.** v.10, p.298-304, 2010.
- SCHOLZ, M. B. S. et al. Atributos sensoriais e características físico-químicas de bebida de cultivares de café do IAPAR. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 1, p. 6-16, 2013.
- SOBREIRA, F.M. et al. Sensory quality of arabica coffee (*Coffea arabica* L) genealogic groups using the sensogram and content analysis. **Australian Journal of Crop Science**, v.9, n.6, p.486-493. 2015
- SOBREIRA, F.M. et al. Divergence among arabica coffee genotypes for sensory quality. **Australian Journal of Crop Science**, v.10, n.10, p.1442-1448, 2016. DOI: 10.21475/ajcs.2016.10.10.p7430.
- TAVEIRA, J.H.S. et al. Post-harvest effects on beverage quality and physiological performance of coffee beans. **African Journal of Agricultural Research**, v.10, n.12, p.1457-1466, mar. 2015.
- TAVEIRA, J.H.S. et al. Perfis proteicos e desempenho fisiológico de sementes de café submetidas a diferentes métodos de processamento e secagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.10, p.1511-1517, 2012.
- TAVEIRA, J.H.S. et al. Potential markers of coffee genotypes grown in different Brazilian regions: A metabolomics approach. **Food Research International**, v.61, n. p.75-82, jul. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.02.048>.
- TESSEMA, A. et al. Genetic Diversity Analysis for Quality Attributes of Some Promising *Coffea arabica* Germplasm Collections in Southwestern Ethiopia. **Journal Biol. Sci.** v.11, n.3, p.236-244, 2011.

THURSTON, R. et al. **Coffee: A comprehensive guide to the bean, the beverage, and the industry.** Plymouth, UK: Rowman & Littlefield. 2013.

ARTIGO 3

Discriminação de genótipos de *Coffea arabica* L. pela composição química dos grãos: potenciais marcadores em cafés naturais

Larissa de Oliveira Fassio^{1*}, Gilberto Rodrigues Liska², Marcelo Ribeiro Malta³, Antônio Alves Pereira³, Vanny Perpétua Verraz⁴, Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira⁵

*Autor correspondente: fassiolaris@gmail.com

¹ Doutoranda no Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras. Campus Universitário. 37200-000, Lavras, Brasil.

² Professor Dr na Universidade Federal do Pampa. Campus Universitário. 97650-000, Itaqui, Brasil.

³ Pesquisador Dr da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais. Unidade Sul de Minas. 37200-000, Lavras, Brasil.

⁴ Professor Dr no Departamento de Química e Bioquímica da Universidade Federal de Minas Gerais. 31270-901, Belo Horizonte, Brasil.

⁵ Professor Dr no Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras. Campus Universitário. 37200-000, Lavras, Brasil.

Normas Journal of Agriculture and Food Chemistry (Versão preliminar de artigo)

RESUMO

A composição química dos grãos de café é variável e depende principalmente da espécie, porém pouco se sabe sobre as diferenças entre as variedades de *C. arabica* que resultam em perfis sensoriais diferentes. Este trabalho visou encontrar possíveis marcadores químicos para discriminar grupos genealógicos de *Coffea arabica* utilizando a análise de regressão por mínimos quadrados parciais. Foram utilizados 28 acessos de 4 grupos genealógicos de *C. arabica* do Banco de Germoplasma de Minas Gerais, com duas repetições de campo cada, os quais foram colhidos seletivamente em 2015 e processados pelo método via seca. Realizou-se análises físico-químicas e cromatográficas para determinar a composição dos grãos crus e análises quimiométricas como a PCA e a PLS-DA, para caracterizar e discriminar os grupos genealógicos. A PCA forneceu uma visão geral de alguns acessos em relação aos compostos químicos, no entanto informações detalhadas sobre as diferenças entre os grupos genealógicos não foram obtidas por esta análise. O modelo PLS-DA identificou as variáveis ácidos graxos, sacarose, polifenóis e proteína como as mais importantes na discriminação dos grupos genealógicos, no entanto mesmo classificando boa parte das amostras corretamente, o modelo criado ainda não conseguiu classificar corretamente o grupo de cultivares tradicionais. Foi possível identificar os marcadores químicos para os grupos genealógicos de café Arábica do banco de germoplasma de Minas Gerais.

Palavras-chave: banco ativo de germoplasma; qualidade de café; marcadores químicos; partial least square - discriminant analysis.

1. Introdução

O café é uma das mercadorias mais comercializadas em todo o mundo. As duas espécies de café representativas deste mercado são a *Coffea arabica* L. conhecida como café Arábica e espécie *Coffea canephora* Pierre. conhecida como café Robusta. Essas duas espécies apresentam características bem distintas, principalmente no que se refere à qualidade de bebida (Lashermes e Anthony, 2007). A espécie Arábica apresenta bebida doce e suave enquanto a espécie robusta apresenta bebida neutra (Gimase et al., 2014). Dentro da espécie Arábica também são encontradas diferenças nas características das variedades, a *var.*

Bourbon, por exemplo é uma variedade conhecida pelo alto potencial em produzir cafés especiais com perfis sensoriais de aroma e sabor delicados (Ferreira et al., 2012; Figueiredo et al., 2013). Similarmente, cultivares tradicionais no Brasil e no mundo, como a Mundo Novo (Bourbon x Sumatra), Catuaí (Caturra x Mundo Novo), Catucaí (Catuaí x Icatu) e Obatã (Villa Sarchi x Híbrido de Timor), também são bem aceitas no mercado de cafés especiais por suas características sensoriais (Pereira et al., 2010). O germoplasma Híbrido de Timor é oriundo do cruzamento natural de *C.arabica* x *C. canephora*, que apresenta fator de resistência a vários patógenos e vem se despontando nas pesquisas como ótimo para a qualidade de bebida (Setotaw et al., 2010; Sobreira et al., 2015).

As diferenças encontradas, entre e dentro, a nível de espécies são devido à composição química dos grãos. De acordo com Kitzberger et al. (2013) o conhecimento referente à composição química dos grãos pode permitir melhor aproveitamento da grande diversidade genética de café existente e é uma opção para ampliar o mercado de exportação, manter a qualidade e a competitividade. Numerosos estudos têm sido conduzidos para quantificar principalmente constituintes como cafeína, ácido clorogênico, sacarose, lipídeos, proteínas e voláteis em grãos de café (Farah et al., 2006; Bertrand et al., 2008; Knoop, Bytof e Selmar, 2006; Bertrand et al., 2012; Figueiredo et al., 2015; Fassio et al., 2016; Borém et al., 2016) por serem considerados influenciadores de traços sensoriais comercialmente importantes. No entanto, ainda existem lacunas significativas de conhecimento a respeito da composição química de genótipos de café Arábica (Cheng et al., 2016).

O sucesso de uma nova cultivar no mercado de café depende em grande parte da sua qualidade de bebida. Os programas de melhoramento genético do café buscam formas de aliar o desempenho agrônômico das novas cultivares aos aspectos qualitativos da bebida (Leroy et al., 2006), contudo, o melhoramento genético visando a qualidade de bebida encontra limitações referentes às características que determinam a qualidade, pois estas sofrem considerável influência do ambiente, das condições de manejo, colheita e pós-colheita (Joet et al., 2012; Carvalho et al., 2011). O conhecimento das diferenças na composição química entre grupos diversos é um pré-requisito para estudos que buscam melhorar a eficiência de reprodução de materiais com características de bebida (Scholz et al., 2016).

Neste sentido, técnicas quimiométricas estão sendo uma via poderosa para investigar diferenças na composição química de grãos de cafés (Garret et al., 2013). O PLS-DA é um método quimiométrico que utiliza a resposta desejada para as amostras de treinamento da decomposição dos dados. Foi desenvolvido a partir de algoritmos do PLS (*Partial Least*

Squares) utilizados para a calibração multivariada, mas é aplicado para a classificação (Marquetti et al., 2016). Alguns trabalhos foram desenvolvidos com o método PLS-DA para a discriminação de cafés arábica a partir de respostas metabólicas (Suhandy e Yulia, 2017; Taveira et al., 2014; Tavares et al., 2012; Alonso-Salces et al., 2009). Assim, o objetivo deste trabalho foi encontrar possíveis marcadores químicos para discriminar grupos genealógicos de *Coffea arabica* utilizando a análise discriminante parcial de mínimos quadrados (PLS-DA).

2. Material e Métodos

2.1 Amostragem, local do experimento e processamento

O experimento foi desenvolvido com amostras de grãos crus de 28 acessos de *C. arabica* divididos em grupos de acordo com a origem genealógica (Tabela 1). Os acessos avaliados neste estudo estão implantados no Banco Ativo de Germoplasma de Minas Gerais em blocos casualizados com duas repetições e dez plantas por parcela, no Campo Experimental de Patrocínio da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG, situada a 18°59'26" de latitude sul, 48°58'95" de longitude oeste e 975 metros de altitude, na região do Alto Paranaíba.

Tabela 1. Codificação e identificação dos acessos de *C. arabica* L. do Banco Ativo de Germoplasma de Minas Gerais avaliados neste estudo.

Grupo genealógico	Código de acesso	Identificação	Local de Coleta
Bourbon (GB)	MG0036	Bourbon Amarelo T8	Fazenda Recreio - São Sebastião da Grama SP
	MG0016	Bourbon Vermelho	Fazenda São Domingos - Monte Santo MG
	MG0009	Bourbon Amarelo	Sítio São José - Dois Córregos SP
	MG0006	Bourbon Amarelo	Fazenda Santo Antônio – Araponga MG
	MG0011	Bourbon Vermelho	Fazenda São João Batista – Campos Altos MG
	MG0020	Bourbon Amarelo T7	Fazenda Recreio - São Sebastião da Grama SP
	MG0041	Bourbon Amarelo T13	Fazenda Recreio - São Sebastião da Grama SP
	MG0043	Bourbon Amarelo T15	Fazenda Recreio - São Sebastião da Grama SP
	MG0064	Bourbon Vermelho	Fazenda Bela Vista – Guaranésia SP
	MG1206	Bourbon Vermelho	Fazenda dos Furtados - Três Pontas MG
Híbrido de Timor (GHT)	MG0277	Híbrido Timor UFV 376-52	Área Experimental do Fundão – Viçosa MG
	MG0289	Híbrido Timor UFV 376-01	Área Experimental do Fundão – Viçosa MG
	MG0357	Híbrido Timor UFV 441-04	Área Experimental do Fundão – Viçosa MG
	MG0303	Híbrido Timor UFV 427-09	Área Experimental do Fundão – Viçosa MG
	MG0278	Híbrido Timor UFV 376-37	Área Experimental do Fundão – Viçosa MG
Cultivares Tradicionais (CT)	MG1256	Mundo Novo II CP 388-17-16	Faz. Experimental de Machado – Machado MG
	MG0258	Catuaí Vermelho PI 06	Fazenda da Onça – Guaranésia MG
	MG0152	Icatu Precoce IAC 3282	C. Exp. Pioneiros Café do Cerrado - Patrocínio-MG
	MG0245	Obatã Tardio	Dois Córregos MG
	MG0250	Catuaí Amarelo SL 6	Faz. Experimental de Mococa – Mococa SP
MG0233	Obatã Amarelo	Fazenda da Onça - Guaranésia MG	
Genótipos Exóticos (GE)	MG0625	BE5 Wush-Wush UFV406-06	Área Experimental do Fundão – Viçosa MG
	MG0224	Pacamara Paraná	Instituto Agronômico do Paraná – Londrina PR
	MG0223	Pacamara	Instituto Agronômico do Paraná – Londrina PR
	MG0235	Trifolia	Fazenda da Ilha - Alfenas MG
	MG0231	Erecta	Fazenda da Ilha – Alfenas MG
	MG0228	Laurina	Fazenda da Ilha – Alfenas MG
	MG1008	Geisha x S288/23UFV328-29	Área Experimental do Fundão – Viçosa MG

As amostras foram colhidas seletivamente quando a maioria dos frutos estavam no ponto de maturação ideal (cereja) e processadas pelo método via seca para a obtenção de grãos de café natural. Os frutos foram secos até teor de água de 11% (b.u.), de acordo com metodologia proposta por Borém (2008). Depois de secas e beneficiadas, as amostras foram congeladas e moídas em nitrogênio líquido utilizando moinho IKA A11 Basic Analytic®, pulverizadas e mantidas à -80°C para posterior análise dos compostos químicos.

2.2 Análises químicas

A composição dos grãos crus dos acessos foi avaliada quanto aos teores de proteína, lipídeos, açúcares totais, polifenóis, sacarose, cafeína e ácidos graxos, pois estes são considerados compostos chave para a qualidade do café (Cheng et al., 2016).

2.2.1 Análises físico-químicas

O conteúdo de proteína bruta foi determinado pelo método Kjeldahl citado pela AOAC (2000), utilizando 0.5g de amostra pulverizada em tudo para digestão. A mesma quantidade de amostra foi utilizada para a determinação de lipídeos totais pelo método Soxhlet (AOAC, 2000). Os açúcares totais nos grãos de café foram extraídos pelo método de Antrona e quantificados por espectrofotometria a um comprimento de onda de 620nm, utilizando uma curva padrão de glicose anidro, conforme método descrito por Dische (1962). Os polifenóis foram extraídos pelo método de Golstein e Swein (1963) utilizando como extrator o metanol 50%(U/V) e identificados de acordo com o método de Folin Denis, descrito pela AOAC (2000). Todas as análises foram realizadas em duplicata e os dados foram expressos em $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ (b.s). O conteúdo de cafeína foi determinado por espectrofotometria a um comprimento de onda 273nm, utilizando curva analítica de cafeína, conforme método proposto por Li et al., (1990).

2.2.2 Análises cromatográficas

Para a análise de sacarose seguiu-se o proposto por Murkovic e Derler (2006) com duplicata para todas as amostras. O Cromatógrafo Líquido usado consistiu de uma bomba LC-10AD (Shimadzu), detector por Índice de Refração RID-10A (Shimadzu), válvula de injeção Rheodyne e sistema de aquisição de dados Star 5.5 (Varian). As amostras e soluções padrões foram analisados em 2 colunas em série: Nucleosil C18-5 μm 250mm x 4,6mm (Supelco) e Discovery HS F5 150mm x 4,6mm (Supelco). A fase móvel foi água

Milli-Q em temperatura ambiente e fluxo de 1,0 mL/min e volume de injeção 20 μ L. O teor final de sacarose foi expresso em $\text{g}\cdot 100^{-1}$ (b.s.) com base na curva-padrão de sacarose (Supelco cas nº57501)

O perfil de ácidos graxos foi determinado por Cromatografia Gasosa de acordo com Christie (1989) com duplicata para todas as amostras. Utilizou-se cromatógrafo a gás HP7820A equipado com detector por ionização de chamas. A separação dos ésteres foi realizada em uma coluna HP-INNOWAX (HP) 15 cm x 0,25 mm x 0,25 μ m, com gradiente de temperatura: 150°C, 1min, 7°C/min até atingir 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 μ L. A identificação dos picos foi feita por comparação com padrões de ácidos graxos metilados mix C14-C22 (Supelco cat nº18917) e o teor final de cada ácido graxo expresso em $\text{g}\cdot 100^{-1}$ (b.s.).

2.3 Análise dos dados

Os dados das análises químicas para os 28 acessos de *C. arabica* com duas repetições, foram analisados por análise de componentes principais (PCA) e análise discriminante parcial de mínimos quadrados (PLS-DA) utilizando o software estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2017).

A PCA é um método multivariado não supervisionado que objetiva encontrar novas variáveis que sejam não correlacionadas de tal forma que expliquem o máximo da variação do conjunto de dados original (**X**) sem se referir a nenhum rótulo de classe (**Y**). Essas novas variáveis são as componentes principais e é desejável que elas sejam correlacionadas com as variáveis originais, de modo a reduzir a dimensão original das variáveis em uma dimensão menor de variáveis, constituída pelas componentes principais. Nesse sentido, a PCA foi empregada com a finalidade de avaliar a similaridade entre os compostos químicos, formada pela matriz **X**, nos diferentes códigos de acesso, conforme mencionados nas seções 2.2 e 2.3.

Para classificar os códigos de acesso nos diferentes grupos genealógicos, foi empregada a análise discriminante parcial de mínimos quadrados (PLS-DA). Ao contrário da PCA, PLS-DA é um método supervisionado que utiliza a resposta desejada (**Y**) para construir um modelo que classifique uma amostra considerando as variáveis da matriz **X** e sua respectiva categoria (**Y**) a um determinado grupo genealógico. O método consiste em modelar a estrutura de variância e covariâncias de variáveis latentes de tal forma a maximizar a variância multidimensional das variáveis da matriz **X** na direção da matriz **Y**. Vale ressaltar

que, devida a existência de correlação entre os compostos químicos, métodos de regressão linear usuais e análise discriminante convencional (Linear Discriminant Analysis – LDA) não seriam adequados (Taveira et al., 2014).

Dadas essas especificações, o modelo PLS-DA foi construído para diferenciar os grupos genealógicos de acessos de *C. arabica* com relação à composição química. Para avaliar o desempenho do modelo foi considerada a taxa de erro de classificação para cada componente da PLS-DA. Utilizou-se também a carga de cada variável no componente que resultou em melhor taxa de erro para indicar as variáveis da matriz **X** que apresentaram as maiores contribuições com o componente da PLS-DA.

3. Resultados

3.1 Análise de Componentes Principais

O biplot (Figura 1) foi obtido de acordo com a dispersão dos escores dos primeiros componentes principais nos eixos, sendo a primeira componente a de maior variância explicada (19,51%) e a segunda componente a de menor variância (17,64%). As duas primeiras componentes explicaram juntas 37,15% da variação total ocorrida entre os acessos, em relação aos parâmetros químicos.

De acordo com a PC1, há uma tendência do acesso MG0357 apresentar maiores níveis dos ácidos graxos oleico e linolênico (quadrante positivo da PC1), assim como para os acessos MG0009 e MG0231 quanto aos conteúdos de lipídeos totais e ácido graxo linoleico, respectivamente (quadrante negativo da PC1). Para os valores da PC2, é possível identificar uma tendência dos acessos MG0228, MG0224 apresentarem maiores níveis de sacarose (quadrante positivo da PC2), enquanto os acessos MG0011 e MG0064 de apresentarem o maior conteúdo do ácido esteárico. Os demais acessos demonstraram apresentar valores intermediários para essas e as demais variáveis.

Portanto, as variáveis químicas que mais contribuíram para a separação dos acessos pela PCA foram o conteúdo de lipídeos totais, os ácidos graxos oleico, linolênico, linoleico e esteárico, e o conteúdo de sacarose. O conteúdo de polifenóis, ácidos graxos, palmítico e palmitoléico, e a cafeína foram as variáveis que menos influenciaram na resposta da PCA.

A Análise de componentes principais não foi suficiente para agrupar os acessos de acordo com sua origem genealógica a partir dos dados de composição química.

Observa-se pelas Figuras 2B e 2C (gráfico do círculo de correlação e cargas das variáveis no componente 2 da PLS-DA) as variáveis que mais influenciaram na classificação dos acessos nos grupos genealógicos. As variáveis, lipídeos totais, ácido linolênico, ácido esteárico, ácido araquídico e polifenóis influenciaram mais a classificação do grupo Bourbon (GB). O grupo Híbrido de Timor (GHT) obteve maior contribuição das variáveis açúcares totais, ácido oleico, ácido láurico e proteína. Já o grupo de acessos Exóticos (GE) foi classificado pelas variáveis, ácidos palmítico, mirístico e linoleico, e também pela sacarose. As variáveis cafeína e ácido palmitoléico influenciaram a classificação do grupo de Cultivares Tradicionais.

A Figura 2A apresenta a projeção das amostras dos códigos de acesso nos 2 componentes da PLS-DA, dada pelas cargas dos respectivos componentes da matriz **X**. Observa-se que houve alta sobreposição dos grupos genealógicos, o que indica que existe uma região em comum entre os códigos de acesso, como pode ser visto nas elipses de 95% de confiança na Figura 2A, sendo que a maior evidência de sobreposição pode ser verificada para o grupo Cultivares Tradicionais (CT). Segundo o modelo PLS-DA, o código de acesso é classificado no grupo genealógico que apresenta maior carga no componente PLS-DA de melhor taxa de erro (Figura 2D). Assim, a Figura 3 mostra as classificações resultantes do modelo PLS-DA e observa-se que não foi possível discriminar os grupos genealógicos originalmente do grupo CT (Figura 3 e Tabela 1). Os códigos de acesso que obtiveram a melhor taxa de classificação correta foram os classificados no grupo genealógico GB, uma vez que apresentaram menor taxa de erro.

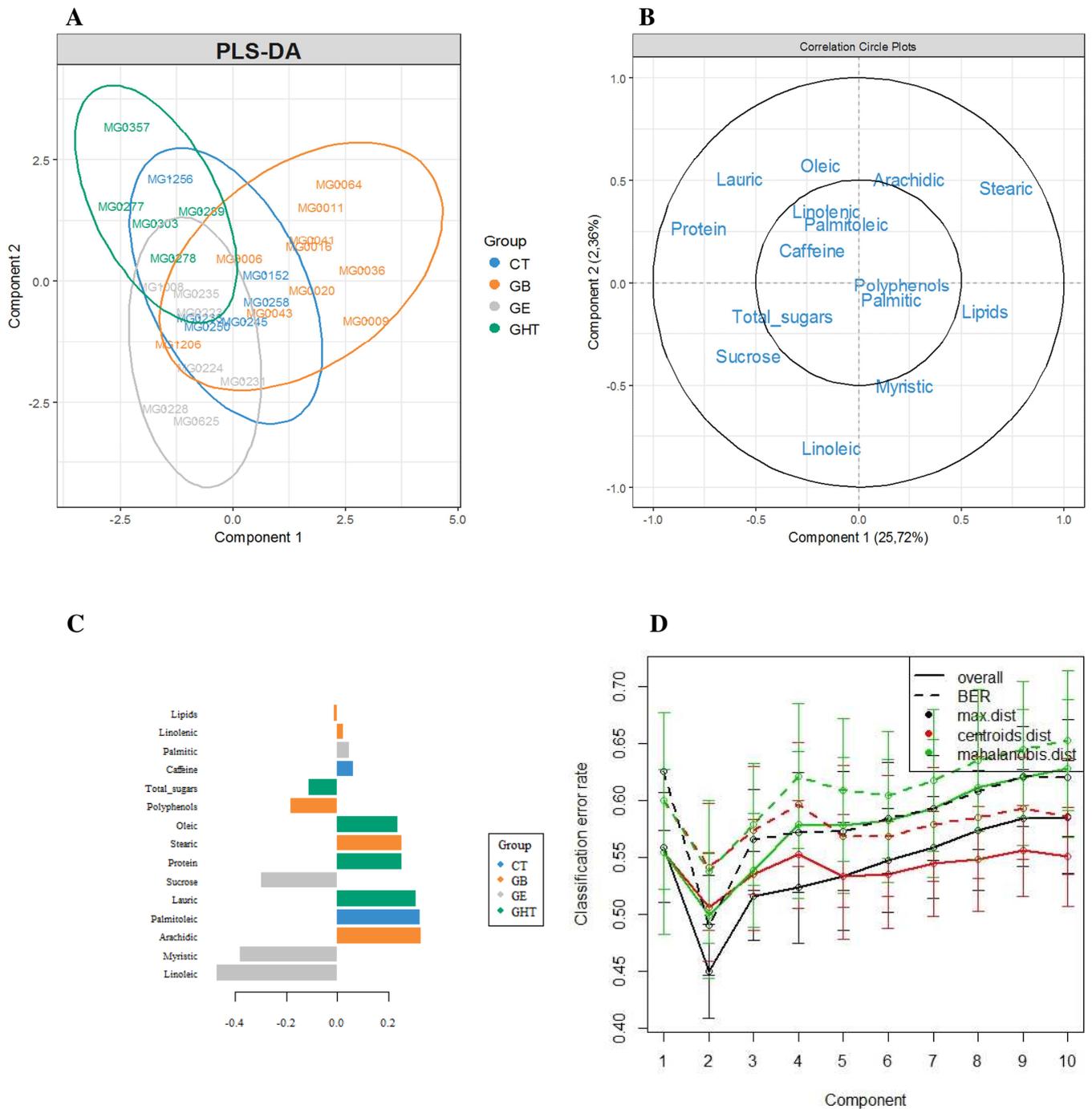


Figura 2. (A) Gráfico dos escores da PLS-DA de duas componentes para a composição química diferenciando os grupos genealógicos. (●) CT- Cultivares Tradicionais, (●) GB- Grupo Bourbon, (●) GE- Grupo Exóticos e (●) GHT- Grupo Híbrido de Timor. (B) Gráfico de correlação dos compostos químicos com os componentes 1 e 2 com as classes CT, GB, GE e GHT. (C) Cargas do componente 2 do modelo PLS-DA dos compostos químicos para cada grupo genealógico. (D) Taxa erro de classificação gerada para as componentes do modelo PLS-DA mediante procedimento de validação cruzada utilizando 5 partes (5-fold) do conjunto de dados para ajustar o modelo e o restante para testar o mesmo em 100 simulações.

Dentro de cada grupo genealógico é possível identificar os acessos destaque para essas variáveis, como o acesso MG0357 para o grupo genealógico Híbrido de Timor, o acesso MG0228 e MG0625 para o grupo de Exóticos e os acessos MG0064, MG0011, MG0036 e MG0009 para o grupo Bourbon, os quais foram classificados corretamente pelo modelo PLS-DA, como pode ser visto na comparação das Figuras 2A e 3.

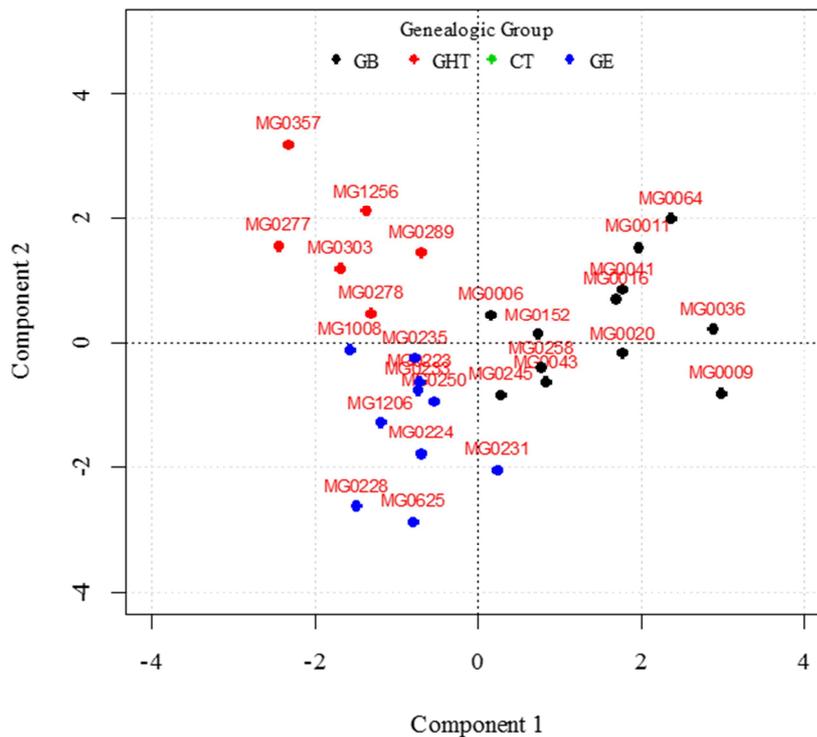


Figura 3: Gráfico dos escores da PLS-DA de duas componentes para a composição química com as classificações dos grupos genealógicos. (●) CT- Cultivares Tradicionais, (●) GB- Grupo Bourbon, (●) GE – Grupo Exóticos e (●) GHT- Grupo Híbrido de Timor.

Uma interpretação da Tabela 2, mostra que 3 amostras com código de acesso do grupo CT foram classificadas pelo modelo PLS-DA como sendo do grupo genealógico GB. Logo, das 6 amostras totais do grupo CT, nenhuma foi classificada corretamente. Assim, a diagonal formada pelos valores 0, 9, 7, 5 são as classificações corretas do modelo. Para avaliar o poder de generalização do modelo PLS-DA, o mesmo foi submetido ao procedimento de validação cruzada utilizando 5 partes (5-fold) do conjunto de dados para ajustar o modelo e o restante para testar o mesmo em 100 simulações. Com isso, verifica-se que o grupo genealógico GB resultou menor taxa de erro (16,60%).

Tabela 2: Contagem de falsos positivos e negativos em referência à classificação de grupos genealógicos pelo modelo PLS-DA e suas respectivas taxas de erro obtidas mediante procedimento de validação cruzada utilizando 5 partes (5-fold) do conjunto de dados para ajustar o modelo e o restante para testar o mesmo em 100 simulações.

Grupo Genealógico observado	Grupo Genealógico classificado pelo modelo PLS-DA				TOTAL
	CT	GB	GE	GHT	
CT	0	3	2	1	6
GB	0	9	1	0	10
GE	0	0	7	0	7
GHT	0	0	0	5	5
TOTAL	0	12	10	6	28
Taxa de erro de classificação	100,00%	16,60%	48,14%	31,4%	-
Taxa de erro global	45,00%	-	-	-	-

4. Discussão

A aplicação de análises quimiométricas como a PCA e a PLS-DA em dados de composição química, têm sido muito utilizadas para a discriminação de cafés e diferentes ambientes, apresentando bons resultados para este objetivo (Marquetti et al., 2016; Taveira et al., 2014; Garret et al.; 2013; Tavares et al., 2012). Pela primeira vez, estas análises foram aplicadas em conjunto para a discriminação de grupos genealógicos de *C. arabica* quanto à composição química dos grãos crus.

A PCA foi eficaz em apresentar uma visão geral dos dados, demonstrando as variáveis que mais contribuíram para a resposta da análise. Os lipídeos são os principais componentes do café (Toci et al., 2013) e os ácidos graxos estão presentes na fração lipídica, seja na forma livre ou esterificada por glicerol e álcoois diterpênicos. O conteúdo destes compostos depende de vários fatores, particularmente da espécie e variedades (Martín et al., 2001). Bertrand et al. (2008) encontraram alta porcentagem de classificação para o perfil de ácidos graxos em genótipos de Caturra e Bourbon, e indicaram que estes são ótimos discriminantes quimiométricos de variedades de *C. arabica* L. Similarmente, Borém et al. (2016) concluíram que o conteúdo de sacarose em grãos crus é um bom discriminador de genótipos.

Por ser uma análise não supervisionada, a PCA não foi suficiente para agrupar os acessos de acordo com sua origem genealógica, a partir de dados quimiométricos. Portanto, a PLS-DA foi requerida como uma ferramenta útil para esta proposta.

De acordo com os resultados do modelo PLS-DA, foi possível identificar as variáveis que mais influenciaram na classificação dos grupos genealógicos e, portanto, determinar os possíveis marcadores químicos para estes genótipos. Os compostos químicos presentes nos grãos crus de café são importantes precursores de sabor e aroma produzidos durante a torração. Segundo Carvalho et al. (2011) o melhoramento genético para a qualidade de bebida

é um processo de difícil execução, pois os parâmetros que se avaliam na prova de xícara sofrem considerável influência do ambiente. Logo são necessárias ferramentas que determinem marcadores químicos envolvidos com a qualidade da bebida (Leroy et al., 2006).

O perfil de ácidos graxos do café é semelhante ao dos óleos vegetais comestíveis, e os principais são mirístico (C14:0), palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), oleico (C18:1), linoleico (C18:2), linolênico (C18:3), araquídico (C20:0), eicosenóico (C20:1) e behênico (C22:0). Estes compostos são importantes transportadores de aroma no grão torrado (Petracco, 2005) e desempenham papel importante na definição do corpo da bebida (Lingle, 2011). Neste estudo, os ácidos graxos foram importantes classificadores dos grupos genealógicos. Para o grupo Bourbon, os ácidos graxos marcadores foram o ácido insaturado linolênico e os ácidos saturados esteárico e araquídico. Ao avaliar o perfil de ácidos graxos em genótipos de Bourbon, Figueiredo et al. (2015) observaram os ácidos esteárico e araquídico como potenciais discriminadores. Para o grupo Híbrido de Timor os ácidos graxos marcadores foram os ácidos oleico e láurico. Este resultado confirma o elucidado por alguns autores que a introgressão de genes de *C. canephora* aumenta o conteúdo de ácido oleico em grãos de café arábica (Martín et al., 2001; Alves et al., 2003; Dussert et al., 2001). Para o grupo de genótipos Exóticos observou-se os ácidos palmítico, mirístico e linoleico como marcadores deste grupo. Os genótipos denominados como exóticos, geralmente são utilizados em programas de melhoramento genético de *C. arabica* como progenitores de características desejáveis (Carvalho et al., 2011), muitas das vezes associadas à qualidade de bebida, como o caso da variedade Geisha. Identificar marcadores químicos nesses genótipos é uma forma eficaz de apresentar respostas úteis aos programas de melhoramento do café.

Neste sentido, observa-se que a variável sacarose também foi um importante marcador para o grupo dos genótipos exóticos. A sacarose é essencial para a qualidade da bebida de café, pois é um precursor de vários compostos químicos que participam do aroma e sabor (Cheng et al., 2016). Sabe-se que a espécie Arábica apresenta níveis mais elevados (7,4-11,1%) de sacarose que a espécie Canéfora (4,05-7,05%), mas pouco se sabe sobre as diferenças entre as variedades de café arábica. Nas observações de Kitzberger et al. (2013) foi possível discriminar cultivares tradicionais e modernas pelo parâmetro sacarose, e os autores justificam as variações devido à resposta das cultivares ao ambiente. No entanto, no presente trabalho o ambiente e as condições de cultivo foram as mesmas para todos os acessos, logo, as diferenças no conteúdo de sacarose se deve ao material genético.

Os polifenóis e o conteúdo de proteína e açúcares totais também foram marcadores para os grupos de Bourbon e Híbrido de Timor, respectivamente. Os polifenóis têm sido muito empregados como marcadores para diferenciação de um conjunto de dados de amostras de café (Garret et al., 2013; Figueiredo et al., 2013; Bertrand et al., 2003; Alonso-Salces et al., 2009) pois são metabólitos relativamente altos em sementes de café, principalmente devido ao ácido clorogênico (Taveira et al., 2016). Esperava-se que os polifenóis fossem discriminantes de Híbrido de Timor, uma vez que o fundo genético de *C. canephora* aumenta os níveis de polifenóis em cafés Arábica. No estudo de Garret et al. (2013) concernente à discriminação de cultivares oriundas de Sarchimor, os autores observaram compostos fenólicos como 5-cqa, diCQA e ácido feruliquínico como marcadores das cultivares. Contrariamente, e corroborando com o presente estudo, Bertrand et al. (2008) observaram isômeros do ácido clorogênico como marcadores eficientes para genótipos Bourbon e Caturra em três regiões da Colômbia.

Mesmo classificando boa parte das amostras corretamente, o modelo criado ainda não conseguiu classificar corretamente o grupo de cultivares tradicionais (CT). Lemes (2014) também encontraram dificuldade em classificar, por modelo PLS-DA, amostras de café arábica quanto a origem genotípica. Os acessos pertencentes ao grupo das cultivares tradicionais são oriundos de cruzamentos diferentes com fundo genético distintos, e segundo alguns autores cafés originados de cruzamentos podem apresentar regulamentações complexas das vias metabólicas e conseqüentemente ampla variabilidade na composição química (Bertrand et al., 2008; Kitzberger et al., 2013) o que dificulta a classificação desses genótipos. Assim, as respostas do modelo sugerem mais adaptações para melhorar a classificação por PLS-DA, como o aumento do número de acessos no grupo de cultivares tradicionais oriundas de cruzamento, com a mesma base genética.

5. Conclusão

A classificação dos grupos genealógicos do banco de germoplasma de Minas Gerais através da abordagem química usando a técnica PLS-DA permitiu identificar marcadores químicos para discriminar os genótipos, e quais deles apresentam maior influência na resposta da análise. Contudo, nosso estudo também demonstrou que um conjunto de dados com fundo genético distintos, como as cultivares tradicionais, dificultam a classificação do modelo pela composição química dos grãos. Neste caso, sugere-se adaptações do modelo em estudos posteriores.

Estes resultados se associados com estudos da expressão gênica e do metabolismo de acessos de *C. arabica* podem ser ferramentas úteis para a seleção de novas cultivares com características desejáveis e que atendam ao expressivo mercado de café de qualidade.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), a Universidade Federal de Lavras (UFLA), a Agência de Inovação do Café (INOVACAFE), o Consórcio de Desenvolvimento Pesquisa Café, a FAPEMIG e a CAPES.

7. Referências

- ALONSO-SALCES, R.M. et al. Botanical and geographical characterization of green coffee (*Coffea arabica* and *Coffea canephora*): Chemometric evaluation of phenolic and methylxanthine contents. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.57, n. 10, p.4224-4235, 2009.
- ALVES, M.R. et al. Contribution of Fatty profile obtained by high-resolution GC/chemometric techniques to the authenticity of green and roasted coffee varieties. **Journal of the America Oil Chemist's Society**, v.80, n.6, p.511-517, 2003.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURE CHEMISTS. **Official methods of the Association of the Agricultural Chemists**. 15th ed. Washington, 2000. 1094p.
- 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**, Easton, v.56, n. 6, p.2273-2280, mar. 2008. DOI: 10.1021/jf073314f.
- BERTRAND, B. et al. Climatic factors directly impact the volatile organic compound fingerprint in green Arabica coffee bean as well as coffeebeverage quality. **Food Chemistry**, v.135, p.2575-2583, 2012.
- BERTRAND, B. et al. Impact of the *Coffea canephora* gene introgression on beverage quality of *C. arabica*. **Theoretical and Applied Genetics**, v.107, p.387-394, 2003. DOI: 10.1007/s00122-003-1203-6
- BORÉM, F.M. **Pós-colheita do café**. Lavras: Editora UFLA, 2008. 631p.
- BORÉM, F.M. et al. The relationship between organic acids, sucrose and the quality of specialty coffees. **African Journal os Agriculture Research**, v.11, n.8, p.709-717, fev.2016.

- CARVALHO, G.R. et al. Melhoramento genético do café visando à qualidade da bebida. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.32, n261. 2011.
- CHENG, B. et al. Influence of genotype and environment on coffee quality. **Trends in Food Science & Technology**, v.57, part A, p.20-30. 2016. doi: 10.1016/j.tifs.2016.09.003.
- CHRISTIE, W.W. **Gas chromatography and lipids**. Oxford: Pergamon, 1989. 191p.
- DISCHE, Z. General color reactions. In: WHISTLER, R.L. & WOLFRAM, M.L. ed. **Carbohydrate chemistry**. New York: Academic Press, 1962, 512p.
- DUSSERT, S. et al. Tolerance of coffee (*Coffea* spp.) seeds to ultra-low temperature exposure in relation to calorimetric properties of tissue water, lipid composition and cooling procedure. *Physiologia Plantarum*, v.112, p.495-504, 2001.
- FARAH, A. et al. Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee. **Food Chemistry**, Oxford, v.98, n.2, p.373-380, 2006.
- FASSIO, L.O. et al. Sensory description of cultivars (*Coffea arabica* L.) resistant to rust and its correlation with caffeine, trigonelline, and chlorogenic acid compounds. **Beverages**, v.2 n.1, jan. 2016.
- FERREIRA, A.D. et al. Análise sensorial de diferentes genótipos de cafeeiro Bourbon. **Interciencia**, v.37, p. 390–394, 2012.
- FIGUEIREDO, L. P. et al. The Potential for High Quality Bourbon Coffees From Different Environments. **Journal of Agricultural Science**, v. 5, n. 10, p. 87, 2013.
- FIGUEIREDO, L.P. et al. Fatty acid profile and parameters of quality of specialty coffees produced in diferente Brazilian regions. **African Journal of Agricultural Research**, v.10, n.35, p.3484-3493, aug. 2015.
- GARRET, R. et al. Discrimination of arabica coffee cultivars by electrospray ionization Fourier transform ion cyclotron resonance mass spectrometry and chemometrics. **LWT-Food Science and Technology**, v.50, p.496-502, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2012.08.016>
- GIMASE, J.M. et al. Beverage quality and biochemical attributes of arabusta coffee (*C. arabica* L.x *C. canephora* Pierre) and their parental genotypes. **African Journal of Food Science**, v.8, n.9, p.456-464, set.2014.
- JOET, T. Identification des déterminants moléculaires de la qualité du café par des approches de génomique fonctionnelle. Une revue. **Cah Agric**, v. 21, n.2, p.125-133, 2012. doi: 10.1684/agr.2012.0548

- KITZBERGER, C.S.G. et al. Composição química de cafés arábica de cultivares tradicionais e modernas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n.11, p.1498-1506, 2013.
DOI:10.1590/S0100-204X2013001100011.
- KNOPP, S. et al. 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.
- LI, S. et al. UV spectrophotometric determination of theobromine and caffeine in cocoa beans. **Analytica Chimica Acta, Amsterdam**, v.232, p.409-412, 1990.
- LEMES, A.L.G. **Aplicação de modelos de dois estágios em problemas de classificação de alta complexidade: segmentação geográfica e genotípica de café arábica**. 2014.
Dissertação Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR: Campo Mourão, PR. 2014, 57p.
- LEROY, T. et al. Genetics of coffee quality. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v.18, n.1 p.229-242, jan/mar. 2006.
- LESHERMES, P.; ANTHONY, F. Coffee. In: KOLE, C. **Technical crops: Genome mapping and molecular breeding in plants**. Berlin, Heidelberg: Springer. 2007. 118p.
- MALTA, M.R.; CHAGAS, S.J.R. Avaliação de compostos não-voláteis em diferentes cultivares de cafeeiro produzidas na região sul de Minas Gerais. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.31, n.1, p. 57-61, 2009. DOI: 10.4025/actasciagron.v31i1.6629.
- MARQUETTI, I. et al. Partial least square with discriminant analysis and near infrared spectroscopy for evaluation of geographic and genotypic origin of arabica coffee. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.121, p.313-319, 2016. DOI: 10.1016/j.compag.2015.12.018.
- MARTÍN, M.J. et al Fatty acid profiles as discriminant parameters for coffee varieties differentiation. **Talanta**, London, v.54, n.2, p.291-297, abr.2001.
- 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, 2006.
- PEREIRA, A.A. et al. Cultivares: origem e suas características. In: REIS, P.R.; CUNHA, R.L. **Café Arábica do plantio à colheita**. Lavras: U.R.Epamig, 1.v. 2010, 896p.
- PETRACCO, M. Our everyday cup of coffee: the chemistry behind its magic. **Journal of Chemical Education**, Easton, v.82, n.8, p.1161-1167, aug. 2005.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. R. a language and environment for statistical computing. Vienna: Foundation for Statistical Computing, 2017. Disponível em:<<http://www.R-project.org/>> Acesso em: 26 maio 2017.

- SCHOLZ, M. B. S. et al. Chemical composition in wild ethiopian Arabica coffee accessions. **Euphytica**, v.209, p.429-438, fev. 2016.
- SETOTAW, T.A. et al. Breeding potential and genetic diversity of “Híbrido de Timor” coffee evaluated by molecular markers. **Crop Breed App. Biot.** v.10, p.298-304, 2010.
- SOBREIRA, F.M. et al. Potential of Híbrido de Timor germplasm and its derived progenies for coffee quality improvement. **Australian Journal Crop Science**, v.9, n.4, p.289-295, 2015
- SUHANY, D; YULIA, M. Peaberry coffee discrimination using UV-visible spectroscopy combined with SIMCA and PLS-DA. **Intenational Journal of Food Properties**, v.20, n.7, 2017. DOI: 10.1080/10942912.2017.1296861.
- TAVARES, K.M. et al. Espectroscopia no infravermelho médio e análise sensorial aplicada à detecção de adulteração de café torrado por adição de cascas de café. **Química Nova**, v. 35, n. 6, p. 1164-1168, 2012.
- TAVEIRA, J.H.S. et al. Potential markers of coffee genotypes grown in different Brazilian regions: A metabolomics approach. **Food Research International**, v.61, n. p.75-82, jul. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.02.048>.
- TOCI, A. et al. Efeito do processo de descafeinação com diclorometano sobre a composição química dos cafés arábica e robusta, antes e após a torração. **Química Nova**, v.29, n.5, p.965-971, 2006.

ARTIGO 4

Método de análise discriminante parcial de mínimos quadrados para a discriminação de grupos genealógicos de café Arábica quanto à composição química dos grãos

Larissa de Oliveira Fassio^{1*}, Gilberto Rodrigues Liska², Marcelo Ribeiro Malta³, Antônio Alves Pereira³, Vanny Perpétua Verraz⁴, Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira⁵

*Autor correspondente: fassiolaris@gmail.com

¹ Doutoranda no Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras. Campus Universitário. 37200-000, Lavras, Brasil.

² Professor Dr na Universidade Federal do Pampa. Campus Universitário. 97650-000, Itaqui, Brasil.

³ Pesquisador Dr da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais. Unidade Sul de Minas. 37200-000, Lavras, Brasil.

⁴ Professor Dr no Departamento de Química e Bioquímica da Universidade Federal de Minas Gerais. 31270-901, Belo Horizonte, Brasil.

⁵ Professor Dr no Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras. Campus Universitário. 37200-000, Lavras, Brasil.

Normas Coffee Science (Versão preliminar de artigo)

RESUMO

Este trabalho objetivou utilizar um modelo criado pelo método PLS-DA para classificar e discriminar grupos genealógicos de café arábica quanto à composição química dos grãos. O experimento foi desenvolvido com amostras de 28 acessos de *C. arabica* do Banco Ativo de Germoplasma de Minas Gerais, divididos em grupos de acordo com a origem genealógica. As amostras foram colhidas seletivamente quando a maioria dos frutos estavam maduros e processadas pelo método via úmida para a obtenção de grãos de café despulpados. Após atingirem teor de água de 11% ou os grãos crus foram avaliados quanto ao conteúdo de polifenóis, açúcares totais, lipídeos totais, proteína, cafeína, sacarose e ácidos graxos, e os dados foram submetidos às análises quimiométricas, PCA e PLS-DA, para caracterizar e discriminar os grupos genealógicos. A PCA identificou as tendências da maioria dos acessos avaliados com relação a praticamente todas as variáveis. Os resultados do modelo PLS-DA mostraram as variáveis que mais influenciaram na classificação dos grupos genealógicos e identificou os possíveis marcadores químicos para os acessos processados pelo método despulpado. O conteúdo de sacarose foi um importante marcador para o grupo de acessos exóticos, o conteúdo de polifenóis foi identificado como marcador para o grupo híbrido de timor, e a cafeína para o grupo bourbon. Os diferentes ácidos graxos foram identificados como marcadores para todos os grupos genealógicos, em níveis diferentes. O grupo das cultivares tradicionais não foi classificado totalmente de maneira correta, e os conteúdos de proteína e ácido palmítico contribuíram para os acessos classificados corretamente. O modelo PLS-DA foi eficaz em discriminar os grupos genealógicos a partir da composição química dos grãos.

Palavras-chave: qualidade de café; marcadores químicos; processamento via úmida; análise discriminante

1. Introdução

Nos últimos anos, devido ao crescente mercado de cafés de qualidade, tem se buscado cultivares com características que atendam ao padrão de qualidade esperado. O

desafio dos melhoristas e pesquisadores é desenvolver cultivares de café com características agronômicas desejadas e com alta qualidade de bebida (Bertrand et al., 2008).

A qualidade da bebida é avaliada pelos atributos de sabor e aroma produzidos durante a torração a partir de compostos químicos precursores do grão cru (Toci et al., 2006). A composição química dos grãos pode variar de acordo com alguns fatores como a espécie, o ambiente, o processamento e a secagem, e também o armazenamento (Villarreal et al., 2009; Avelino et al., 2005; Knopp et al., 2006; Joet et al., 2010; Bytof et al., 2007; Coradi e Borém, 2009). Sabe-se que o fator genético é um dos mais importantes e que vários compostos do grão de café são controlados geneticamente como, por exemplo, cafeína, lipídeos, ácidos graxos, trigonelina, ácido clorogênico, açúcares e proteínas (Ky et al., 2001; Taveira et al., 2014; Scolz et al., 2013; Leroy et al., 2006; Bertrand et al., 2003).

Alguns trabalhos têm sido desenvolvidos para descrever a variabilidade química entre genótipos de café Arábica (Alonso-Salces et al., 2009; Kitzberger et al., 2013; Garret et al., 2013) utilizando ferramentas quimiométricas. O uso de métodos estatísticos multivariados, como a análise de componentes principais (PCA) e a análise discriminante parcial de mínimos quadrados (PLS-DA) permite a classificação e discriminação das amostras e os marcadores químicos responsáveis pela discriminação podem ser descobertos (Krastanov, 2010).

Um estudo recente foi conduzido por Marquetti et al. (2016) no qual utilizaram a PLS-DA para avaliar a origem genotípica e geográfica de cafés Arábica. Os autores concluíram que o método é eficaz em discriminar as amostras pela origem genotípica e geográfica através de dados químicos.

Uma melhor compreensão da composição química de genótipos de *C. arabica* pode provocar novos desafios e motivar mudanças na cadeia produtiva. Além disso, estabelecer marcadores químicos ajudará na identificação genotípica de cafés, que recentemente se tornou uma componente chave para a definição da qualidade da bebida (Taveira et al., 2014). Considerando a importância da variabilidade genética na qualidade do café e que poucos estudos são executados em relação a discriminação genotípica através de dados químicos, foi proposto a utilização um modelo criado pelo método PLS-DA para classificar e discriminar grupos genealógicos de café arábica quanto à composição química dos grãos.

2. Material e Métodos

2.1 Amostragem, local do experimento e processamento

O experimento foi desenvolvido com amostras de grãos crus de 28 acessos de *C. arabica* divididos em grupos de acordo com a origem genealógica (Tabela 1). Os acessos avaliados neste estudo estão implantados no Banco Ativo de Germoplasma de Minas Gerais em blocos casualizados com duas repetições e dez plantas por parcela, no Campo Experimental de Patrocínio da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG, situada a 18°59'26" de latitude sul, 48°58'95" de longitude oeste e 975 metros de altitude, na região do Alto Paranaíba.

Tabela 1. Codificação e identificação dos acessos de *C. arabica* L. do Banco Ativo de Germoplasma de Minas Gerais avaliados neste estudo.

Grupo genealógico	Código de acesso	Identificação	Local de Coleta
Bourbon (GB)	MG0036	Bourbon Amarelo T8	Fazenda Recreio - São Sebastião da Grama SP
	MG0016	Bourbon Vermelho	Fazenda São Domingos - Monte Santo MG
	MG0009	Bourbon Amarelo	Sítio São José - Dois Córregos SP
	MG0006	Bourbon Amarelo	Fazenda Santo Antônio - Araponga MG
	MG0011	Bourbon Vermelho	Fazenda São João Batista - Campos Altos MG
	MG0020	Bourbon Amarelo T7	Fazenda Recreio - São Sebastião da Grama SP
	MG0041	Bourbon Amarelo T13	Fazenda Recreio - São Sebastião da Grama SP
	MG0043	Bourbon Amarelo T15	Fazenda Recreio - São Sebastião da Grama SP
	MG0064	Bourbon Vermelho	Fazenda Bela Vista - Guaranésia SP
	MG1206	Bourbon Vermelho	Fazenda dos Furtados - Três Pontas MG
Híbrido de Timor (GHT)	MG0277	Híbrido Timor UFV 376-52	Área Experimental do Fundão - Viçosa MG
	MG0289	Híbrido Timor UFV 376-01	Área Experimental do Fundão - Viçosa MG
	MG0357	Híbrido Timor UFV 441-04	Área Experimental do Fundão - Viçosa MG
	MG0303	Híbrido Timor UFV 427-09	Área Experimental do Fundão - Viçosa MG
	MG0278	Híbrido Timor UFV 376-37	Área Experimental do Fundão - Viçosa MG
Cultivares Tradicionais (CT)	MG1256	Mundo Novo II CP 388-17-16	Faz. Experimental de Machado - Machado MG
	MG0258	Catuai Vermelho PI 06	Fazenda da Onça - Guaranésia MG
	MG0152	Icatu Precoce IAC 3282	C. Exp. Pioneiros Café do Cerrado - Patrocínio-MG
	MG0245	Obatã Tardio	Dois Córregos MG
	MG0250	Catuai Amarelo SL 6	Faz. Experimental de Mococa - Mococa SP
Genótipos Exóticos (GE)	MG0233	Obatã Amarelo	Fazenda da Onça - Guaranésia MG
	MG0625	BE5 Wush-Wush UFV406-06	Área Experimental do Fundão - Viçosa MG
	MG0224	Pacamara Paraná	Instituto Agronômico do Paraná - Londrina PR
	MG0223	Pacamara	Instituto Agronômico do Paraná - Londrina PR
	MG0235	Trifolia	Fazenda da Ilha - Alfenas MG
	MG0231	Erecta	Fazenda da Ilha - Alfenas MG
	MG0228	Laurina	Fazenda da Ilha - Alfenas MG
	MG1008	Geisha x S288/23UFV328-29	Área Experimental do Fundão - Viçosa MG

As amostras foram colhidas seletivamente quando a maioria dos frutos estavam no ponto de maturação ideal (cereja) e processadas pelo método via úmida para a obtenção de grãos de café despulpados (Figura 1). Os frutos foram secos até teor de água de 11% (b.u.), de acordo com metodologia proposta por Borém (2008). Depois de secas e beneficiadas, as amostras foram congeladas e moídas em nitrogênio líquido utilizando moinho IKA A11 Basic Analytic®, pulverizadas e mantidas à -80°C para posterior análise dos compostos químicos.

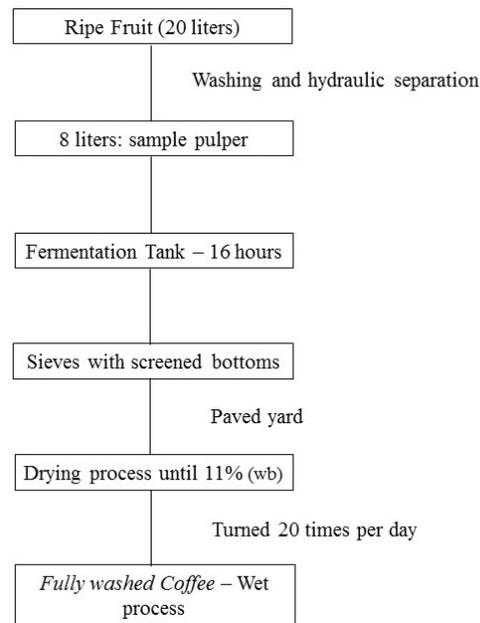


Figura 1. Fluxograma do método de processamento via úmida adotado para os 28 acessos de *C. arabica*, de acordo com Borém (2008).

2.2 Análises químicas

A composição dos grãos crus dos acessos foi avaliada quanto aos teores de proteína, lipídeos, açúcares totais, polifenóis, sacarose, cafeína e ácidos graxos, pois estes são considerados compostos chave para a qualidade do café (Cheng et al., 2016).

2.2.1 Análises físico-químicas

O conteúdo de proteína bruta foi determinado pelo método Kjeldahl citado pela AOAC (2000), utilizando 0.5g de amostra pulverizada em tudo para digestão. A mesma quantidade de amostra foi utilizada para a determinação de lipídeos totais pelo método Soxhlet (AOAC, 2000). Os açúcares totais nos grãos de café foram extraídos pelo método de Antrona e quantificados por espectrofotometria a um comprimento de onda de 620nm, utilizando uma curva padrão de glicose anidro, conforme método descrito por Dische (1962). Os polifenóis foram extraídos pelo método de Golstein e Swein (1963) utilizando como extrator o metanol 50%(U/V) e identificados de acordo com o método de Folin Denis, descrito pela AOAC (2000). Todas as análises foram realizadas em duplicata e os dados foram expressos em $\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ (b.s). O conteúdo de cafeína foi determinado por espectrofotometria a um comprimento de onda 273nm, utilizando curva analítica de cafeína, conforme método proposto por Li et al., (1990).

2.2.2 Análises cromatográficas

Para a análise de sacarose seguiu-se o proposto por Murkovic e Derler (2006) com duplicata para todas as amostras. O Cromatógrafo Líquido usado consistiu de uma bomba LC-10AD (Shimadzu), detector por Índice de Refração RID-10A (Shimadzu), válvula de injeção Rheodyne e sistema de aquisição de dados Star 5.5 (Varian). As amostras e soluções padrões foram analisados em 2 colunas em série: Nucleosil C18-5 μ m 250mm x 4,6mm (Supelco) e Discovery HS F5 150mm x 4,6mm (Supelco). A fase móvel foi água Milli-Q em temperatura ambiente e fluxo de 1,0 mL/min e volume de injeção 20 μ L. O teor final de sacarose foi expresso em $\text{g}\cdot 100^{-1}$ (b.s.) com base na curva-padrão de sacarose (Supelco cas nº57501)

O perfil de ácidos graxos foi determinado por Cromatografia Gasosa de acordo com Christie (1989) com duplicata para todas as amostras. Utilizou-se cromatógrafo a gás HP7820A equipado com detector por ionização de chamas. A separação dos ésteres foi realizada em uma coluna HP-INNOWAX (HP) 15 cm x 0,25 mm x 0,25 μ m, com gradiente de temperatura: 150°C, 1min, 7°C/min até atingir 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 μ L. A identificação dos picos foi feita por comparação com padrões de ácidos graxos metilados mix C14-C22 (Supelco cat nº18917) e o teor final de cada ácido graxo expresso em $\text{g}\cdot 100^{-1}$ (b.s.).

2.3 Análise dos dados

Os dados das análises químicas para os 28 acessos de *C. arabica* com duas repetições, foram analisados por análise de componentes principais (PCA) e análise discriminante parcial de mínimos quadrados (PLS-DA) utilizando o software estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2017).

A PCA é um método multivariado não supervisionado que objetiva encontrar novas variáveis que sejam não correlacionadas de tal forma que expliquem o máximo da variação do conjunto de dados original (**X**) sem se referir a nenhum rótulo de classe (**Y**). Essas novas variáveis são as componentes principais e é desejável que elas sejam correlacionadas com as variáveis originais, de modo a reduzir a dimensão original das variáveis em uma dimensão menor de variáveis, constituída pelas componentes principais. Nesse sentido, a PCA foi empregada com a finalidade de avaliar a similaridade entre os compostos químicos, formada pela matriz **X**, nos diferentes códigos de acesso, conforme mencionados nas seções 2.2 e 2.3.

Para classificar os códigos de acesso nos diferentes grupos genealógicos, foi empregada a análise discriminante parcial de mínimos quadrados (PLS-DA). Ao contrário da PCA, PLS-DA é um método supervisionado que utiliza a resposta desejada (Y) para construir um modelo que classifique uma amostra considerando as variáveis da matriz **X** e sua respectiva categoria (Y) a um determinado grupo genealógico. O método consiste em modelar a estrutura de variância e covariâncias de variáveis latentes de tal forma a maximizar a variância multidimensional das variáveis da matriz **X** na direção da matriz Y. Vale ressaltar que, devida a existência de correlação entre os compostos químicos, métodos de regressão linear usuais e análise discriminante convencional (Linear Discriminant Analysis – LDA) não seriam adequados (Taveira et al., 2014).

Dadas essas especificações, o modelo PLS-DA foi construído para diferenciar os grupos genealógicos de acessos de *C. arabica* com relação à composição química. Para avaliar o desempenho do modelo foi considerada a taxa de erro de classificação para cada componente da PLS-DA. Utilizou-se também a carga de cada variável no componente que resultou em melhor taxa de erro para indicar as variáveis da matriz **X** que apresentaram as maiores contribuições com o componente da PLS-DA.

3. Resultados

3.1 Análise de Componentes Principais

O biplot (Figura 2) foi obtido de acordo com a dispersão dos escores dos primeiros componentes principais nos eixos, sendo a primeira componente a de maior variância explicada (26,50%) e a segunda componente a de menor variância (18,00%). As duas primeiras componentes explicaram juntas 44,50% da variação total ocorrida entre os acessos, em relação aos parâmetros químicos.

A PC1 mostra que há uma tendência dos acessos MG0223, MG0303, MG0235, MG0258, MG0152 e MG0228 apresentarem maior conteúdo dos ácidos graxos linolênico e linoleico. Para os acessos MG0233, MG1008, MG0041, MG0006, MG0064, MG0625, MG0011 observa-se uma tendência para o conteúdo dos ácidos graxos araquídico, esteárico e behênico e também para o conteúdo de proteína dos grãos crus, assim como para os acessos MG0357 e MG0043 em relação ao ácido graxo oleico. Já para os valores da PC2, nota-se que os acessos MG0278, MG0224, MG0036, MG0245, MG0009 e MG0277 apresentaram tendência para maior conteúdo de sacarose e açúcares totais, enquanto os acessos MG1206, MG0020, MG1256 e MG0016 para o conteúdo de cafeína e lipídeos totais. Os acessos

MG0289, MG0250 e MG0231 demonstraram apresentar valores intermediários para todas as variáveis estudadas.

Portanto, a maioria das variáveis químicas contribuíram para a resposta da análise sendo possível separar os acessos de café despulpados. As variáveis polifenóis e ácido graxo palmítico apresentaram a menor contribuição para a resposta da análise.

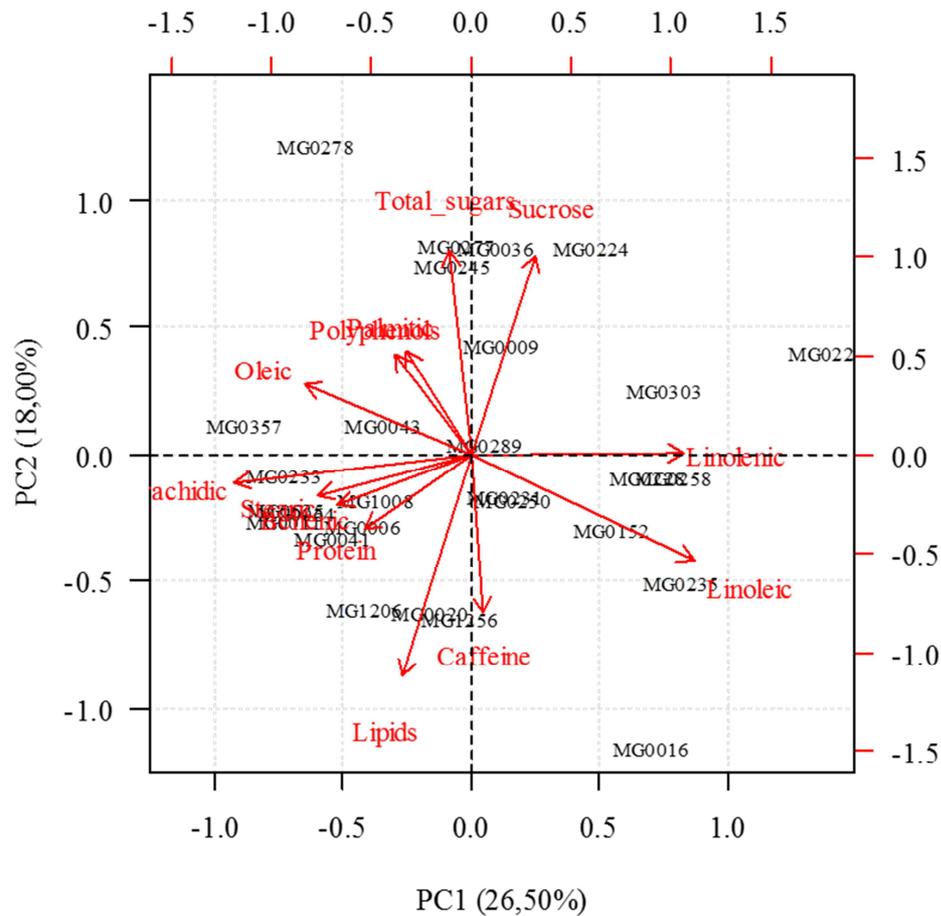


Figura 2. Biplot das duas primeiras componentes principais PC1(26,50%) e PC2(18,00%) para dados de 28 acessos de *C. arabica* processados via úmida em relação à composição química dos grãos.

3.2 Classificação pelo modelo PLS-DA

A PCA forneceu uma visão geral sobre o comportamento de alguns acessos em relação ao conteúdo das variáveis químicas, porém informações detalhadas sobre as diferenças entre os grupos genealógicos não foram obtidas. Assim, o modelo de classificação

PLS-DA foi construído para discriminar os grupos genealógicos quanto à composição química dos grãos de café despolidos.

Para verificar e validar o modelo criado, utilizou-se a taxa erro de classificação (Figura 3D) e a menor taxa erro foi encontrada para a componente 3 (58%). A taxa erro foi obtida mediante procedimento de validação cruzada utilizando 5 partes (5-fold) do conjunto de dados para ajustar o modelo e o restante para testar o mesmo em 100 simulações.

As figuras 3B e 3C (gráfico do círculo de correlação e cargas das variáveis no componente 3 da PLS-DA) mostra as variáveis que mais influenciaram na classificação dos acessos nos grupos genealógicos. As variáveis cafeína, ácidos graxos esteárico, araquídico e behênico e o conteúdo de lipídeos totais influenciaram mais a classificação do grupo bourbon (GB). O grupo de acessos exóticos (GE) foram influenciados pelas variáveis sacarose e ácido linolênico. Já o grupo híbrido de timor (GHT) foi classificado pelas variáveis polifenóis, açúcares totais e pelos ácidos graxos palmítico e oleico. As variáveis proteína e ácido linoleico influenciaram a classificação do grupo de cultivares tradicionais (CT).

A Figura 3A apresenta a projeção das amostras dos códigos de acesso nos 2 componentes da PLS-DA, dada pelas cargas dos respectivos componentes da matriz **X**. Observa-se que houve alta sobreposição dos grupos genealógicos, o que indica que existe uma região em comum entre os códigos de acesso, como pode ser visto nas elipses de 95% de confiança na Figura 3A, sendo que a maior evidência de sobreposição pode ser verificada para o grupo Cultivares Tradicionais (CT). Segundo o modelo PLS-DA, o código de acesso é classificado no grupo genealógico que apresenta maior carga no componente PLS-DA de melhor taxa de erro (Figura 3D). Assim, a Figura 4 mostra as classificações resultantes do modelo PLS-DA e observa-se que não foi possível discriminar os acessos originalmente do grupo CT (Figura 4 e Tabela 1). Os códigos de acesso que obtiveram a melhor taxa de classificação correta foram os classificados no grupo genealógico GB (45%) seguido do grupo GHT (52,4%), uma vez que apresentaram menor taxa de erro.

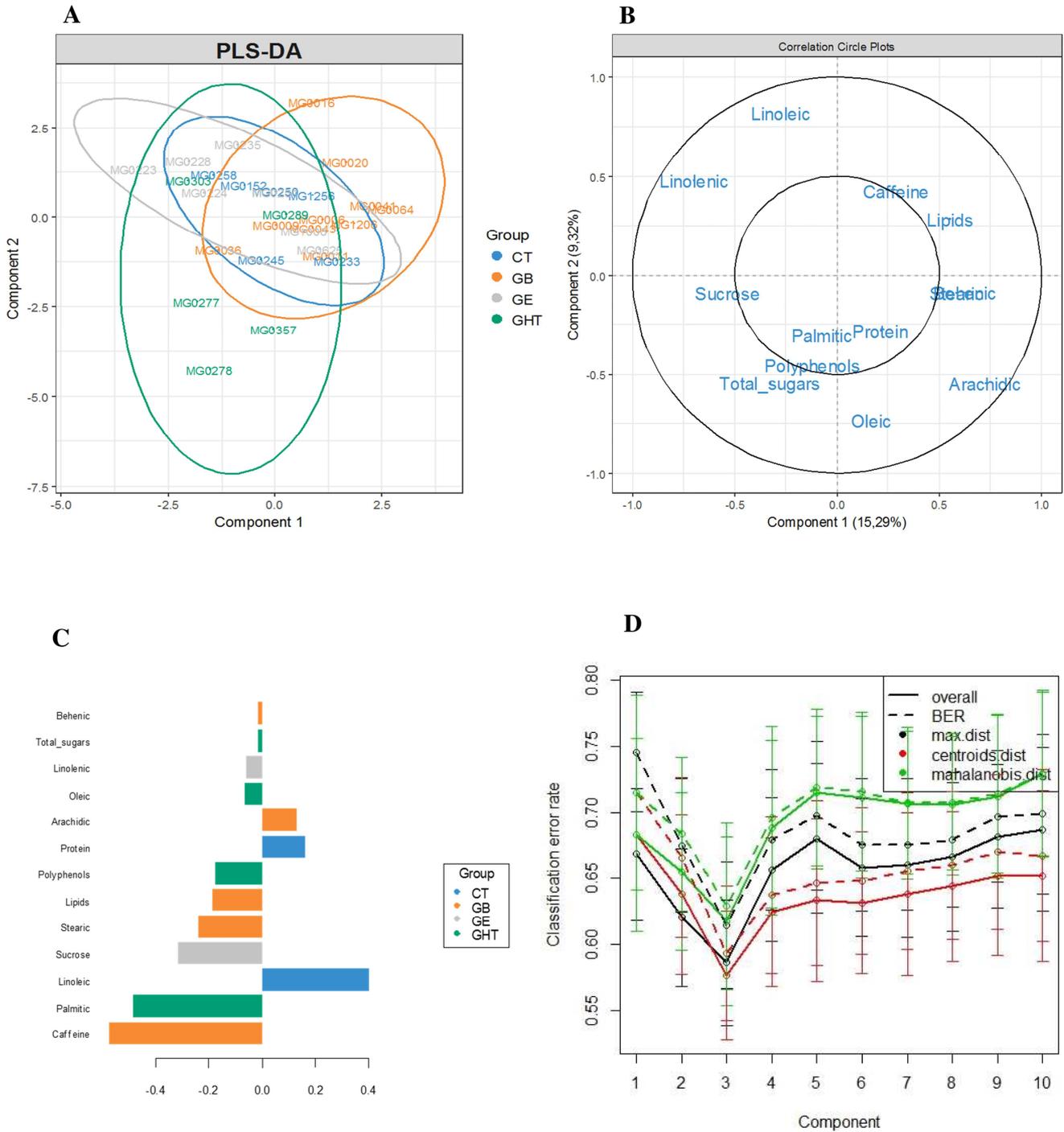


Figura 3. (A) Gráfico dos escores da PLS-DA de duas componentes para a composição química diferenciando os grupos genealógicos. (●) CT- Cultivares Tradicionais, (●) GB- Grupo Bourbon, (●) GE- Grupo Exóticos e (●) GHT- Grupo Híbrido de Timor. (B) Gráfico de correlação dos compostos químicos com os componentes 1 e 2 com as classes CT, GB, GE e GHT. (C) Cargas do componente 3 do modelo PLS-DA dos compostos químicos para cada grupo genealógico. (D) Taxa erro de classificação gerada para as componentes do modelo PLS-DA mediante procedimento de validação cruzada utilizando 5 partes (5-fold) do conjunto de dados para ajustar o modelo e o restante para testar o mesmo em 100 simulações.

Dentro de cada grupo genealógico é possível identificar os acessos destaque para essas variáveis. O acesso MG0223 para o grupo dos acessos exóticos (GE), os acessos MG0277, MG0278 e MG0357 para o grupo híbrido de timor (GHT) e os acessos MG0016 e MG0020 para o grupo Bourbon (GB) os quais foram classificados corretamente pelo modelo PLS-DA, como pode ser visto na comparação das Figuras 3A e 4.

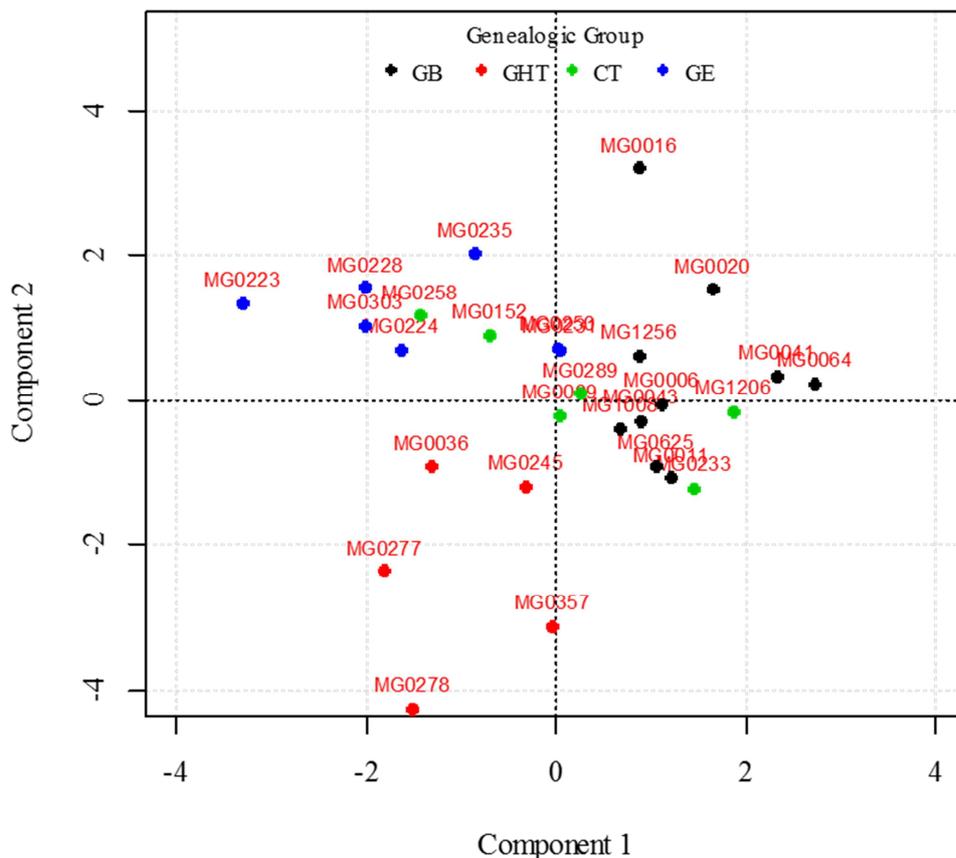


Figura 4. Gráfico dos escores da PLS-DA de duas componentes para a composição química com as classificações dos grupos genealógicos. (●) CT-Cultivares Tradicionais, (●) GB-Grupo Bourbon, (●) GE-Grupo Exóticos e (●) GHT- Grupo Híbrido de Timor.

De acordo com a Tabela 2, é possível observar que 2 amostras com código de acesso do grupo CT foram classificadas pelo modelo PLS-DA como sendo do grupo genealógico GB e 1 amostra como sendo do grupo genealógico GHT. Logo, das 6 amostras totais do grupo CT, apenas 3 foram classificadas corretamente. Assim, a diagonal formada pelos valores 3, 7, 5, 3 são as classificações corretas do modelo. Para avaliar o poder de generalização do modelo PLS-DA, o mesmo foi submetido ao procedimento de validação cruzada utilizando 5 partes

(5-fold) do conjunto de dados para ajustar o modelo e o restante para testar o mesmo em 100 simulações.

Tabela 2: Contagem de falsos positivos e negativos em referência à classificação de grupos genealógicos pelo modelo PLS-DA e suas respectivas taxas de erro obtidas mediante procedimento de validação cruzada utilizando 5 partes (5-fold) do conjunto de dados para ajustar o modelo e o restante para testar o mesmo em 100 simulações.

Grupo Genealógico observado	Grupo Genealógico classificado pelo modelo				TOTAL
	PLS-DA				
	CT	GB	GE	GHT	
CT	3	1	1	1	6
GB	2	7	0	1	10
GE	0	2	5	0	7
GHT	1	0	1	3	5
TOTAL	6	10	7	5	28
Taxa de erro de classificação	76,83%	45%	63%	52,4%	-
Taxa de erro global	57,64%				-

4. Discussão

Neste estudo, dois métodos foram usados para avaliar e discriminar os acessos do banco ativo de germoplasma, processados pelo despulpamento, quanto à composição química dos grãos crus, o método não supervisionado PCA e o método supervisionado de classificação PLS-DA. Pela primeira vez, estas análises foram aplicadas em conjunto para a discriminação de grupos genealógicos de *C. arabica* quanto à composição química dos grãos.

A PCA identificou as tendências da maioria dos acessos avaliados com relação a praticamente todas as variáveis, exceto para polifenóis e ácido palmítico. Os compostos químicos presentes nos grãos crus de café são importantes precursores de sabor e aroma produzidos durante a torração. A variabilidade genética afeta tanto a composição química quanto as características físicas dos grãos de café, e estes por sua vez influenciam diretamente na qualidade sensorial da bebida (Scholz et al., 2011; Borém et al., 2016). Logo, identificar o comportamento dos diferentes genótipos de café arábica quanto à composição química é um elemento relevante para o desenvolvimento de novas cultivares com potencial de produção de cafés especiais.

Através da Figura 1 foi possível observar que 7 acessos apresentaram forte tendência para maior nível dos ácidos graxos araquídico (C20:0), esteárico (C18:0) e behênico (C22:0), e também para proteína, e destes acessos, 4 são Bourbon. Todos esses ácidos graxos são saturados de cadeia longa, e estudos prévios mostram que o equilíbrio de sabor e aroma dos alimentos estão relacionados com altos níveis de ácidos graxos saturados (Banks et al., 2007; Mosma; Ney, 1993; Bertrand et al., 2008). Corroborando com o presente estudo, Figueiredo et al. (2015) por meio de análise de componentes principais, identificaram os ácidos graxos

araquídico e esteárico como importantes para os genótipos de Bourbon com maiores notas sensoriais.

Por ser uma análise não supervisionada, a PCA não foi suficiente para agrupar os acessos de acordo com sua origem genealógica, a partir de dados químicos. Portanto, a PLS-DA foi requerida como uma ferramenta útil para esta proposta.

Os resultados do modelo PLS-DA mostraram as variáveis que mais influenciaram na classificação dos grupos genealógicos e, portanto, identificou-se os possíveis marcadores químicos para os acessos processados pelo método despulpado. Segundo Leroy et al., (2006) encontrar marcadores químicos envolvidos com a qualidade da bebida é necessário para o aperfeiçoamento do melhoramento genético visando cafés de qualidade superior.

Assim como visto para as tendências da PCA, o modelo PLS-DA indicou os ácidos graxos araquídico, esteárico e behênico como os classificadores do grupo Bourbon (GB), isto demonstra que estes são importantes marcadores para este grupo. Para o grupo de acessos exóticos (GE) o ácido graxo linolênico foi o principal marcador e para o grupo híbrido de timor (GHT) os ácidos graxos palmítico e oleico. O germoplasma Híbrido de Timor é oriundo do cruzamento natural entre *C. arabica* e *C. canephora*, e de acordo com trabalhos anteriores, a introgressão de genes de *C. canephora* aumenta o conteúdo de ácido graxo oleico em grãos crus de café Arábica (Dussert et al., 2001; Martín et al., 2001; Alves et al., 2003).

O conteúdo de cafeína tem sido muito utilizado para a diferenciação de genótipos (Bertrand et al., 2003; Figueiredo et al., 2013; Fassio et al., 2016; Alonso-Salces et al., 2009), principalmente devido ao alto nível em sementes de café e por variar em função da espécie e variedade (Teixeira et al., 2012; Heilmann, 2001). A cafeína foi identificada como possível marcador para o grupo Bourbon (GB), fato também observado por Tavares et al. (2014) e Figueiredo et al. (2013).

O conteúdo de polifenóis também foi identificado pelo modelo PLS-DA como um possível marcador para o grupo híbrido de timor. Este resultado confirma o elucidado na literatura que o fundo genético de *C. canephora* aumenta os níveis de polifenóis em cafés Arábica (Alonso-Salces et al., 2009; Bertrand et al., 2008; Garret et al., 2013).

A sacarose é um importante precursor de compostos químicos responsáveis pelo sabor e aroma da bebida (Cheng et al., 2016). O conteúdo deste açúcar pode variar dependendo da espécie, do ambiente e do processamento. Segundo Knopp et al. (2006) o consumo de açúcares em condições anaeróbicas é muito alto quando comparado às condições aeróbicas para a produção da mesma quantidade de energia. Logo os níveis de açúcares totais e não

redutores podem variar conforme o tipo de processamento adotado (Taveira et al., 2015). Neste estudo, como as condições ambientais e o tipo de processamento foram padronizados, as diferenças no conteúdo de açúcares se deve à espécie e, portanto, o nível de sacarose é maior para os acessos exóticos.

O modelo PLS-DA criado conseguiu classificar a maioria dos acessos dos grupos bourbon (GB), exóticos (GE) e híbrido de timor (HT) corretamente, no entanto a classificação do grupo de cultivares tradicionais não foi eficiente, o que levou a sobreposição dos grupos. Como as cultivares deste grupo apresentam fundo genético distintos, a dificuldade em classificá-los pode ser devido a variabilidade química provinda de materiais obtidos por cruzamento (Kitzberger et al., 2013). O grupo Bourbon foi o que apresentou a melhor classificação pelo modelo criado, isto confirma a estabilidade desse germoplasma em relação a composição química dos grãos e consequentemente para a qualidade de bebida.

Vários estudos são desenvolvidos com o intuito de identificar materiais genéticos mais promissores para a obtenção de cafés especiais (Sobreira et al., 2016; Scholz et al., 2013; Kitzberger et al., 2016; Carvalho et al., 2016; Gimase et al., 2014). A identificação dos acessos destaques para cada grupo genealógico demonstra quais são os acessos com maior estabilidade dos compostos químicos e consequentemente mais promissores, dentro do banco ativo de germoplasma de Minas Gerais.

5. Conclusão

O método de classificação PLS-DA foi eficaz em discriminar os grupos genealógicos quanto a composição química dos grãos, contudo a classificação do grupo de cultivares tradicionais não foi totalmente satisfatória. Um modelo deve ser feito para melhorar a classificação dos acessos do grupo de cultivares tradicionais. A boa classificação dos demais grupos genealógicos determinou a identificação de importantes marcadores químicos para acessos processados pelo método via úmida. A identificação de marcadores químicos em estudos com genótipos de café arábica é uma abordagem que pode ser usada para enriquecer os trabalhos de melhoramento genético para qualidade de bebida.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), a Universidade Federal de Lavras (UFLA), a Agência de Inovação do Café (INOVACAFE), o Consórcio de Desenvolvimento Pesquisa Café, a FAPEMIG e a CAPES.

7. Referências

- ALONSO-SALCES, R.M. et al. Botanical and geographical characterization of green coffee (*Coffea arabica* and *Coffea canephora*): Chemometric evaluation of phenolic and methylxanthine contents. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.57, n. 10, p.4224-4235, 2009.
- ALVES, M.R. et al. Contribution of Fatty profile obtained by high-resolution GC/chemometric techniques to the authenticity of green and roasted coffee varieties. **Journal of the America Oil Chemist's Society**, v.80, n.6, p.511-517, 2003.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURE CHEMISTS. **Official methods of the Association of the Agricultural Chemists**. 15th ed. Washington, 2000. 1094p.
- AVELINO, J. et al. Effects of slope exposure, altitude and yield on coffee quality in two altitude terroirs of Costa Rica, Orosi and Santa Maria de Dota. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Malden, v.85, n.11. 2005.
- Banks, J.M. et al. The production of low fat Cheddar-type cheese. **Int. J. Dairy Technology**, v.42, p. 6-9. 2007. doi:10.1111/j.1471-0307.1989.tb01699.x
- 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**, Easton, v.56, n. 6, p.2273-2280, mar. 2008. DOI: 10.1021/jf073314f.
- BERTRAND, B. et al. Impact of the *Coffea canephora* gene introgression on beverage quality of *C. arabica*. **Theoretical and Applied Genetics**, v.107, p.387-394, 2003. DOI: 10.1007/s00122-003-1203-6
- BORÉM, F.M. **Pós-colheita do café**. Lavras: Editora UFLA, 2008. 631p.
- BORÉM, F.M. et al. The relationship between organic acids, sucrose and the quality of specialty coffees. **African Journal os Agriculture Research**, v.11, n.8, p.709-717, fev.2016.
- BYTOF, G. et al. Transient occurrence of seed germination process during coffee post-harvest treatment. **Annals of Botany**, v.100, n.1, p.61-66. 2007. doi: 10.1093/aob/mtm068
- CARVALHO, A.M. et al. Relationship between the sensoru attributes and the quality of coffee in different environments. **African Journal of Agricultural Research**. v.11, n.18, p.3607-3614, set.2016. DOI: 10.5897/AJAR2016.11545
- CHENG, B. et al. Influence of genotype and environment on coffee quality. **Trends in Food Science & Technology**, v.57, part A, p.20-30. 2016. doi: 10.1016/j.tifs.2016.09.003.

- CHRISTIE, W.W. **Gas chromatography and lipids**. Oxford: Pergamon, 1989. 191p.
- CORADI, P. C.; BORÉM, F. M. Alterações dos parâmetros físico químicos na qualidade de bebida do café natural e despulpado em função de diferentes tipos de secagem e condição de armazenamento. **Revista Brasileira de Armazenamento**, n. 11, p. 54- 63, 2009. Edição Especial Café.
- DISCHE, Z. General color reactions. In: WHISTLER, R.L. & WOLFRAM, M.L. ed. **Carbohydrate chemistry**. New York: Academic Press, 1962, 512p.
- DUSSERT, S. et al. Tolerance of coffee (*Coffea* spp.) seeds to ultra-low temperature exposure in relation to calorimetric properties of tissue water, lipid composition and cooling procedure. *Physiologia Plantarum*, v.112, p.495-504, 2001.
- FASSIO, L.O. et al. Sensory description of cultivars (*Coffea arabica* L.) resistant to rust and its correlation with caffeine, trigonelline, and chlorogenic acid compounds. **Beverages**, v.2 n.1, jan. 2016.
- FIGUEIREDO, L. P. et al. The Potential for High Quality Bourbon Coffees From Different Environments. **Journal of Agricultural Science**, v. 5, n. 10, p. 87, 2013.
- FIGUEIREDO, L.P. et al. Fatty acid profile and parameters of quality of specialty coffees produced in diferente Brazilian regions. **African Journal of Agricultural Research**, v.10, n.35, p.3484-3493, aug. 2015.
- GARRET, R. et al. Discrimination of arabica coffee cultivars by electrospray ionization Fourier transform ion cyclotron resonance mass spectrometry and chemometrics. **LWT-Food Science and Technology**, v.50, p.496-502, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2012.08.016>
- GIMASE, J.M. et al. Beverage quality and biochemical attributes of arabusta coffee (*C. arabica* L.x *C. canephora* Pierre) and their parental genotypes. **African Journal of Food Science**, v.8, n.9, p.456-464, set.2014.
- HEILMANN, W. Tecnology II: decaffeination of coffee. In: CLARK, R.J.; VITZTUM, O.G. (Ed.). **Coffee: recente development**. Oxford: Blackweel Science, 2001, 124p.
- JOET, T. et al. Identification des déterminants moléculaires de la qualité du café par des approches de génomique fonctionnelle. Une revue. **Cah Agric**, v. 21, n.2, p.125-133, 2012. doi: 10.1684/agr.2012.0548
- KITZBERGER, C.S.G. et al. Composição química de cafés arábica de cultivares tradicionais e modernas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n.11, p.1498-1506, 2013. DOI:10.1590/S0100-204X2013001100011.

- KITZBERGER, C.S.G. et al. Profile of the diterpenes, lipid and protein content of different coffee cultivars of three consecutive crops. **AIMS Agriculture and Food**, v.1, n.3, p.254-264, jun.2016.
- KY, C.L. et al. Caffeine, trigonelline, chlorogenic acids and sucrose diversity in wild *Coffea arabica* L. and *C. canephora* P. accessions. **Food Chemistry**, v.75, p.223-230, 2001. Doi: 10.1016/80308-8146(01)00204-7
- KNOPP, S. et al. 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.
- KRASTANOV, A. Metabolomics – the state of art. **Biotechnology & Biotechnological Equipment**, v.24, p.1537-1543, 2010.
- LEROY, T. et al. Genetics of coffee quality. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v.18, n.1 p.229-242, jan/mar. 2006.
- LI, S. et al. UV spectrophotometric determination of theobromine and caffeine in cocoa beans. **Analytica Chimica Acta, Amsterdam**, v.232, p.409-412, 1990.
- MARQUETTI, I. et al. Partial least square with discriminant analysis and near infrared spectroscopy for evaluation of geographic and genotypic origin of arabica coffee. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.121, p.313-319, 2016. DOI: 10.1016/j.compag.2015.12.018.
- MARTÍN, M.J. et al. Fatty acid profiles as discriminant parameters for coffee varieties differentiation. **Talanta**, London, v.54, n.2, p.291-297, abr.2001.
- MONSMA, C.C.; NEY, D.M. Interrelationship of stearic acid content and triacylglycerol composition of lard, beef tallow and cocoa butter in rats. **Lipids**, v.28, p.539-547. doi:10.1007/BF02536086.
- 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, 2006.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. R. a language and environment for statistical computing. Vienna:Foundation for Statistical Computing, 2017. Disponível em:<<http://www.R-project.org/>> Acesso em: 26 maio 2017.
- SCHOLZ, M. B. S. et al. Atributos sensoriais e características físico-químicas de bebida de cultivares de café do IAPAR. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 1, p. 6-16, 2013.
- SCHOLZ, M. B. S. et al. Características físico-químicas de grãos verdes e torrados de cultivares de café (*Coffea arabica*L.) do IAPAR. **Coffee Science**, Lavras, v. 6, n. 3, 2011.

SOBREIRA, F.M. et al. Divergence among arabica coffee genotypes for sensory quality. **Australian Journal of Crop Science**, v.10, n.10, p.1442-1448, 2016. DOI: 10.21475/ajcs.2016.10.10.p7430.

TAVEIRA, J.H.S. et al. Potential markers of coffee genotypes grown in different Brazilian regions: A metabolomics approach. **Food Research International**, v.61, n. p.75-82, jul. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.02.048>.

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

TEIXEIRA, A.L. et al. Avaliação do teor de cafeína em folhas e grãos de acessos de café Arábica. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, n.1, p.129-137, 2012.

TOCI, A. et al. Efeito do processo de descafeinação com diclorometano sobre a composição química dos cafés arábica e robusta, antes e após a torração. **Química Nova**, v.29, n.5, p.965-971, 2006.

VILLARREAL, D. et al. Genotypic and enviromental effect on coffee (*Coffea arabica* L.) bean fatty acid profile: impacto on variety and origins chemometric determination. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.57, n.23, p.11321-11327, 2009.