UNIVERSIDADE JOSÉ DO ROSÁRIO VELLANO - UNIFENAS

João Paulo Marques

Relação entre o processamento de pós-colheita e atributos químicos e sensoriais de cafés de três locais de Minas Gerais

Alfenas - MG
2017

João Paulo Marques

Relação entre o Processamento de Pós-colheita e atributos Químicos e Sensoriais de cafés de três locais de Minas Gerais

Dissertação apresentada à Universidade José do Rosário Vellano - UNIFENAS, como parte das exigências do Mestrado Profissional em Sistema de Produção na Agropecuária, para a obtenção do título de Mestre Profissional.

Orientador Dr. Adriano Bortolotti da Silva

Coorientador Dr. Tiago Teruel Rezende

Coorientador Dr. Virgílio Anastácio da Silva

Alfenas - MG
2017

Dados internacionais de catalogação-na-publicação

Biblioteca Central da UNIFENAS

Marques, João Paulo
Relação entre o processamento de pós-colheita e atributos químicos e sensoriais de cafés de três locais de Minas Gerais. — João Paulo Marques.—Alfenas, 2017.
53 f.

Orientador: Prof. Dr Adriano Bortolotti da Silva
Dissertação (Mestrado)- Programa de Pós-graduação em Sistemas de Produção na Agropecuária -Universidade José do Rosário Vellano, Alfenas, 2017.

1. *Coffea arábica L.* 2. Processamento pós-colheita 3. Cafés especiais I. Universidade José do Rosário Vellano II. Título

CDU : 633.73(043)

Zélia Fernandes Ferreira Miranda

Bibliotecária CRB6 1486

UNIFENAS
Pesquisa e Pós-graduação

Certificado de Aprovação

TÍTULO: "RELAÇÃO ENTRE O PROCESSAMENTO DE PÓS - COLHEITA E ATRIBUTOS QUÍMICOS E SENSORIAIS DE CAFÉS DE TRÊS LOCAIS DE MINAS GERAIS"

AUTOR: Joao Paulo Marques

ORIENTADOR: Prof. Dr. Adriano Bortolotti da Silva

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de **Mestre Profissional em Sistemas de Produção na Agropecuária** pela Comissão Examinadora.

Prof. Dr. Adriano Bortolotti da Silva

Prof. Dr. Tiago Teruel Rezende

Prof. Dr. Virgílio Anastácio da Silva

Alfenas, 11 de agosto de 2017.

Profa. Dra. Laura Helena Orfao
Diretora Adjunta de Pesquisa e Pós-graduação
UNIFENAS

A Deus, por abençoar e iluminar meus caminhos, a minha esposa Claudiane, aos meus estimados pais João e Célia. Ao meu orientador Dr. Adriano Bortolotti da Silva, por me incentivar a superar as dificuldades e ceder todo o seu conhecimento.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao término desta etapa importante na minha vida, não poderia deixar de expressar meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que de alguma forma me apoiaram nesta caminhada e que colaboraram para a realização deste trabalho.

A Deus pela saúde, disposição e por mais esta conquista em minha vida.

À Universidade José Rosário Vellano - UNIFENAS, ao Programa de Pós-Graduação em Sistema de Produção na Agropecuária.

Ao professor Dr. Adriano Bortolotti da Silva por ter acreditado neste projeto, por toda atenção, paciência e tempo dedicado a mim durante a realização deste trabalho e também pelos seus ensinamentos.

Ao professor Tiago Teruel Rezende por todo o seu conhecimento cedido, por sua disponibilidade e competente contribuição no aprimoramento deste trabalho

Ao professor Marcelo Bregagnoli e professor Carlos Alberto Machado de Carvalho por toda atenção e contribuições dadas para a realização deste trabalho.

Ao IFSULDEMINAS pelo apoio financeiro concedido através do Programa Institucional de Qualificação – PQI, editais 02/2015 e 01/2016.

Ao Diretor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Campus Muzambinho – professor Luiz Carlos Machado Rodrigues por ter acreditado em mim e neste projeto.

À Cooperativa Regional dos Cafeicultores de Guaxupé – Cooxupé pela disponibilização das amostras de café, as quais foram essenciais para a realização deste trabalho.

À minha esposa Claudiane Silva Marques, pelo estímulo, paciência, compreensão, incentivo e amor incondicional.

Aos meus pais João Marques e Célia de Fátima Silva Marques que sempre souberam da importância do estudo e do conhecimento na vida de uma pessoa. Mesmo diante de tantas dificuldades, nunca me deixaram faltar condições de estudar. Sou eternamente grato pela consciência e dedicação.

A todos que de forma direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, meu eterno agradecimento.

Obrigado!

RESUMO

Os cafeicultores brasileiros vêm a cada dia mais se preocupando com a produção de cafés com qualidade superior, tendo como propósito a produção de cafés especiais, agregando valor ao produto final. A produção de cafés especiais ganha força no mercado mundial agradando o paladar de diferentes consumidores. Os grãos de café têm os seus atributos intrínsecos modificados pelas características locais como altitude, temperatura, luminosidade, índice pluviométrico e umidade relativa de onde a lavoura se encontra instalada. Juntamente com as condições climáticas do local, o método de processamento dos grãos realizado por via seca (produzindo o café natural), por via úmida (cafés descascados), por via úmida com fermentação (café despolpado) e por via úmida com desmucilador (cafés desmucilados), confere variações na qualidade dos grãos produzidos. Objetivou-se com o presente estudo avaliar a relação entre o processamento de pós-colheita e os atributos químicos e sensoriais de cafés de três locais de Minas Gerais. Os cafés das diferentes regiões apresentaram características próprias, que são conferidas de acordo com o tipo de processamento a que os grãos são submetidos no período de pós-colheita. As amostras de cafés descascados das três regiões estudadas, apresentaram maiores notas para os atributos sensoriais, em relação às amostras de cafés naturais. A análise química do café apoia, entretanto não substitui a análise sensorial visando a classificação da qualidade de bebida do café.

Palavras-chave: *Coffea arabica* L., processamento pós-colheita, cafés especiais.

ABSTRACT

Brazilian coffee growers are becoming more and more concerned about the production of high quality coffees, with the purpose of producing special coffees, adding value to the final product. The production of special coffees gains force in the world market pleasing the palate of different consumers. Coffee beans have their intrinsic attributes modified by local characteristics such as altitude, temperature, lightness, rainfall index and relative humidity where the crop is located. Together with the climatic conditions of the place, the method of processing the grains by dry (producing natural coffee), wet (peeled coffees), moist with fermentation (pulped coffee) and wet desmucilador demultipled), confers changes in the quality of the grains produced. The objective of this study was to evaluate the relationship between post-harvest processing and the chemical and sensorial attributes of coffee from three locations in Minas Gerais. The coffees of the different regions presented their own characteristics, which are conferred according to the type of processing to which the grains are submitted in the post-harvest period. The samples of peeled coffees from the three regions studied presented higher scores for the sensorial attributes, compared to samples of natural coffees. The chemical analysis of coffee supports, however does not replace the sensorial analysis aiming at the classification of coffee beverage quality.

Key words: *Coffea arabica* L., post-harvest processing, specialty coffees.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Gráfico de ordenamento da análise discriminante canônica generalizada entre as médias das amostras de café de diferentes regiões e processamento na pós-colheita (SM:N – Sul de Minas Natural; SM:D – Sul de Minas Descascado; AP:N – Alto Paranaíba Natural; AP:D – Alto Paranaíba Descascado; TM:N – Triângulo Mineiro Natural; TM:D – Triângulo Mineiro Descascado) e os vetores correspondentes aos atributos sensoriais. 44

Figura 2. Gráfico de ordenamento da análise discriminante canônica generalizada entre as médias das amostras de café de diferentes regiões e processamento na pós-colheita (SM:N – Sul de Minas Natural; SM:D – Sul de Minas Descascado; AP:N – Alto Paranaíba Natural; AP:D – Alto Paranaíba Descascado; TM:N – Triângulo Mineiro Natural; TM:D – Triângulo Mineiro Descascado) e os vetores correspondentes às variáveis químicas. 47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resumo da análise de variância multivariada com o critério raiz máxima de Roy para testar a hipótese de igualdade dos vetores de efeito de: provador (Prov) e região (Regi), processamento dentro de Região (Regi/Proc), nos vetores de médias das variáveis da análise sensorial das amostras de café. 42

Tabela 2 Resumo da análise de variância multivariada com o critério raiz máxima de Roy para testar a hipótese de igualdade dos vetores de efeito de: região (Regi) e processamento dentro de região (Regi/Proc), nos vetores de médias das variáveis da análise química das amostras de café..... 42

Tabela 3. Funções discriminantes estimadas a partir das características sensoriais da bebida do café para o fator processamento dentro de região e respectivo teste de Lambda de Wilks para as três funções. 43

Tabela 4. Coeficientes padronizados dos atributos fragrância (FRA), ausência de defeito (AUS), doçura (DOR), sabor (SAB), acidez (ACI), corpo (COR), finalização (FIN), equilíbrio (EQU) e pontuação final (PTO) para a primeira e segunda dimensão canônica discriminante para processamento dentro de região..... 45

Tabela 5. Funções discriminantes estimadas a partir das características químicas dos grãos de café para o fator processamento dentro de região e respectivo teste de Lambda de Wilks para as três funções. 46

Tabela 6. Coeficientes padronizados das características (LK), (pH), (SS), (ATT), (PFO), (CE), (AT), (AR) e (ANR) para a primeira e segunda dimensão canônica discriminante para processamento dentro de região. 47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIC – Associação Brasileira da Indústria de Café

ACI – Acidez

ANR – Açúcares Não Redutores

AOAC – Association of Official Analytical Chemistry

AP:D – Alto Paranaíba Descascado

AP:N – Alto Paranaíba Natural

AR – Açúcares Redutores

AT – Açúcares Totais

ATT – Acidez Titulável Total

AUS – Ausência de Defeitos

CE – Condutividade Elétrica

COR – Corpo

DOR – Doçura

EPAMIG - Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais

EQU – Equilíbrio

FIN – Finalização

FRA – Fragrância

LK – Lixiviação de Potássio

PFO – Polifenoloxidase

PH - Potencial Hidrogeniônico

PROV – Provador

PTO – Pontuação Final

SAB – Sabor

SCAA – Specialty Coffee Association of America

SM:D – Sul de Minas Descascado

SM:N – Sul de Minas Natural

SS – Sólidos Solúveis

TM:D – Triângulo Mineiro Descascado

TM:N – Triângulo Mineiro Natural

UM – Umidade

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 ..... **13**

1. INTRODUÇÃO **14**

2 REFERENCIAL TEÓRICO **17**

2.1 QUALIDADE **17**

2.2 INTERFERÊNCIAS AMBIENTAIS NA QUALIDADE **18**

2.3 PROCESSAMENTO DO CAFÉ **19**

2.4 ANÁLISE SENSORIAL **20**

2.5 ANÁLISE QUÍMICA DO CAFÉ **22**

REFERÊNCIAS **28**

CAPÍTULO 2 ..... **35**

1 INTRODUÇÃO 38

2 MATERIAL E MÉTODOS 40

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO **42**

4 CONCLUSÕES **50**

5 REFERÊNCIAS **51**

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

O café brasileiro tipo commodity comercializado em grande quantidade, pelas bolsas de valores, perde muito em qualidade, quando comparado aos cafés produzidos em países tais como Colômbia, Jamaica, Costa Rica, Etiópia e Quênia, todos eles preferidos pelos consumidores americanos e europeus em função da qualidade da bebida (ANDROCIOLI et al., 2003). Entretanto, produtores brasileiros de café vêm a cada dia buscando a produção de cafés de qualidade superior, tendo como meta a produção de cafés especiais, agregando valor ao produto final e competindo igualmente com países tradicionais na produção de cafés especiais. As exportações brasileiras de café no período de julho de 2015 a julho de 2016 atingiram 35,418 milhões de sacas de 60 kg (ABIC, 2016).

As características locais podem interferir na formação e na maturação dos frutos, modificando as características intrínsecas e permitindo a obtenção de variados tipos de café, além da exploração dos cafés especiais. Geralmente, os cafés produzidos em região mais fria, recebem notas maiores nas variáveis sabor, aroma, doçura e corpo, quando comparado com as amostras produzidas em regiões mais quentes, devido especialmente, ao fato da maturação ser mais lenta, acarretando consequentemente o acúmulo de açúcares totais nos grãos (ANDROCIOLI et al., 2003).

Byers, Gioanucci e Liu (2008) afirmaram que a demanda por cafés especiais está crescendo em todo o mundo. Isso estimula estudos e avaliações que procuram a expressão de atributos intrínsecos sobre a qualidade do café, provenientes de interações entre o ambiente de produção, as características genéticas das plantas, e também as práticas de gestão (LADERACHA et al., 2011).

Regiões como o Cerrado, Sul de Minas e Mogiana Paulista, têm se destacado, por se especializarem na produção de cafés de alta qualidade. Essas regiões estão em meio às melhores do mundo em qualidade do produto, o que pode ser consequência do clima favorável, somado às técnicas de cultivo e de administração moderna, favorecendo a colheita de produtos diferenciados comparado aos cafés produzidos nas outras regiões do país (PIRES et al., 2003).

Outros fatores que interferem na qualidade dos grãos produzidos, são as condições de manejo, bem como as operações de pós-colheita, como o processamento, secagem e as formas de armazenamento que podem interferir na qualidade dos grãos de café. A determinação do método de processamento e de secagem sofre variações entre os produtores, de acordo com os

aspectos tecnológicos, climáticos, econômicos e as exigências do mercado consumidor (ISQUIERDO et al., 2011).

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi avaliar a relação entre o processamento de pós-colheita e os atributos químicos e sensoriais de cafés de três locais de Minas Gerais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 QUALIDADE

O café é uma planta com produtividade e qualidade variada, dependendo do local de produção (FAGAN et al., 2011). Essa característica é o resultado integrado de fatores do sistema de produção, como o clima, topografia, solo e da própria planta (AGGELOPOULOU et al., 2010). Todos esses fatos tomados em conjunto, determinam o conceito de que cada região pode ser representada como um território onde diferentes graus de influência da variabilidade da planta podem afetar as características do produto final (GOULET; MORLAT, 2011).

O valor comercial dos grãos de café (*Coffea arabica* L.) está diretamente relacionado com sua qualidade, e os fatores que a influenciam como gênero, cultivar, clima, época e forma de colheita, tipo de pré-processamento, sistema de secagem empregado e condições de armazenagem do produto, dentre outros (AFONSO JUNIOR ; CORREIA, 2003).

Para produtos de uma determinada região, a localização da lavoura pode representar uma identidade única que irá influenciar a produção e transmitir diferentes impactos sobre as suas características finais (CADOT et al., 2012). Vazquez, Segade e Fernandez (2010) afirmaram que a bebida do café é ampla e construída sobre a ligação dos fatores naturais, tecnológicos e sociais, resultando em particularidade dos produtos.

No caso da bebida do café, as possibilidades de diferenciação e segmentação são determinadas através de uma análise da qualidade final da bebida, especialmente para cafés especiais. A cafeicultura especializada tem certo número de atributos que incluem distinguir características físicas, tais como a origem, variedade, cor e tamanho; características sensoriais como sabor, aroma e corpo; e até mesmo as preocupações ambientais e sociais com os sistemas de produção e condições agrícolas (DICUM; LUTTINGER, 1999; BYERS; GIOANUCCI; LIU, 2008; LADERACHA et al., 2011).

Os cafés especiais cada vez mais ganham força no mercado mundial, por possuírem bebida de qualidade superior, agradando o paladar de todos os tipos de consumidores. Os tratos culturais, colheita e pós-colheita, são alguns dos fatores decisivos para a determinação da qualidade do grão, com atributos positivos, para atender às exigências dos consumidores. Processos simples como estes podem resultar em ganho significativo para o produtor, já que quando o café quando apresenta uma bebida de qualidade superior o preço é agregado na saca, garantindo melhor renda quando os preços estão baixos (RIBEIRO, 2014).

Como a qualidade intrínseca dos grãos pode sofrer influência dos fatores genéticos, tratos culturais realizados na lavoura, características do ambiente de cultivo, procedimentos pós-colheita, fermentação, torração e moagem (ARAUJO, 2007), tem-se a necessidade de ações direcionadas para cada região, o que demanda trabalhos contínuos e monitoramento para o acompanhamento da qualidade (ALVARENGA, 2015).

2.2 INTERFERÊNCIAS AMBIENTAIS NA QUALIDADE

Para Bosselmann et al. (2009), as consequências de altitude, sombreamento das lavouras e fatores físicos do solo, tem sido apontado como uma forma de explicar possíveis ligações entre a qualidade final do café. Demonstrando a necessidade de pesquisas e recomendações aos produtores em matéria de gestão de sombra, orientadas de acordo com as condições ambientais climáticas e particulares do local.

Acredita-se que, os aspectos climatológicos de localização e de qualidade de bebida estão profundamente integrados (FERREIRA et al., 2012). Para Jöet et al. (2010), apesar da sombra e altitude serem empiricamente conhecidas por apresentarem resultados benéficos sobre a qualidade do café, existem poucos estudos científicos que documente esses efeitos. Ambos os fatores têm uma influência dramática na temperatura do ar, e os seus efeitos positivos foram atribuídos especialmente a condições climáticas mais frias. Baixas temperaturas têm sido recomendadas por desacelerar o processo de amadurecimento, que por sua vez leva a uma maior acumulação de precursores de aroma.

A influência que o fator altitude exerce sobre as características físicas, químicas e sensoriais do café é tema de vários estudos realizados, já que os resultados obtidos até o momento são bastante contraditórios. Pesquisas realizadas com cafés cultivados na região de Patrocínio – Minas Gerais, com diferentes altitudes e posteriormente realizada avaliação sensorial. A Organization International del Café (1991), concluiu que a altitude dos locais de cultivo do café, afeta diretamente a qualidade da bebida produzida, manifestando-se principalmente com o aumento da acidez.

Os efeitos da altitude no crescimento e no acúmulo de carboidratos estão relacionados, principalmente, a variações de temperaturas. A temperatura possui influência direta sobre processos regulatórios da planta, interferindo na velocidade das reações enzimáticas. O acúmulo de amido em frutos de cafeeiros é mais precoce em altitudes menores. Desta forma, o enchimento de grãos é mais crítico em condições de menor altitude, já que a planta completa esse processo em menor tempo (SILVEIRA et al., 2015). Além

disso, em altitudes menores, plantas de cafeeiro podem se desgastar mais, devido ao menor período de formação dos frutos, já que precisarão absorver nutrientes e produzir carboidratos em menor espaço de tempo para suprir as exigências dos frutos (LAVIOLA et al., 2007).

A altitude e a latitude compõem os fatores mais importantes para a distinção das regiões cafeeiras (BARBOSA et al., 2012), pois influenciam diretamente a temperatura, radiação, regime de chuvas, velocidade dos ventos, pressão parcial dos gases (ÖNCEL et al., 2004; ZHU et al., 2010).

Solares et al. (2000), estudando a influência das variedades (Bourbon, Caturra e Catuaí), cultivadas a três níveis de altitude: abaixo de 1220 m, entre 1220 m a 1460 m e acima de 1460 m, concluíram ser claro os efeitos que a altitude exerce sobre a qualidade dos grãos, independente de qual seja a sua variedade estudada. Neste estudo observaram que as propriedades organolépticas como: corpo, aroma e suavidade acentuam-se quando a altitude se eleva, já com a variável acidez, essa evidência não é tão perceptível.

2.3 PROCESSAMENTO DO CAFÉ

Segundo Dias et al. (2009) a colheita do café no Brasil é realizada com diferentes estádios de maturação e com diferentes teores de água. A presença dos grãos verdes, mais comum no início da colheita, causa prejuízos quanto ao tipo e à qualidade da bebida obtida. Como consequência temos a interferência no valor comercial do produto.

Os métodos de processamento de café utilizados podem ser por via seca ou via úmida. No processamento via seca, os grãos são secados na sua forma integral, originando o café em coco ou natural. O processamento via úmida pode ser alcançado de diferentes formas: por meio da retirada da casca e de parte da mucilagem, pelo procedimento mecânico, obtém-se o café descascado; removendo-se, mecanicamente, a casca e a mucilagem, por fermentação biológica, têm-se o café despolpado; e extraindo mecanicamente a casca e a mucilagem, obtém-se o café desmucilado (BORÉM, 2008; MALTA, 2011).

Diversos estudos têm demonstrado que os cafés naturais produzidos por via seca apresentam qualidade inferior comparados com os grãos produzidos por via úmida. As diferenças na qualidade dos grãos produzidos, está diretamente ligada, ao tipo de processamento e a ocorrência de fermentações indesejáveis, que normalmente são associadas ao processamento natural dos grãos, além de demonstrar falta de cuidados na fase de pós-colheita dos grãos (BORÉM, 2008; ISQUIERDO et al., 2012).

Entre os diversos fatores que contribuem para a obtenção de cafés com qualidade, as etapas pós-colheita possuem grande influência na determinação dos atributos sensoriais do café, especialmente a forma de processamento e secagem. Sabe-se que o processamento por via seca ou via úmida resultam em cafés com diferentes características no sabor e no aroma bem como no corpo, acidez e doçura. Considerando o conjunto de atributos físicos e sensoriais, o café cereja descascado vem se destacando em termos mercadológicos. Entretanto, há que se prolongar o tempo de armazenamento para que o cafeicultor possa ofertar seu produto por maior período buscando atingir o mercado nos períodos mais favoráveis (BORÉM, 2008).

Uma das vantagens da remoção da casca e da mucilagem do café é a obtenção de lotes mais homogêneos, o que facilita a etapa de secagem e permite maior controle sobre a qualidade final do produto. A rápida eliminação da casca e da mucilagem, por serem fontes de fermentação e retardarem a secagem, facilita a obtenção de cafés de boa bebida, independente da zona de produção e, quando bem preparados, são sempre classificados como bebida de alto valor comercial (BORÉM et al., 2008).

2.4 ANÁLISE SENSORIAL

O trabalho de avaliação e análise sensorial de cafés é considerado uma tarefa complexa, devido às variações de aromas, sabores, e sua composição química, que durante a torração podem superar a quantia de mais de 800 compostos aromáticos (ALVARADO; LINNEMANN, 2010).

Para Donfrancesco et al (2014), a avaliação sensorial não se estabelece como o melhor método de avaliação da qualidade do café, devido à variedade de fatores que interferem na metodologia de degustação, mesmo sendo este o método amplamente utilizado pelas indústrias de café no mundo todo.

A classificação da bebida é alcançada por meio da avaliação do sabor e do aroma, detectados por degustadores treinados na chamada “prova de xícara”, em função, dos sentidos do gosto, do olfato e do tato principalmente (TEIXEIRA, 1999).

Nesta classificação de bebida, as amostras são classificadas em sete grupos, em ordem decrescente de qualidade: Estritamente Mole, Mole, Apenas Mole, Dura, Riada, Rio e Rio Zona. Esta qualidade está diretamente ligada, com a quantidade e o grau de deterioração dos grãos (LAZZARINI e MORAES, 1958).

Para a avaliação dos cafés especiais utiliza-se o protocolo de análise sensorial da

Specialty Coffee Association of America (SCAA, 2009), de acordo com a metodologia proposta por Lingle (1986) para avaliação de cafés especiais. Nesse protocolo, os atributos fragrância/aroma, uniformidade, ausência de defeitos, doçura, sabor, acidez, corpo, finalização, equilíbrio, e avaliação global são pontuados.

Aroma: é o cheiro do café quando diluído em água quente (SCAA, 2008).

Fragrância: é definida como o cheiro do café ainda seco quando torrado e moído (SCAA, 2008).

Uniformidade: refere-se à consistência de diferentes xícaras e amostras provadas (SCAA, 2008).

Ausência de Defeitos: refere-se à ausência de interferência decorrente de defeitos na bebida, desde o momento em que se sorve o café até a sensação de Finalização, após expelir o líquido, refletindo "transparência" da bebida (SCAA, 2008).

Doçura: refere-se ao agradável sabor doce, sendo sua percepção resultado da presença de determinados carboidratos. O oposto de doçura, neste contexto, é a adstringência ou sabores "verdes" e o amargor (SCAA, 2008).

Sabor: representa a principal característica do café, a nota da "fase central" da avaliação, que fica entre as primeiras impressões, caso do Aroma do café e de sua Acidez, e as de seu final, como a Finalização (SCAA, 2008).

Acidez: pode ser agradável ou não, dependendo da natureza do ácido predominante na bebida. É frequentemente descrita como "brilhante" quando sua sensação é agradável, enquanto que pode ser "azeda" ao contrário. Uma acidez agradável contribui para a vivacidade do café, aumenta a percepção da doçura e confere característica de fruta-fresca. A Acidez excessiva pode ser desagradável e indicar característica não usual de um café (SCAA, 2008).

Corpo: consiste na percepção tátil do líquido na boca, especialmente quando percebida entre a língua e o céu da boca. A maioria das amostras com Corpo intenso pode também receber pontuação alta, em termos de qualidade, devido à presença de mais sólidos dissolvidos na bebida (SCAA, 2008).

Finalização: é definida como a persistência do sabor, isto é, das características percebidas em sequência no paladar e que permanecem depois que o café é expelido da boca.

Equilíbrio: Os atributos Sabor, Finalização, Acidez e Corpo da amostra acabam trabalhando em sinergia, complementando-se ou contrastando-se um do outro. A este efeito é denominado Equilíbrio (SCAA, 2008).

Avaliação Global: deve refletir total coerência em relação à avaliação feita pelo degustador de cada um dos atributos. Sendo nesse momento que os degustadores fazem suas avaliações pessoais (SCAA, 2008).

Segundo a Specialty Coffee Association of America (SCAA, 2009), os cafés especiais caracterizam-se por não apresentar qualquer tipo de defeito sensorial, alcançando no mínimo 80 pontos na escala de classificação, o que corresponde a um café de bebida mole na prova de xícara.

A avaliação sensorial proposta pela Specialty Coffee Association of America (SCAA, 2008) tem se destacado nos principais países envolvidos na comercialização de cafés especiais pela consistência que apresenta na discriminação da qualidade da bebida, tendo grande aceitação nos Estados Unidos, Japão e em países da América Central, Europa e África. De acordo com a escala de notas para avaliação sensorial de cafés especiais proposta pela SCAA, os cafés que recebem notas entre 80 e 84 pontos são considerados muito bons, sendo classificados como cafés premium.

No Brasil, existem inúmeras regiões produtoras de cafés especiais, dentre as quais as regiões de Minas Gerais se destacam devido às suas peculiaridades. O Estado é dividido em quatro regiões: Sul de Minas, Matas de Minas, Cerrado e Chapada de Minas, sendo que nas regiões Matas de Minas e o Sul de Minas se encontram o maior número de propriedades certificadas, maior participação relativa nos concursos de qualidade de café e número de produtos diferenciados (ALVARENGA et al., 2015).

2.5 ANÁLISE QUÍMICA DO CAFÉ

A composição química do grão é expressivamente influenciada por aspectos genéticos, ambientais e culturais, pelas técnicas de colheita, processamento e armazenamento, sofrendo variação também de acordo com as condições climáticas de cada região (PIMENTA et al., 2000; GODINHO et al., 2000).

Cavalari (2004) notou que durante o desenvolvimento do fruto, ocorre diminuição dos açúcares redutores e sacarose, e que esses carboidratos aumentam na casca e no endosperma no final do desenvolvimento, apontando uma provável translocação dos açúcares da casca para o perisperma e desse para o endosperma.

O café possui de 5 a 10% de açúcares totais. Dentre os oligossacarídeos, a sacarose (não redutor) verifica-se nos grãos de café em quantidades que variam de 5,1 a 9,4%, no fruto maduro (CLIFFORD; WILSON, 1985). Na torra, a sacarose degenera-se, dando açúcares

menores precursores de ácidos e aldeídos, responsáveis pelo flavor. Dentre os monossacarídeos, sobressaem a glicose e a frutose (redutores), com proporções que variam de 0 a 0,5%. Chagas (1994) afirma que os teores de açúcares redutores e não redutores estão relacionados a qualidade. Mazzafera (1999) relata que descobriu menores concentrações de sacarose nos grãos defeituosos.

Dentre os açúcares presentes nas sementes de café arábica sobressaem os não redutores, mais especificamente a sacarose, sendo os redutores descobertos em pequenas quantidades (CARVALHO et al., 1989). Dentre os açúcares livres predominantes estão a glicose, frutose e sacarose, com maior porção de sacarose (ROGERS et al.,1999).

Estudos demonstraram que as alterações mais importantes no metabolismo de açúcares e ácidos orgânicos acontecem na terceira principal fase de crescimento do fruto quando se tem a perda de umidade do endosperma e alteração de cor do pericarpo (JOËT et al., 2010).

Os compostos fenólicos são metabólitos secundários de plantas comprometidos na adequação às condições de estresse ambiental. Os ácidos clorogênicos (CGA) e compostos relacionados são os componentes mais importantes da fração fenólica dos grãos de café verde, atingindo teores, em peso seco, de até 14 % (FARAH; DONANGELO, 2006). Do ponto de vista químico, os inúmeros compostos que formam a semente do cafeeiro concedem a esta uma complexidade considerável, e consequentemente, uma diversificação de expressões, principalmente com relação à produção do café como bebida oriunda destes grãos.

De acordo com Siqueira e Abreu (2006), o pH do grão é um indicador de eventuais modificações, como as fermentações indesejáveis, que acontecem na pré ou na pós-colheita, causando defeitos, logo, a redução do pH e degradação da bebida.

As membranas celulares dispõem de lipídeos e proteínas e são estabilizadas por íons. Condições externas como temperatura, umidade e injúrias podem modificar a estrutura dessas membranas fazendo com que percam sua organização e seletividade, havendo assim o contato de diversos componentes químicos com enzimas hidrolíticas e oxidativas. Estas alterações levam a mudança de cor, densidade e afetam profundamente a qualidade da bebida do café. Vários autores associam a depreciação da qualidade da bebida do café à desestruturação das membranas. Esta confirmação tem sido comprovada, indiretamente, pelos elevados teores de potássio lixiviados com o consequente aumento na condutividade elétrica da solução na qual estes cafés estão submersos (PRETE, 1992).

Neste sentido, Goulart (2002) e Pinto (2002), confirmaram que os níveis de lixiviação de potássio e condutividade elétrica de fato aumentam com a diminuição da

qualidade dos cafés. Muitas pesquisas têm sido desenvolvidas considerando, além das modificações nas membranas, também as alterações na atividade de determinadas enzimas. De acordo com Goulart (2002), a lixiviação de potássio, a condutividade elétrica e a atividade da polifenoloxidase demonstraram ser mais apropriadas para separar amostras de café consideradas de melhor qualidade (estritamente mole, mole, apenas mole) das de qualidade inferior (duro e riado).

Pesquisas histoquímicas e morfológicas detectaram no café bebida mole uma maior concentração de lipídeos na superfície das sementes, como corpos lipídicos globulares bem definidos. Com a diminuição da qualidade das características da bebida, os lipídeos se apresentaram homogeneamente dispersos por toda a superfície do tecido e extravasados no interior das células e nos espaços intercelulares nas sementes do café bebidas dura e riada, como consequência da perda da integridade da parede e membranas celulares (GOULART, 2002). Injúrias físicas ou fisiológicas estimulam mecanismos enzimáticos e uma possível alteração nos componentes da parede celular. Resultados obtidos por Amorim et al., (1976), demonstraram que os cafés rio apresentam paredes celulares mais finas, menor densidade, e essas paredes celulares abrangem um menor volume em relação aos cafés mole. Os resultados parecem demonstrar que nos cafés rio houve degradação das paredes celulares que podem ter possibilitado a formação de compostos que influenciaram sensivelmente a qualidade da bebida.

A polifenoloxidase é uma enzima intracelular localizada, especialmente, na membrana dos cloroplastos, contribuindo nos modos de respiração, proteção contra infecção e na biossíntese de alguns componentes vegetais como os flavonóides e quinonas (ESKIN, 1990).

As primeiras ligações da qualidade do café e a atividade enzimática da polifenoloxidase foram executadas por Amorim e Silva (1968), os quais notaram maior atividade da enzima em cafés de qualidade superior, indicando a menor incidência de degradações das paredes celulares nestes cafés. Alguns anos mais tarde, Amorim e seus colaboradores (AMORIM; JOSEPHSON, 1975; AMORIM, 1977; AMORIM et al., 1974) propuseram a aceitação dessa descoberta referindo-se ao fato de que, cafés de bebida inferior danificam a estrutura celular pela degradação das membranas, de modo que a enzima, exclusiva de plastídeos, entraria em contato com compostos fenólicos, alojados preferencialmente no vacúolo, causando inevitável oxidação de fenóis, que convertidos a quinonas reagiriam com proteínas, até mesmo a polifenoloxidase, demonstrando sua menor atividade em café de qualidade inferior. Assim, como citado por Clifford (1985), não

encontra-se relação direta da polifenoloxidase com a qualidade de bebida, mas, a sua atividade sugere relação com o processo de perda de qualidade. Para Amorim (1978), o mecanismo de oxidação de polifenóis por enzimas como a polifenoloxidase é um dos fundamentais eventos bioquímicos induzidores da diminuição da qualidade de bebida do café.

A determinação da bebida do café é feita por meio do teste sensorial conhecido popularmente como "prova de xícara"; porém, estudos estatísticos levantam dúvidas sobre a precisão com que provadores classificam o café com relação à qualidade da bebida. Carvalho et al., (1994) estudando amostras previamente classificadas, criou uma tabela adicional à prova de xícara, que permite classificar os cafés nas diferentes classes de bebida de acordo com a atividade enzimática da polifenoloxidase (PFO). Desta forma, foi proposto por estes autores a seguinte correlação entre a atividade da PFO e a qualidade da bebida: café extra fino (bebida estritamente mole) – atividade de PFO superior a 67,66 U/min/g de amostra; fino ("bebida mole" e "apenas mole") – atividade de PFO de 62,99 a 67,66 U/min/g de amostra; aceitável ("bebida dura") – atividade de PFO de 55,99 a 62,99 U/min/g de amostra; não aceitável ("bebida riada" e "rio") – atividade de PFO inferior a 55,99 U/min/g de amostra. Esta associação entre qualidade da bebida do café e atividade enzimática da polifenoloxidase esclarece a ocorrência de que os cafés de qualidade inferior foram submetidos a condições de injúrias e desse modo a quantidade de fenóis oxidados, enzimaticamente ou não, elevou-se, inativando a enzima polifenoloxidase.

Pinto et al. (2003) apuraram que os grãos considerados com padrões elevados de qualidade de bebida (estritamente mole, mole, apenas mole e duro) demonstraram maiores atividades da polifenoloxidase, já os grãos classificados como de padrões inferiores, (riado e rio), expressaram com as menores atividades, resultados estes, conforme os alcançados por Oliveira et al., (1977) que não identificaram comportamento similar para as enzimas catalase e peroxidase.

Barbosa (2002) notou por meio de análise comparativa que a atividade da polifenoloxidase não é um índice preciso para a classificação da qualidade da bebida do café, observando um baixo grau de equivalência entre o método químico e a "prova da xícara" para as diversas classes de bebida. Lopes et al. (2000) notaram variação na atividade da polifenoloxidase para diversas linhagens e época de colheita de *Coffea arabica* L. Mazzafera et al., (2002) admitem que existem contrariedades nas técnicas de extração e dosagem da atividade de polifenoloxidase em café, especialmente pela oxidação de fenóis, indicando que o uso desta enzima como indicador de qualidade de bebida seja reavaliado.

Dentre os ácidos graxos descobertos nas sementes de café, alguns estudos recentes

têm revelado a influência dos ácidos palmítico, esteárico, elaídico, oleico, linoleico, linolênico e araquidico na qualidade dos cafés e também na distinção de ambientes (FIGUEIREDO, 2013).

Pinto et al. (2001) averiguaram que o café de bebida do tipo estritamente mole e riada alcançaram maiores quantidades de açúcares totais e açúcares não redutores. Ainda notaram diferenças significativas nos teores de açúcares redutores, visto que a bebida tipo estritamente mole apresentou maior teor, seguida pelas bebidas tipo dura, riada e apenas mole.

O níveis dos açúcares totais, redutores e não-redutores são influenciados pelo níveis de maturação dos frutos, pelo ataque de microorganismos, local de cultivo, presença de defeitos, injúrias mecânicas (CARVALHO et al., 1989; LEITE, 1991; CHAGAS, 1994; PEREIRA, 1997; COELHO, 2000). Pimenta et al. (2000) notaram que ocorreu a elevação gradativa dos teores dos açúcares redutores à medida que a maturação dos frutos foi aumentando, alcançando o valor máximo no grão cereja e, ainda, que quando os frutos secam na planta, a quantidade de açúcares diminui.

Shankaranarayana et al. (1974) confirmam que os açúcares estão relacionados com a qualidade, por estarem junto com os aminoácidos e as proteínas associados com a origem de diversos voláteis em cafés torrados. Além do mais, açúcares solúveis podem manter a integridade estrutural das membranas e proteínas em situações de baixa umidade dos grãos (CARPENTER et al., 1987), pois, evitam danos no momento da secagem pelo aumento dos íons como Na^+, K^+ ou Cl^-, dentro do citoplasma (COUGHLAN; HEBER, 1982). Açúcares solúveis, especialmente sacarose, rafinose e estaquiose, são apontados como os maiores agentes vitrificantes nos grãos (KOSTER, 1991). Alterações nos teores de açúcares favorecem alteração do estado vítreo do citoplasma. A ausência deste estado, ou a modificação para um estado menos viscoso, podem estar associados com a viabilidade e envelhecimento das sementes, logo, um conjunto de transformações bioquímicas nos componentes dos grãos e consequentemente, com a qualidade de bebida gerada por estes.

A sacarose é apontada como um parâmetro significativo na qualidade da bebida do café, pois é um precursor do sabor e aroma. Apesar de ser degradada significativamente no decorrer do processo de torração, a sacarose continua nos grãos torrados na concentração de 0,4 – 2,8% da matéria seca. A constituição do aroma é um processo muito complexo, abrangendo a reação de Maillard, que acontece no momento da torra dos grãos de café (DE MARIA et al., 1996). De acordo com Carvalho et al. (1989), no decorrer do processo de torração, a sacarose é o açúcar redutor mais importante, o qual reage com aminoácidos

(reação de Maillard), resultando em compostos coloridos desejáveis, responsáveis pela cor marrom do café. Nessas reações são gerados compostos voláteis, que dispõem de grande efeito no aroma do produto final. Alguns precursores de aroma, como por exemplo a sacarose e trigonelina, geram produtos com aromas apreciados, abrangendo, furanos, pirazinas, alkyl-piridinas e pirroles (DE MARIA et al., 1996).

Uma maior quantidade de sólidos solúveis é desejável, tanto do ponto de vista do rendimento industrial, como pela sua contribuição para assegurar o corpo da bebida, (LOPES, 2000).

REFERÊNCIAS

ABIC. Associação Brasileira da Indústria de Café. **Notícias e imprensa**. Disponível em: <http://www.abic.com.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=5608&sid=59&tpl=printerview>. Acesso em 26 dez.2016.

AFONSO JUNIOR, P. C. ; CORREA, P. C.Influência do tempo de armazenagem na cor dos grãos de café pré-processados por "via seca" e "via úmida". *Ciênc. agrotec.* [online] , v.27, n.6, p.1268-1276, 2003. ISSN 1413-7054. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542003000600010 Acesso: 24 jan. 2017.

AGGELOPOULOU, KD et al. Variação espacial na produtividade e qualidade em um pequeno pomar de maçã. **Agricultura de Precisão,** v. 11, n. 01, p. 538-556, out. 2010.

ALVARENGA, S. T. et al. **Caracterização química e físico-química dos cafés especiais das regiões Matas de Minas e Sul de Minas**. 2015. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br:80/handle/123456789/3522.> Acesso: 22 jul. 2015.

ALVARADO, R. A; LINNEMANN, A. R. The predictive value of a small consumer panel for coffee-cupper Judgment. **British Food Journal** v.. 112, n. 9, p.1023-1032, 2010 .

AMORIM, H.V.; SILVA, D.M. **Relação da atividade da polifenoloxidase do grão de *Coffea arabica* L. com a qualidade da bebida**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1968. 16p. (Boletim Técnico, 31).

AMORIM, H.V. et al. Chemistry of Brazilian green coffee and the quality of the beverage. III. Soluble proteins, Turrialba, v.24, n.1p.304-308, 1974.

AMORIM, H.V.; JOSEPHSON, R.V. Water-soluble protein and non-protein components of Brasilian green coffes beans. **Journal of Food Science**, Columbus, v.40, n.6, p. 1179-1185, nov.1975.

AMORIM, H.V. et al. Relação entre a coloração do grão e da película prateada do café e a presença de enzimas oxidativas. In : CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 4., 1976, Caxambu. **Resumos...** Rio de Janeiro, MIC-IBC GERCA. 1976. p.133-135.

AMORIM, H.V.; AMORIM, V.L. Coffee enzymes and coffee quality.
In: ORY, R.L.; St ANGELO, A.J. (Ed.) **Enzymes in food and beverages processing.** Washington: ACS, 1977. p.27-56. (Symposium Series, 47)

AMORIM, H.V. **Aspectos bioquímicos e histoquímicos do grão de café verde relacionados com a determinação da qualidade**. 1978. 58f. Tese (Livre Docente em Bioquímica) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1978.

ANDROCIOLI, A. et al. Caracterização da qualidade de bebida dos cafés produzidos em diversas regiões do Paraná. In: SIMPÓSIO DA PESQUISA DE CAFÉS DO BRASIL, 3., 2003, Porto Seguro. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2003. p. 256-257.

ARAUJO, F. A. **Café (Coffea Arabica, L.) submetido a diferentes condições de torrefação: caracterização química e avaliação da atividade antioxidante e sensorial**. 2007. 157 f. Tese (doutorado)- Faculdade de Ciências Farmacêuticas, USP, 2007.

BARBOSA, R. M. **Caracterização físico-química de seis categorias da bebida café classificada pelo teste da xícara.** 2002. 53f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

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

BOSSELMANN, A. S. et al. The influence of shade trees on coffee quality in small holder coffee agroforestry systems in Southern Colombia. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v 129, n 1-3, p. 253–260, jan. 2009.

BORÉM, F. M. **Pós-colheita do café**. Lavras: UFLA, 2008. v. 1, 631 p.

BOREM, Flávio Meira et al . Avaliação sensorial do café cereja descascado, armazenado sob atmosfera artificial e convencional. **Ciênc. agrotec**., Lavras , v. 32, n. 6, p. 1724-1729, dec. 2008 . Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542008000600007&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 28 dez.2016.

BYERS, A.; GIOVANUCCI, D.; LIU, P. **Value-adding Standards in the North American Food Market: trade opportunities in certified products for developing countries**. Rome: Food and Agriculture organization of the United Nations, 2008.

CADOT, Y. et al. Caracterização da tipicidade para os vinhos relacionados com terroir por conceitual e por representações perceptivas. Uma aplicação para os vinhos tintos do Loire Valley. **Qualidade Alimentar e Preferência,** Boston, v. 24, n. 1, p. 48-58, abr. 2012.

CARPENTER, J.F., CROWE, L.M., CROWE, J.H. Stabilization of phosphofructokinase with sugars during freeze-drying. **Biochemica et Biophysica Acta,** Amsterdan, v.923, n. 1, p.109 -115, jan. 1987.

CARVALHO, V.D. de et al. Relação entre a composição físico-químico e química do grão beneficiado e a qualidade de bebida do café. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v.29, n.3, p. 449-454, mar. 1994.

CARVALHO,V.D.de.; CHALFOUN, S.M.; CHAGAS, S. J. de R. Relação entre classificação do café pela bebida e composição físico-química, química e microflora do grão beneficiado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 15., 1989, Maringá. **Resumos...** Rio de Janeiro: MIC/IBC, 1989. p.25-26.

CAVALARI, A. A. **Invertase ácida, sacarose sintetase e o metabolismo de açúcares no desenvolvimento de sementes de café** (Coffea arabica L). 2004. 73 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

CHAGAS, S. J. de R. **Caracterização química e qualitativa de cafés de alguns municípios de três regiões produtoras de Minas**. 1994. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1994.

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

COELHO, K. F. **Avaliação química e sensorial da qualidade do café de bebida estritamente mole após a inclusão de grãos defeituosos.** Lavras: UFLA, 2000. 96 p.

COUGHLAN, S.J., HEBER, U. The role of glycinebetaine in the protection of spinach thylakoids against freezing stress. **Planta**, Berlin, v.156, n .1, p.62-69, nov. 1982.

DE MARIA, C.A.B. et al. Composition of green coffee water-soluble fractions and identification of volatiles formed during roasting. **Food Chemistry**, Oxford, v. 55, n. 3, p. 203-207, mar. 1996.

DIAS, E. C. et al. Determinação dos níveis de acrilamida em cafés verdes obtidos por diferentes processamentos In : SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 6., 2009, Vitória. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2009.

DICUM, G .; Luttinger, N. **O Café do livro:** anatomia da indústria de colheita até a última gota. New York: The New York Press, 1999. 196 p.

DONFRANCESCO, B. DI., GUZMAN, N. G., CHAMBERS, E. Comparison of results from cupping and descriptive sensory analysis of Colombian brewed coffee. **Journal of Sensory Studies,** v.29, n….., p.301–311, ago. 2014.

DZUNG, N. H., DZUAN, L.; TU, H.D. The role of sensory evaluation in food quality control, food research and development: a case of coffee study.
Disponível em: < www4.hcmut.edu.vn/~dzung/Sensoryrole.pdf> Acesso: 23 jul.2015.

ESKIN, N.A.M. **Biochemistry of food**. 2.ed. San Diego: Academic Press, 1990. p. 401-427.

FAGAN, EB *et al.* Efeito do Tempo de Formação do grão de café (Coffea sp) na Qualidade da bebida. **Bioscience Journal,** Uberlândia, v.27., n. 5, p. 729-738, set/out. 2011.

FARAH, A.; DONANGELO, C.M. Compostos fenólicos em café. **Braz. J. Plant Physiol**., Londrina, v.18, n.1, p.23-36, jan./mar. 2006.

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

FIGUEIREDO, L. P. **Abordagem sensorial e química da expressão de genótipos de Bourbon em diferentes ambientes**. 2013. 128f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos)–Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

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

GOULART, P. de F. P. **Purificação da polifenoloxidase e avaliação de métodos bioquímicos para aferir a qualidade da bebida do café**. 2002. 80 f. Dissertação (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

GOULET, E .; MORLAT, R. O uso de pesquisas entre os produtores de vinho em vinhas do Vale do middleLoire (França), em relação aos estudos terroir. **Terra Política de Uso,** v.28, n. 4, p. 770-782, out. 2011.

ISQUIERDO, E. P. et al. Qualidade do café desmucilado submetido ao parcelamento da secagem. **Coffee Science**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 83-90, jan/abr. 2011.

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

JOËT, T. et al. Influência de fatores ambientais, processamento úmido e suas interações sobre a composição bioquímica dos grãos de café arábica verdes. **Química alimentar**, p. 693–701, 2010.

KOSTER, K. Glass formation and desiccation tolerance in seeds. **Plant Physiology**, Rockville, v.96, p.302-304, 1991.

LÄDERACHA, P. *et al*. Systematic agronomic farm management for improved coffee quality. **Field Crops Research**, v. 120, n. 3, p. 321-329, 2011.

LAVIOLA, B. G. et al. Alocação de foto assimilados em folhas e frutos de cafeeiro cultivado em duas altitudes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 11, p. 1521-1530, nov. 2007.

LAZZARINI, W.; MORAES, F. R. P. de. Influência dos grãos deteriorados ("Tipo") sobre a qualidade da "Bebida" de Café. **Bragantia**, Campinas, v.17, n.7, p. 109-118, 1958.

LEITE, I. P. **Influência do local de cultivo e do tipo de colheita nas características físicas, composição química do grão e qualidade do café (*Coffea arabica* L.)**. 1991. 135 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1991.

LINGLE, T. R. **The coffee cupper´s handbook**: systematic guide to the sensory evaluation of coffee´s flavor. 2nd ed. Washington, DC: Coffee Development Group, 1986. 57 p.

LOPES, L. M. V. et al. Atividade da enzima polifenoloxidase em grãos de 15 linhagens de café (*Coffea arabica* L.) colhidas em três épocas durante a colheita, em dois anos consecutivos. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000 Poços de Caldas. **Resumos expandidos**... Brasília, D.F. : Embrapa Café; Belo Horizonte : Minasplan, 2000. 2v. 1490p, p. 635-637.

MALTA, M. R. Processamento e qualidade do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 32, n. 261, p. 66-75, mar/abr. 2011.

MAZZAFERA, P.; (1999) Mineral nutrition and caffeine content in coffee leaves. Bragantia, 58: 387-391.

MAZZAFERA, P.; GONSALVES, K.V.; SHIMIZU, M.M. Extração e dosagem da atividade da polifenoloxidase do café. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.59, n.4, p.695-700, out./dez. 2002.

OLIVEIRA, J.C. de et al. Atividade enzimática da polifenoloxidase, peroxidase e catalase em grãos de Coffea arabica L. e relações com a qualidade da bebida. **Turrialba**, San José, v. 27, n.1, p. 75-82, out/dez. 1977.

ÖNCEL, I. et al. Role of antioxidant defense system and biochemical adaptation on stress tolerance of high mountain and steppe plants. **Acta Oecologica**, Paris, v. 26, n. 3, p. 211-218, dec. 2004.

ORGANIZATION INTERNATIONAL DEL CAFÉ. **Estúdios de investigacion de evaluacion sensorial sobre la calidad del café cultivado em la region de Patricinio em el Estado de Minas Gerais em Brasil**. Londres, 1991. 28 p. (Report de Evaluacion Sensorial).

PEREIRA, R. G. F. A. **Efeito da inclusão de grãos defeituosos na composição química e qualidade do café (*Coffea arábica* L.) "estritamente mole".** 1997. 96 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.

PIMENTA, C.J.; COSTA, L.; CHAGAS, S.J.R. Peso, acidez, sólidos solúveis, açúcares e compostos fenólicos em café (*Coffea arabica* L.), colhidos em diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.1, p.23-30, 2000. Edição especial.

PINTO, N. A. V. D.; FERNANDES, S. M.; PIRES, T. C.; PEREIRA, R. G. F. A.; CARVALHO, V. D. de. Avaliação dos polifenóis e açúcares em padrões de bebida do café torrado tipo expresso. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.7, n. 3, p.193-195, set/dez. 2001.

PINTO, N. A. V. D. **Avaliação química e sensorial de diferentes padrões de bebida do café arábica cru e torrado**. 2002. 92f. Dissertação (Tese de Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

PINTO, N. A.V.D.; PEREIRA, R. G.F.A.; THÉ, P. M. P. Avaliação enzimática, quantificação e integridade de compostos da parede celular em grãos de café cru. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL; WORSHOP INTERNACIONAL DE CAFÉ & SAÚDE, 3., 2003, Porto Seguro. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2003. p. 160.

PIRES, Mônica de Moura et al. Impactos do crescimento do consumo de cafés especiais na competitividade inter-regional da atividade cafeeira. **Rev. Econ. Sociol. Rural** [online]. 2003, v.41, n.3, p.53-71. ISSN 0103-2003. Disponível em:<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-20032003000300003.> Acesso em: 24 jan. 17

PRETE, C.E.C. **Condutividade elétrica do exsudato de grãos de café** (*Coffea arabica* L.) **e sua relação com a qualidade da bebida.** 1992. 125f. Tese(Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" , Universidade de São Paulo, Piracicaba,1992.

RIBEIRO, B. B. **Perfil sensorial de cafés de cultivares em relação às faces de exposição das plantas e processamentos pós-colheita.** 2014. 81f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, 2014

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

SHANKARANARAYANA, M. L. et al. Complex nature of coffe aroma. **Indian Coffe**, bangalore, v.38, n.4, p.84-92, apr. 1974.

SILVEIRA, H, R, O,; SOUZA, K, R, D,; SILVA, D, M. Variação sazonal do metabolismo de carboidratos em café arábica em três altitudes. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 9., 2015, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 2015.

SIQUEIRA, H, H ; ABREU, C, M, P . Composição físico-química e qualidade do café submetido a dois tipos de torração e com diferentes formas de processamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n 1, p.113-116, jan/fev. 2006.

SOLARES, P. F. et al. Influência de la variedade y la altitude en las características organolépticas y físicas del café. In: SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE CAFICULTURA, 19., 2000, Costa Rica. **Resumo...** Costa Rica: [s.n.], 2000. p. 493-499.

SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA. Protocolo para análise sensorial de café metodologia : SCAA cupping portocols. **V Portuguese Revista**, dec. 2008.

SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA. **Metodologia SCAA de avaliação de cafés especiais** : guia rápido green coffee. 2009. Disponível em: http://www.scaa.orgSCAA/CuppingProtocols/QuickGuidebyEnseiNeto_Portuguese/RevMar09. < />. Acesso em: 12 maio. 2016.

TEIXEIRA, A. A. Classificação do café. In: ENCONTRO SOBRE PRODUÇÃO DE CAFÉ COM QUALIDADE , 1999, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 1999. 259p.

VAZQUEZ, ES; SEGADE, SR; FERNANDEZ, IO Efeito da técnica de vinificação sobre a composição fenólica e características cromáticas em vinhos tintos jovens. **Europeu de Investigação e Tecnologia de Alimentos**v. 231, n. 5, p. 789-802, jul. 2010.

ZHU, J. T. et al. Ecophysiological adaptation of Calligonum roborovskii to decreasing soil water content along an altitudinal gradient in the Kunlun Mountains, Central Asia. Russian **Journal of Plant Physiology**, New York, v. 57, n. 6, p. 826-832, nov. 2010.

CAPÍTULO 2

ARTIGO 1:

RELAÇÃO ENTRE O PROCESSAMENTO DE PÓS-COLHEITA E ATRIBUTOS QUÍMICOS E SENSORIAIS DE CAFÉS DE TRÊS LOCAIS DE MINAS GERAIS

João Paulo Marques; Adriano Bortolotti da Silva; Tiago Teruel Rezende; Virgílio Anastácio da Silva

RESUMO: A qualidade do café é influenciada pelas condições climáticas do local de cultivo e principalmente do método de processamento dos grãos, conferindo características distintas ao produto final. Objetivou-se avaliar a relação entre o processamento de pós-colheita e os atributos químicos e sensoriais de cafés de três locais de Minas Gerais. Nas avaliações foram utilizadas amostras obtidas na Cooperativa Regional de Cafeicultores de Guaxupé. Em cada região foram obtidas seis amostras de café, sendo três amostras de café natural e três de café descascado totalizando 18 amostras ao todo. Cada amostra foi padronizada de forma a conter cafés de peneira 16 e acima. Procedeu-se às análises químicas e sensoriais de acordo com a metodologia de avaliação para cafés especiais. Ajustados os modelos, realizou-se à análise de variância multivariada e para os fatores em que os vetores de média tiveram diferença foi realizada a análise discriminante canônica generalizada. Os cafés das diferentes regiões apresentaram características próprias, que lhes são conferidas de acordo com o tipo de processamento a que os grãos são submetidos no período de pós-colheita. As amostras de cafés descascados estudados das três regiões, apresentaram maiores notas para os atributos sensoriais, em relação às amostras de cafés naturais. A análise química do café apoia, entretanto não substitui a análise sensorial visando a classificação da qualidade de bebida do café.

Termos para indexação: qualidade de bebida, processamento pós-colheita, cafés especiais

RELATIONSHIP BETWEEN POST-HARVEST PROCESSING AND CHEMICAL AND SENSORY ATTRIBUTES OF COFFEES FROM THREE LOCATIONS IN MINAS GERAIS

João Paulo Marques; Adriano Bortolotti da Silva; Tiago Teruel Rezende; Virgílio Anastácio da Silva

ABSTRACT: The quality of the coffee is influenced by the climatic conditions of the place of cultivation and mainly of the method of processing the grains, conferring different characteristics to the final product. The objective was to evaluate the relationship between the post-harvest processing and the chemical and sensorial attributes of coffee from three locations in Minas Gerais. In the evaluations, samples obtained from the Guaxupé Coffee Growers Cooperative were used, in each region six coffee samples were obtained, three samples of natural coffee and three samples of peeled coffee totaling 18 samples in total. Each sample was standardized to contain sieve coffees 16 and above. The chemical and sensorial analyzes were carried out according to the evaluation method for special coffees. Adjusted the models, the multivariate analysis of variance was performed and for the factors in which the mean vectors had difference, generalized canonical discriminant analysis was performed. The coffees of the different regions presented their own characteristics, which are conferred according to the type of processing to which the grains are submitted in the post-harvest period. The samples of peeled coffees from the three regions studied presented higher scores for the sensorial attributes, compared to samples of natural coffees. The chemical analysis of coffee supports, however does not replace the sensorial analysis aiming at the classification of coffee beverage quality.

Index terms: beverage quality, post-harvest processing, specialty coffees

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café, sendo que, para se manter neste mercado competitivo, é importante que o café brasileiro apresente características peculiares de sabor e aroma, visando atender aos diversos mercados. As condições de produção, bem como as operações pós-colheita, como a seleção de frutos, processamento, secagem e as condições de armazenamento podem influenciar na qualidade dos grãos de café (CLEMENTE et al., 2015).

As condições climáticas do local em que a lavoura é implantada, principalmente a temperatura e o regime hídrico, são determinantes para o bom desempenho do cafeeiro. Caso as temperaturas, durante a formação dos frutos, sejam muito elevadas, ocorre redução dos ciclos entre as floradas e a maturação dos mesmos, especialmente na fase final do ciclo (ORTOLANI et al., 2000).

O cafeeiro arábica é afetado, nos seus diversos estádios fenológicos, pelas condições meteorológicas, em especial pela disponibilidade hídrica, que constitui o principal fator que afeta sua produtividade biológica e econômica. Além desse tipo de condicionamento, o clima interfere na bienalidade produtiva, na qualidade do produto e na sustentabilidade da planta. (PICINI et al., 1999).

Para a obtenção de cafés de qualidade, diversos fatores são importantes, como a composição química do grão, influenciada pelos fatores genéticos e ambientais. Já o processamento e a conservação dos grãos, sofrem interferência da ação do teor de água e da temperatura, podendo provocar infecções microbianas indesejáveis e a fermentação dos grãos. A torração e o preparo da bebida, possui a capacidade de modificar a constituição química do grão e que resultam no sabor e aroma percebidos no momento da degustação (BORÉM, 2008).

No Brasil, as principais regiões produtoras de café arábica são o Sul de Minas, Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, localizadas no estado de Minas Gerais, as quais vêm implantando o selo de denominação de origem, tendo como objetivo agregar valor ao produto, atestando a qualidade e a conformidade com as exigências do mercado. Entretanto poucos estudos diferenciam a qualidade da bebida do café em cada uma das regiões produtoras.

As formas de processamento pós-colheita do café existentes atualmente são realizadas pelo método via seca e via úmida. No processamento via seca os frutos são submetidos à secagem intactos, sem a remoção do exocarpo. No processamento via úmida

pode-se produzir: os cafés descascados, decorrentes da remoção mecânica da casca e, parcialmente, da mucilagem do fruto; os cafés despolpados, originados de frutos descascados mecanicamente com a mucilagem restante removida por fermentação; e os cafés desmucilados, decorrentes da remoção mecânica da casca e da mucilagem (BORÉM et al., 2008).

O tipo de processamento dos grãos pode alterar a composição do café cru, além das características sensoriais. As alterações na qualidade do café no período de pós-colheita constituem fenômenos pouco conhecidos que podem interferir negativamente na qualidade dos grãos, resultando na queda da qualidade de bebida e no desempenho fisiológico das sementes (TAVEIRA, 2012). Na cafeicultura, a adoção das tecnologias de pós-colheita possui importância fundamental para garantir maior eficiência no uso dos recursos, elevar a qualidade do produto e, consequentemente, aumentar os preços recebidos pelos produtores e a renda gerada pela cultura (PEREIRA et al., 2010). Este estudo teve por objetivo avaliar a relação entre o processamento de pós-colheita e os atributos químicos e sensoriais de cafés de três locais de Minas Gerais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado com amostras de café (*Coffea arabica* L.) provenientes de três regiões cafeeiras de Minas Gerais: Sul de Minas, Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. As amostras foram obtidas junto a Cooperativa Regional de Cafeicultores em Guaxupé – Cooxupé pertencentes a safras do ano agrícola 2015-2016.

Em cada região foram obtidas 6 amostras de café, sendo três amostras de café natural e três de café descascado totalizando 18 amostras. Cada amostra foi padronizada de forma a conter cafés de peneira 16 e acima.

As amostras foram submetidas à análise química, sendo realizada em duplicada. As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Qualidade de Café "Dr. Alcides Carvalho" localizado na Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig) na cidade de Lavras.

Foram analisadas as seguintes variáveis: lixiviação de potássio (LK); potencial hidrogeniônio (pH), sólidos solúveis (SS), acidez titulável total (ATT), polifenoxidase (PFO), condutividade elétrica (CE), açúcares totais (AT), açúcares redutores (AR) e açúcares não redutores (ANR).

A condutividade elétrica (CE) foi determinada pelo método adaptado de (LOEFFLER et al. 1988) e a lixiviação de potássio (LK) (ppm.g-^{1} de amostra), com tempo de embebição das amostras de 5 horas, (PRETE, 1992). A acidez Total Titlável (ATT) foi realizada de acordo com a metodologia proposta pela (AOAC, 1990) adaptada para o café por (CARVALHO et al. 1994). Os sólidos solúveis (SS) foram determinados em refratômetro de bancada, conforme normas da (AOAC, 1990). Os valores de potencial hidrogeniônico (pH) foram determinados em peagâmetro de bancada de acordo com (AOAC, 1990). Os açúcares totais (AT), redutores (AR) e não redutores (ANR) foram extraídos pelo método de Lane-Enyon, citado pela AOAC (1990) e determinada pela técnica de Somogy adaptada por (Nelson, 1944). Já a atividade enzimática da polifenoloxidase (PFO) (u.min-^{1}.g-^{1} de amostra) foi determinada pelo Método adaptado por (CARVALHO et al. 1994).

As análises sensoriais foram realizadas por 3 provadores, utilizando a metodologia descrita pela Associação Americana de Cafés Especiais (SCAA, 2008). As amostras foram pesadas e em seguida moídas. Foram avaliados nove atributos pelos provadores em uma escala de dez pontos de acordo com a metodologia SCAA. Em cada avaliação foram provadas cinco xícaras de café de cada amostra. Foram avaliados os atributos: fragrância (FRA),

ausência de defeitos (AUS), doçura (DOR), sabor (SAB), acidez (ACI), corpo (COR), finalização (FIN), equilíbrio (QUE) e pontuação final (PTO).

Aos dados das variáveis da análise química foi ajustado o seguinte modelo multivariado:

$$y_{ijkr} = \mu_r + l_{jr} + p_{i(j)r} + \varepsilon_{ijkr}$$

y_{ijr}: valor observado da r-ésima variável sob efeito da j-ésima região, do j-ésimo processamento e k-ésimo amostra.

μ_r: média geral da r-ésima variável.

l_{jr}: efeito da j-ésima região na r-ésima variável.

$p_{i(j)r}$: efeito do i-ésimo processamento pós-colheita dentro da j-ésima região na r-ésima variável.

ε_{ijkr}: efeito aleatório associado à observação y_{ijkr}.

Aos dados das variáveis da análise sensorial foi ajustado o seguinte modelo multivariado:

$$y_{mjikr} = \mu_r + d_{mr} + l_{jr} + p_{i(j)r} + \varepsilon_{mjikr}$$

y_{mjir}: valor observado da r-ésima variável sob efeito da j-ésima região, do j-ésimo processamento e k-ésimo amostra.

μ_r: média geral da r-ésima variável.

d_{mr}: efeito do m-ésimo provador na r-ésima variável.

l_{jr}: efeito da j-ésima região na r-ésima variável.

$p_{i(j)r}$: efeito do i-ésimo processamento pós-colheita dentro da j-ésima região.

ε_{mjikr}: efeito aleatório associado à observação y_{mjikr}.

Após o ajuste dos modelos, as variáveis foram submetidas à análise de variância multivariada, com o objetivo de testar a hipótese de igualdade dos vetores de médias das variáveis para os fatores região e processamento pós-colheita.

Para os fatores em que os vetores de média tiveram diferença, foi realizada a análise discriminante canônica generalizada, com base nas variáveis da análise química e da análise sensorial, para verificar o grau de discriminação das amostras de café e identificar quais das variáveis teriam maior peso nessa discriminação. Em seguida, obtiveram-se os coeficientes padronizados das variáveis, que indicam a contribuição de cada variável nas funções geradas. Com os escores obtidos, a partir das duas primeiras funções discriminantes, foi montado

gráficos para melhor visualização do padrão de discriminação das amostras estudadas. Todos os procedimentos foram realizados por meio do software R (R CORE TEAM, 2017).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise de Variância Multivariada

Houve efeito significativo para o processamento dentro de região (Regi/Proc) (Tabela 1). Dessa forma, a hipótese de igualdade dos vetores de efeitos processamento dentro de região foi rejeitada (valor-p < 0,001), indicando que existe diferença em pelo menos um par de vetor de médias das variáveis da análise sensorial do café. Já para os vetores Provador (Prov) e Região (Regi) não houve efeito significativo.

Tabela 1. Resumo da análise de variância multivariada com o critério raiz máxima de Roy para testar a hipótese de igualdade dos vetores de efeito de: provador (Prov) e região (Regi), processamento dentro de Região (Regi/Proc), nos vetores de médias das variáveis da análise sensorial das amostras de café.

	Df	Roy	approx F	num Df	den Df	Pr(>F)
Prov	2	0,3479	1,507	9	39	0,1796
Regi	2	0,4696	2,035	9	39	0,06108
Regi/Proc	3	0,7744	3,442	9	40	0,003191
Resíduos	46					

Para a análise de variância multivariada para as variáveis relacionadas à análise química das amostras de café (tabela 2), observa-se que houve efeito significativo somente para o vetor processamento dentro de região. Dessa forma, pode-se afirmar que estes fatores possuem diferentes efeitos nos atributos da análise sensorial e química.

Tabela 2 Resumo da análise de variância multivariada com o critério raiz máxima de Roy para testar a hipótese de igualdade dos vetores de efeito de: região (Regi) e processamento dentro de região (Regi/Proc), nos vetores de médias das variáveis da análise química das amostras de café.

	Df	Roy	approx F	num Df	den Df	Pr(>F)
Regi	2	8,509	4,727	9	5	0,05095
Regi/Proc	3	31,34	20,9	9	6	0,0007301
Resíduos	12					

Com o objetivo de identificar onde se encontram as diferenças desses fatores nos atributos e para quais atributos sensoriais são mais importantes para essas diferenças, foi realizada a análise discriminante canônica generalizada (ADCg).

Para se detalhar melhor a variação existente entre as amostras das diferentes locais e de tipos de processamento de pós-colheita, se faz necessário o entendimento do comportamento de cada uma dessas características sensoriais e químicas, à fim de se determinar quais dessas características mais contribuem para a variância observada entre as amostras. Uma estratégia que permite esse entendimento é o emprego da análise discriminante canônica generalizada, que é uma técnica da estatística multivariada que permite a redução da dimensionalidade de dados, procurando obter combinações lineares dessas características de tal forma que a correlação entre essas variáveis seja nula (KHATTREE; NAIK, 2000) e que consiga explicar grande parte da variabilidade dos dados. Dessa forma, é possível compreender o efeito simultâneo das várias características originais, ou seja, entender o comportamento dessas características em conjunto e assim, reconhecer padrões de comportamentos que são dificilmente identificados quando se analisa essas características de forma isolada.

A fim de entender melhor o comportamento dessas variáveis relacionadas a análise sensorial e química que apresentaram variabilidade entre as amostras de café oriundas de diferentes regiões e processamento na pós-colheita, serão apresentados os resultados para o processamento dentro de cada região, tanto para as características sensoriais, quanto para as químicas.

Análise sensorial

O resultado da análise discriminante canônica generalizada para o processamento dentro de região é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Funções discriminantes estimadas a partir das características sensoriais da bebida do café para o fator processamento dentro de região e respectivo teste de Lambda de Wilks para as três funções.

Função discriminante	cor.can.quad	Autovalores	Porcentagem	Cumulativo
1	0,4364	0,7744	55,9	55,9
2	0,3207	0,4721	34,08	89,97
3	0,1219	0,1389	10,03	100

Observa-se que a primeira função discriminante canônica apresenta 55,9% da variabilidade entre as médias dos tipos de processamento nos diferentes locais, e a segunda apresenta 34,08% (Tabela 3). Considerando as duas primeiras funções, essas explicam 89,97% da variabilidade entre as médias das amostras.

Na Figura 1 é apresentado o gráfico de ordenamento da análise discriminante canônica generalizada entre as médias das amostras de café de diferentes regiões e processamento na pós-colheita e os vetores correspondentes aos atributos sensoriais.

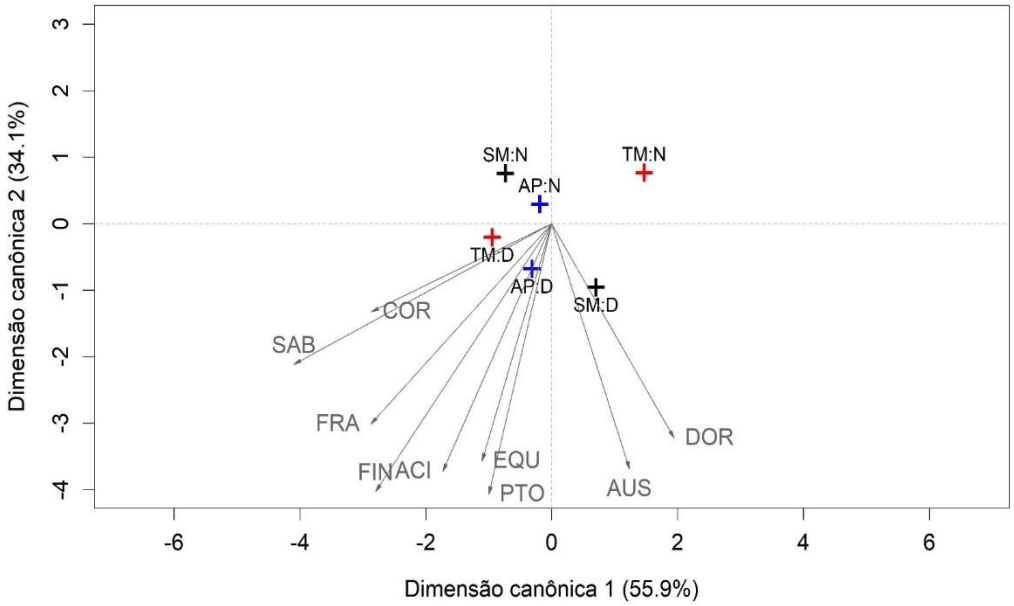

Figura 1. Gráfico de ordenamento da análise discriminante canônica generalizada entre as médias das amostras de café de diferentes regiões e processamento na pós-colheita (SM:N – Sul de Minas Natural; SM:D – Sul de Minas Descascado; AP:N – Alto Paranaíba Natural; AP:D – Alto Paranaíba Descascado; TM:N – Triângulo Mineiro Natural; TM:D – Triângulo Mineiro Descascado) e os vetores correspondentes aos atributos sensoriais.

Observa-se na Figura 1 que dentre os nove atributos da análise sensorial, o sabor (SAB), o corpo (COR), fragrância (FRA) e finalização (FIN) foram os mais importantes e responsáveis por discriminar, ou seja, distinguir entre os seis grupos de médias dos processamentos dentro de cada região (Tabela 4). Já na dimensão canônica 2, a pontuação final (PTO), finalização (FIN) e ausência de defeitos (AUS) foram as mais importantes e responsáveis por discriminar os grupos de médias no sentido dessa dimensão canônica (Tabela 4). Os cafés descascados do Alto do Paraíba (AP:D), do Triângulo Mineiro (TM:D) e do Sul de Minas (SM:D) apresentaram maiores valores para os nove atributos da análise sensorial. Já o café natural do Sul de Minas (SM:N), Alto Paranaíba (AP:N) e Triângulo Mineiro (TM:N) apresentaram tendência dos menores valores paras os atributos analisados. De maneira geral, os cafés descascados da região TM, AP e SM, apresentaram notas maiores para os atributos que contribuem de forma positiva na qualidade do café (SAB, COR, FRA, FIN, EQU, PTO, AUS, DOR) (Figura 1).

Tabela 4. Coeficientes padronizados dos atributos fragrância (FRA), ausência de defeito (AUS), doçura (DOR), sabor (SAB), acidez (ACI), corpo (COR), finalização (FIN), equilíbrio (EQU) e pontuação final (PTO) para a primeira e segunda dimensão canônica discriminante para processamento dentro de região.

Variáveis	Dimensão canônica 1	Dimensão canônica 2
FRA	**-0,4630**	-0,4854
AUS	0,1992	**-0,5945**
DOR	0,3131	-0,5193
SAB	**-0,6599**	-0,3405
ACI	-0,2788	-0,6
COR	**-0,4613**	-0,2134
FIN	**-0,4506**	**-0,649**
EQU	-0,1787	-0,575
PTO	-0,1608	**-0,6553**

Na Figura 1, o grupo de média correspondente as amostras do Sul de Minas descascado (SM:D) apresentou notas maiores para os atributos DOR e AUS comparando-se com as demais amostras de cafés descascados. Dentre as amostras dos cafés naturais, observa-se um destaque para as amostras do Alto Paranaíba natural (AP:N) e Sul de Minas natural (SM:N), as quais apresentaram notas maiores para os atributos SAB, COR e FRA, enquanto que as amostras do Triângulo Mineiro natural (TM:N) tiveram maiores notas para DOR e AUS.

O descascamento do café cereja permite a produção de cafés com baixa acidez, sabor adocicado e aroma intenso que atribuem ao café submetido a este preparo um grande potencial de mercado (OLIVEIRA et al., 2005). Estes resultados estão de acordo com os do presente estudo, principalmente no que se refere à qualidade de bebida do café descascado, o que foi observado em todas as regiões (AP:D; TM:D e SM:D), os quais demostraram maior doçura (DOR) e ausência de defeitos (AUS) (Figura 1).

As formas de processamento pós-colheita do café podem interferir diretamente na qualidade final do produto. O café natural é o que está mais susceptível à ocorrência de fermentações indesejadas. O processamento dos frutos do cafeeiro, além de possibilitar a obtenção de um produto com maior valor no mercado, propicia outras vantagens. Em regiões com alta umidade durante o período de colheita e processamento do café, a remoção de parte da mucilagem que ocorre no descascamento reduz o risco da ocorrência de fermentações que comprometem a qualidade da bebida do café (MORELI et al., 2015).

Levando em consideração as duas dimensões canônicas, observa-se que houve a formação de dois grupos, um formado pelas amostras do SM:N, AP:N e TM:N e um segundo grupo formado pelas amostras do TM:D, SM:D e AP:D. Isso demonstra que as diferenças nos

atributos sensoriais obtidas em cafés de uma mesma região deve-se apenas a escolha do processamento de pós-colheita e as condições climáticas/ambientais características de cada região.

Análise química

Na Tabela 5 encontra-se o resultado da análise discriminante canônica generalizada a partir das características químicas. Observa-se que a primeira função discriminante canônica apresenta 84,83% da variação entre as médias dos processamentos dentro de região, e a segunda apresenta 13,63% (Tabela 5). Considerando as duas primeiras funções, essas conseguem explicar 98,46% da variância entre os grupos, sendo essas significativas (valor-p <0,001).

Tabela 5. Funções discriminantes estimadas a partir das características químicas dos grãos de café para o fator processamento dentro de região e respectivo teste de Lambda de Wilks para as três funções.

Função_Discriminante	cor.can.quad	Autovalores	Porcentagem	Cumulativo
1	0,9691	31,34	84,83	84,83
2	0,8343	5,037	13,63	98,46
3	0,3632	0,5704	1,544	100

Observa-se na Figura 2 que as variáveis PFO, LK, ATT e CE foram as responsáveis por discriminar os grupos de médias na dimensão canônica 1(horizontal). Já na dimensão canônica 2 as variáveis SS, AT e AR foram os mais importantes e responsáveis por discriminar os grupos de médias no sentido dessa dimensão canônica 2 (na vertical) (Tabela 6).

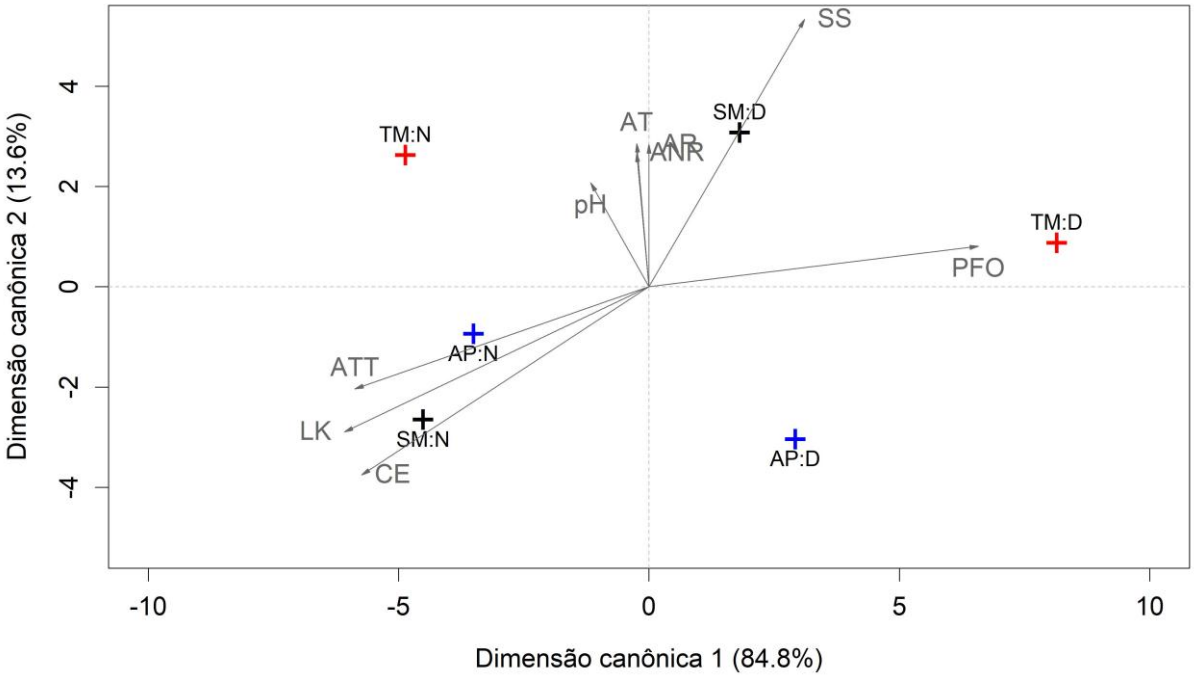

Figura 2. Gráfico de ordenamento da análise discriminante canônica generalizada entre as médias das amostras de café de diferentes regiões e processamento na pós-colheita (SM:N – Sul de Minas Natural; SM:D – Sul de Minas Descascado; AP:N – Alto Paranaíba Natural; AP:D – Alto Paranaíba Descascado; TM:N – Triângulo Mineiro Natural; TM:D – Triângulo Mineiro Descascado) e os vetores correspondentes às variáveis químicas.

Tabela 6. Coeficientes padronizados das características (LK), (pH), (SS), (ATT), (PFO), (CE), (AT), (AR) e (ANR) para a primeira e segunda dimensão canônica discriminante para processamento dentro de região.

Variáveis	Dimensão canônica 1	Dimensão canônica 2
LK	**-0,7807**	-0,3715
pH	-0,1494	0,2662
SS	0,3988	**0,6845**
ATT	**-0,7539**	-0,2611
PFO	**0,8441**	0,1036
CE	**-0,7363**	-0,4818
AT	-0,03134	**0,3663**
AR	-0,0001777	**0,3637**
ANR	-0,0314	0,342

Dentre as características da análise química estudadas, observa-se que a condutividade elétrica (CE), a lixiviação de potássio (LK) e acidez titulável total (ATT) foram responsáveis por diferenciar as amostras dos cafés naturais (SM:N, e AP:N) das amostras dos cafés descascados (TM:D e SM:D). Enquanto que os cafés descascados (SM:D e TM:D)

apresentaram os maiores valores de sólidos solúveis (SS) e atividade polifenoxidase (PFO) sendo estes desejáveis, tanto do ponto de vista do rendimento industrial como da contribuição para assegurar corpo a bebida, além de indicar menor degradação da parede celular dos grãos. Nota-se, também, que os cafés naturais do TM:N apresentaram valores maiores de potencial hidrogênionico (pH) enquanto que os cafés descascados do Alto Paranaíba (AP:D) apresentaram os menores valores dessa variável.

Com base na análise discriminante canônica generalizada para as variáveis das características químicas dos grãos observa-se uma diferença dos cafés naturais com os cafés descascados. O método de processamento dos grãos confere características distintas tanto nos atributos sensoriais, quanto nas características químicas.

O processamento do café afeta sua composição química (BYTOF et al., 2005; BORÉM, 2008), expressando características diversas na qualidade. Determinados autores notaram que maiores teores de açúcares totais e redutores foram indicadores de melhor qualidade de bebida do café, o que foi observado nos cafés descascados do Sul de Minas (SM:D) (Figura 2) e refletiram em maior doçura e ausência de defeitos durante a análise sensorial (Figura 1). Estes açúcares concedem características particulares de sabor e aroma do café torrado (BORÉM et al., 2006; CHAGAS et al., 2013),

A lixiviação de potássio e a condutividade elétrica são parâmetros que têm sido utilizados como indicadores consistentes da integridade de membranas celulares. Segundo Borém et al. (2006), o teste de condutividade elétrica tem se apresentado como indicador consistente da integridade de membranas celulares.

Oliveira et al. (2013) relataram que os maiores valores de condutividade elétrica e lixiviação de potássio, independente do tratamento de secagem, são encontrados nos cafés naturais quando comparados com os cafés despolpados. Este comportamento indica que o descascamento contribuiu para os valores de condutividade elétrica e lixiviação de potássio ser menor, com consequente manutenção das estruturas celulares e da qualidade do produto. Esta relação entre maior lixiviação de potássio e condutividade elétrica dos cafés processados de forma natural, ocorreu justamente com os cafés naturais do Sul de Minas (SM:N) e do Alto Paranaíba Natural (AP:N), enquanto que os cafés do Sul de Minas descascado (SM:D) e Triangulo Mineiro descascado (TM:D) apresentaram os menores valores.

A acidez titulável total (ATT) é considerada um importante atributo da qualidade de bebida do café, estando associada à pior qualidade dos grãos e da bebida. A presença da mucilagem pode ser responsável pelo aumento da acidez dos grãos, o que vem ressaltar na contribuição para a ocorrência de fermentações indesejáveis da mucilagem durante a

secagem, no aumento da acidez em cafés naturais. Estando de acordo com os resultados observados neste trabalho, o que pode ter contribuído para maior acidez na prova de xícara observada no café natural das regiões do Sul de Minas (SM:N) e Alto Paranaíba (AP:N) (Figura 1), levando à queda da qualidade da bebida..

Considerando a acidez total titulável um importante atributo da qualidade de bebida do café, Carvalho et al. (1994) e Franca et al. (2005), associaram maiores valores de acidez com bebidas de baixa qualidade. Maiores valores de ATT têm sido encontrados em cafés processados por via seca quando confrontados aos valores obtidos para os cafés descascados, desmucilados e despolpados (LEITE, 1991; VILLELA, 2002).

Ao observar a disposição das amostras de cafés descascados e dos naturais, observa-se que os descascados apresentaram valores maiores para AT, ANR, SS e PFO, enquanto que os naturais tiveram maiores valores para ATT, CE, LK. Através da análise sensorial verificou-se que o descascamento é um importante processo e que mantém a qualidade da bebida. A partir dos resultados químicos os cafés naturais (AP e SM) apresentaram maiores valores de ATT e a região do (TM) apresentou os maiores valores de pH, o que pode ter reduzido sua qualidade, mesmo com o aumento de características positivas como ANR e AT (Figura 2), sendo de certa maneira inferiores aos cafés descascados.

Dentre as formas de processamento, o café natural é o que está mais susceptível à ocorrência de fermentações indesejadas. A acidez e o pH são indicadores de eventuais mudanças devido a essas fermentações (LIMA FILHO, 2015).

A análise química ainda não pode substituir a análise sensorial da bebida, servindo, por enquanto como uma forma de melhorar o entendimento dos resultados da análise sensorial, entretanto, nem sempre tem se mostrado viável para explicar os resultados da análise sensorial como um todo.

Trabalhos demonstram a necessidade de completar os testes sensoriais com as avaliações químicas para se ter maior segurança na classificação dos cafés quanto à qualidade, já que essa prova é subjetiva e passível de erros (SILVA, 2009).

O tipo de processamento pode favorecer a obtenção de valores maiores dos atributos sensoriais e das características químicas na qualidade de bebida. De maneira geral, em todas as regiões estudadas, os cafés descascados apresentaram notas maiores.

4 CONCLUSÕES

Os cafés das diferentes regiões apresentam características próprias, que lhes são conferidas de acordo com o tipo de processamento a que se submente os grãos na pós-colheita. As amostras de cafés descascados das três regiões estudadas, apresentaram maiores notas para os atributos sensoriais, em relação às amostras de cafés naturais. A análise química do café apoia, entretanto, não substitui ainda a análise sensorial visando a classificação da qualidade de bebida do café.

5 REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 15.ed. Washington, 1990. 2v.

BORÉM, F. M. et al. Qualidade do café submetido a diferentes temperaturas, fluxos de ar e períodos de pré-secagem. **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 1, p. 55-63, abr./jun. 2006.

BORÉM, F. M. et al . Avaliação sensorial do café cereja descascado, armazenado sob atmosfera artificial e convencional. **Ciênc. agrotec**., Lavras , v. 32, n. 6, p. 1724-1729 dec. 2008. Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542008000600007&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 28 dez.2016.

BORÉM, F. M. Processamento do café. In: **Pós-colheita do café**. Lavras: UFLA, 2008. 631p.

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, n. 3/4, p. 245-250, mar. 2005

CARVALHO, V.D. de et al. Relação entre a composição físico-química e química do grão beneficiado e a qualidade da bebida do café. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.3, p.449-45, mar. 1994.

CHAGAS, E. N. et al. Selection of robust estimators used in analysis of sensory characteristics and identification of environments conducive to specialty coffee production. **Advanced Crop Science**, Sidney, v.3, n.8, p. 515-524, 2013.

CLEMENTE, A.C.S. et al. Operações de pós-colheita e qualidade físico-química e sensorial de cafés. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 2, p 233-241, abr./jun. 2015.

FRANCA, A. S. et al. Physical and chemical attributes of detective crude and roasted coffee beans. **Food Chemistry**, Oxford, v. 90, n. 1/2, p. 89-94, mar./apr. 2005.

ILLY, A.; VIANI, R. **Espresso coffee** : the chemistry of quality. London: Academic, 1995. 253 p.

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION. **News from the executive director**. Disponível em: http://www.ico.org/index.asp . Acesso em: 12 abr. 2016

KHATTREE, R. ; NAIK, D.N. Multivariate data reduction and discrimination with SAS software. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc., 2000. 558 p.

LEITE, I. P. **Influência do local de cultivo e do tipo de colheita nas características físicas, composição química do grão e qualidade do café (*Coffea arabica l.*).** 1991. 131 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1991.

LIMA FILHO, T. et al. Características físico-químicas de bebidas de café tipo expresso preparadas a partir de *blends* de café arábica e conilon. **Rev. Ceres [online],** v.62, n.4, pp.333-339, 2015. ISSN 0034-737X. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1590/0034-737X201562040001 Acesso em: 15 out. 2017

LOEFFLER, T.M.; TEKRONY,D.M.; EGLI, D.B. The bulk conductivity test as an indicator of soybean quality. **Journal of Seed Technology**, Lansing, v.12, n.1, p.37-53, 1988.

MORELI, A. P. et al. Eficiência de uso da água no processamento dos frutos de café. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 9., 2015, Cutitiba. **Anais...** Curitiba, 2015.

NELSON, N. A photometric adaptation of Somogy method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemists**, Baltmore, v.153, n.1, p.375-384, fev.1944.

OLIVEIRA, M. D. M.; et al.; Investimentos e rentabilidade na produção de café especial um estudo de caso. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 35, n.9. p.17-25, set.2005.

OLIVEIRA, P.D. et al. Aspéctos Fisiologícos de Grãos de Café, Processados e Secados de Diferentes Métodos, Associados a Qualidade Sensorial. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 211-220, abr./jun. 2013.

ORTOLANI, A.A. et al. Clima e qualidade natural de bebida do café arábica no Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO DA PESQUISA DE CAFÉS DO BRASIL, 2000, Poços de Caldas. **Resumos expandidos...** Brasília: Embrapa Café, 2000. v.1, p. 662-664.

PEREIRA, M. W. G.; TEIXEIRA, E. C. ; LIMA, J. E. de. Adoção sequencial de tecnologia pós-colheita aplicada à cafeicultura em Viçosa (MG). **Rev. Econ. Sociol. Rural** [online], vol.48, n.2, p.381-404, 2010. Disponível em:<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-20032010000200006.> Acesso em: 24 jan. 2016

PICINI, A. G. et al. Desenvolvimento e teste de modelos agrometeorológicos para a estimativa de produtividade do cafeeiro. **Bragantia** [online]. v.58, n.1, p.157-170, 1999. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87051999000100015> Acesso 21 abr. 2017.

PRETE, C.E.C. **Condutividade elétrica do exsudato de grãos de café (Coffea arabica L.) e sua relação com a qualidade da bebida.** 1992. 125f. Tese (Doutorado em Fitotecnia)- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1992.

R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing** : R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria, 2017. Disponível em: < https://www.r-project.org/.> Acesso em 21 abr.2017.

SILVA, M. C. da et al. Caracterização química e sensorial de cafés da chapada de minas, visando determinar a qualidade final do café de alguns municípios produtores. **Ciênc. agrotec. [online]**, v.33, p..1782-1787, 2009. Edição especial Disponível em: http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542009000700014. Acesso 21 abr. 2017.

SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA. Protocolo para análise sensorial de café metodologia : SCAA cupping portocols. **V Portuguese Revista**, dec. 2008.

TAVEIRA, J. H. da S. et al. Perfis proteicos e desempenho fisiológico de sementes de café submetidas a diferentes métodos de processamento e secagem. **Pesq. agropec. bras**. [online], v.47, n.10, p.1511-1517, 2012. Disponível em:<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2012001000014.> Acesso em: 24 jan. 2016

VILLELA, T. C. **Qualidade de café despolpado, desmucilado, descascado e natural, durante o processo de secagem.** 2002. 66 f. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.