

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Lucas Louzada Pereira

**NOVAS ABORDAGENS PARA PRODUÇÃO DE CAFÉS ESPECIAIS A PARTIR DO
PROCESSAMENTO VIA-ÚMIDA**

Porto Alegre - RS

2017

LUCAS LOUZADA PEREIRA

**NOVAS ABORDAGENS PARA PRODUÇÃO DE CAFÉS ESPECIAIS A PARTIR DO
PROCESSAMENTO VIA-ÚMIDA**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito à obtenção do título de Doutor em Engenharia, na área de concentração em Sistemas de Produção.

Orientador: Professora Orientadora, D.Sc Carla Schwengber ten Caten.

Porto Alegre - RS

2017

CIP - Catalogação na Publicação

Pereira, Lucas Louzada

Novas abordagens para produção de cafés especiais a partir do processamento via-úmida / Lucas Louzada Pereira. -- 2017.

200 f.

Orientadora: Carla Schwengber ten Caten.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Porto Alegre, BR-RS, 2017.

1. Café arábica. 2. Processamento via-úmida. 3. Fermentações espontâneas e induzidas. 4. Cromatografia gasosa. 5. Análise sensorial. I. Schwengber ten Caten, Carla, orient. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

LUCAS LOUZADA PEREIRA

**NOVAS ABORDAGENS PARA PRODUÇÃO DE CAFÉS ESPECIAIS A PARTIR DO
PROCESSAMENTO VIA-ÚMIDA**

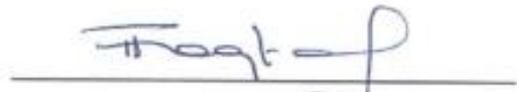
Esta tese foi julgada adequada para a obtenção do título de Doutor em Engenharia e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora *Designada* pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.



Professora. Carla Schwengber ten Caten. Dra.
Orientadora PPGEP/UFRGS



Pesquisador. Rogério Carvalho Guarçoni. Dr.
CRDR – INCAPER



Flávio Sanson Fogliatto Dr.
Coordenador PPGEP/UFRGS

Banca Examinadora

Prof. Marcelo Nogueira Cortimiglia. Dr. (PPGEP/UFRGS)

Professora. Maria Beatriz Berti da Cósta. Dra (PPGEP/UFRGS)

Professora. Patrícia Fontes Pinheiro. Dra. (CCENS-UFES)

Porto Alegre - RS

2017

A todos os produtores de café que me acompanham nestes 12 anos de profissão, bem como os meus alunos, que estes resultados tragam novas perspectivas para vocês.

AGRADECIMENTOS

Se fosse enumerar e citar todas as pessoas especiais que contribuíram para minha formação, certamente, faltariam-me linhas e palavras. Primeiramente, a Deus pelo dom da vida, se sou o que sou, a natureza divina me concebeu e me conduziu até este momento.

Meu agradecimento especial à minha orientadora, Dra. Carla Schwengber ten Caten, por todo carinho e encorajamento ao longo do doutorado, a academia precisa de mais pessoas como a Senhora! Obrigado pela liberdade para criar e desenvolver esta tese.

Aos professores do programa de doutorado em Engenharia de Produção, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Prof. José Luiz Duarte Ribeiro, Prof. Michel Anzanello, Profa. Márcia Echeveste, Profa. Carla Schwengber ten Caten, Prof. Francisco Kliemann Neto, Prof. Marcelo Cortimiglia, Profa. Lia Buarque Guimarães, Prof. Tarcísio Saurin, Prof. Flávio Fogliatto, meu muito obrigado por todos os ensinamentos.

Amigos de doutorado, agradeço pela convivência, em especial, ao amigo e hoje um irmão, prof. Igor Carlos Pulini, companheiro de longas horas de conversas, ajudas e conselhos.

Meus agradecimentos ao Instituto Federal do Espírito Santo, campi de Cariacica e Venda Nova do Imigrante, por todo suporte para empreender os estudos e pesquisas. A liberdade e confiança que me foi dada fez toda diferença nestes resultados.

Em especial, ao Dr. Wilton Soares Cardoso, você é um grande amigo, obrigado por toda provocação científica, pelas inquietações e encorajamento, você é uma mente brilhante! E ao profeta, Edson Krettler, você é um verdadeiro amigo, meu muito obrigado.

Amigo e co-orientador Dr. Rogério Carvalho Guarçoni, quando as coisas parecem perdidas, eis que surgem os verdadeiros amigos, meu muito obrigado, jamais me esquecerei de nossas conversas e planejamentos, verdadeiramente, você é uma pessoa do bem.

As meninas e amigas da UFES, Dra. Patrícia Fontes Pinheiro e Dra. Vanessa Moreira Osório e Taís Moreira Rizzo, muito obrigado pela parceria, amizade e confiança.

Aos meus alunos, Dério Brioschi Júnior, João Paulo Pereira Marcate e Luiz Henrique Bozzi Pimenta de Sousa, vocês fizeram a diferença ao longo destes três anos de pesquisa, foram meus braços e pernas quando o cansaço não me permitia seguir em frente. Vocês certamente serão grandes cientistas, o mundo precisa de jovens com a mesma paixão e entusiasmo que vocês.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq, e todos os pesquisadores e bolsistas da chamada 17/2014. Meus sinceros agradecimentos pela ajuda e

colaboração na condução do projeto que originaram os dados para desenvolvimento de minha tese. Sinto-me honrado por ter sido o coordenador deste projeto.

Agradeço a todos os meus familiares, sobrinhos, sobrinhas e amigos, certamente tive que abdicar da companhia de muitos para chegar aonde cheguei, sei que me amam e saibam que amo vocês.

Por fim, não menos especial, mas essencial, à minha família. Meus pais, Joás Pereira e Ana Maria Louzada da Silva Pereira, obrigado pelas orientações e encorajamento, a vida não poderia ter me dado pais melhores... À minha irmã Christianne Vianna e aos meus irmãos, Wilkerson Diersmann Silva Pereira, Samuel Louzada Pereira, vocês me dão todo o suporte espiritual e familiar necessário para que eu possa caminhar. Às minhas cunhadas, Débora Diersmann Silva Pereira e Gabrielli Portella, meu saudoso e carinhoso obrigado.

À minha esposa, Marcia Roberta da Silva Louzada, o seu amor incondicional, sua confiança e motivação me fizeram ganhar o mundo, que nosso amor permaneça sólido por muitas gerações, espero vê-la plenamente realizada e amada.

Meu muito obrigado à vida, a dádiva de viver, de sorrir, chorar, acertar e errar... sonhar e acreditar que é possível realizar todos os nossos sonhos, hoje me sinto plenamente realizado. Só a educação é capaz de emancipar. Que não me falte dias para viver e empreender minhas inquietações...

“A diferença entre o possível e o impossível está na vontade humana.”

Louis Pasteur.

RESUMO

O café é a segunda bebida mais consumida no mundo, ficando atrás apenas da água; o Brasil figura como o maior produtor e exportador desta *commodity* no cenário global. Apesar de possuir uma cadeia altamente consolidada em nível global, mudanças e refinamentos tecnológicos estão em constante evolução, visando melhoria ou elevação da qualidade final da bebida, para atender a mercados cada vez mais exigentes. As interações entre os fatores edafoclimáticos, as formas de processamento, secagem, armazenagem e torrefação, implicam nos resultados sensoriais, que são desempenhados pelos Q-Graders de café, consequentemente, afetam o preço final do produto. Pesquisas recentes vêm demonstrando, que mesmo por trás de toda complexidade, que envolve a descrição da qualidade do café, é possível modificar o perfil sensorial da bebida, com controles mais precisos no processamento da matéria após a colheita. Tais indicativos estão inerentes aos processos de fermentações que ocorrem nos frutos, sendo que as fermentações podem conferir notas especiais de aroma, fragrância e acidez, bem como prejudicar a qualidade, quando não bem controlada. Com objetivo de elevação, melhoria e maior controle de processo na fase via-úmida, esta tese aplicou quatro formas de processamento por via-úmida, em seis estratos de altitude distintos, visando potencializar a qualidade final da bebida e estimar melhores métodos para cada faixa de altitude, com base nos fatores edafoclimáticos e nos fatores de ordem de processamento (fermentações espontâneas e induzidas). A qualidade final dos cafés foi mensurada por meio de resultados sensoriais, físico-químicos e cromatográficos, para que fosse possível determinar os melhores métodos de processamento por via-úmida para zonas de produção montanhosas. Além da relação do processamento, estudaram-se formas de se introduzir maior acurácia ao processo de análise sensorial, objetivando redução da subjetividade. Os resultados foram empreendidos mediante análise de variância conjunta de experimentos, para os resultados sensoriais e físico-químicos (compostos fenólicos, acidez titulável total e pH), sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey, considerando o nível de significância de 5%, e os modelos de regressão foram testados pelo teste F e os parâmetros pelo teste t. Além das análises de variância, adotou-se o método de agrupamento hierárquico com ligação completa, para as análises multivariadas. Os resultados indicam que o uso de cultura de arranque na fase de fermentação por via-úmida constitui em uma alternativa relevante para zonas menos elevadas, onde naturalmente os cafés tendem a notas sensoriais mais baixas, quando aplicados métodos tradicionais, e que as fermentações espontâneas possuem maior potencial de entrega de resultados sensoriais em faixas acima dos 900 metros de altitude. Os resultados demonstram que o processamento adotado após a colheita pode ser determinante para a formação do perfil sensorial, físico-químico e cromatográfico que o café terá, indicando que o controle de processo constitui em uma fase indispensável no pós-colheita. Tais evidências indicam que a qualidade pode ser modificada, para atender determinados nichos de mercado, visando à produção de um produto mais consistente e que dependa menos dos fatores climáticos ou do acaso.

Palavras-chave: *Café arábica, processamento via-úmida, fermentações espontâneas e induzidas, cromatografia gasosa e análise sensorial.*

ABSTRACT

Coffee is the second most consumed drink in the world, behind only water, Brazil figures as the largest producer and exporter of this commodity in the global scenario. Despite having a highly consolidated chain globally, technological and refinements changes are constantly evolving, aimed at improving or raising the final quality of the drink, to meet increasingly demanding markets. The interactions between the edaphoclimatic factors, the forms of processing, drying, storage and roasting, imply in the sensorial results, which are performed by the coffee tasters, consequently affect the final price of the product. Recent researches have shown that even behind all complexity, which involves the description of the quality of the coffee, it is possible to modify the sensorial profile of the beverage, with more precise controls in the processing of the matter, after the harvest. Such indications are inherent to the fermentation processes that occur in the fruits, and the fermentations can confer special notes of aroma, fragrance and acidity, as well as impair quality, when not well controlled. With objective of elevation, improvement and greater process control in the wet phase. This thesis applied four forms of wet processing in six distinct altitude strata, aiming at enhancing the final quality of the beverage and estimating better methods for each altitude range, based on edaphoclimatic factors, and processing order factors (spontaneous and induced fermentations). The final quality of the coffees was measured by sensorial, physico-chemical and chromatographic results, to determine the best wet processing methods for mountainous production areas. In addition to the processing relationship, we studied ways to introduce greater accuracy to the process of sensory analysis, aiming to reduce subjectivity. The results were carried out through the analysis of joint variance of experiments for the sensory and physicochemical results (phenolic compounds, total titratable acidity and pH). The averages were compared by Tukey's test, considering a significance level of 5% and the regression models were tested by the F test and the parameters by the t test. In addition to the variance analysis, the hierarchical grouping method with complete linkage was used for the multivariate analysis. The results indicate that the use of starter culture in the wet fermentation phase constitutes a relevant alternative for less elevated areas, where naturally the coffees tend to lower sensorial scores when traditional methods are applied and that spontaneous fermentations have greater potential for delivery of sensory results in bands above 900 meters altitude. The results show that the post-harvest processing can be determinant for the formation of the sensorial, physico-chemical and chromatographic profile that the coffee will have, indicating that the process control is an indispensable post-harvest phase. Such evidence indicates that quality can be modified to meet certain market niches, aiming at producing a product that is more consistent and less dependent on climatic or chance factors.

Keywords: Arabica coffee, wet processing, spontaneous and induced fermentations, gas chromatography and sensorial analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Evolução da exportação brasileira de café entre 1821 a 1900.....	32
Figura 2 –	Média do consumo doméstico de café arábica e robusta, em milhões de sacas no Brasil entre 2006 e 2016.....	35
Figura 3 –	Microrregião Sudoeste Serrana – Distritos	40
Figura 4 –	Volume de produção na microrregião Sudoeste Serrana sob o percentual dos municípios.....	41
Figura 5 –	Tandem Coffee Pulper. Uma combinação do despulpador Bon-Accord-Valencia e o repassador Bon-Accord.....	46
Figura 6 –	Amostras de café em estágio de secagem após diferentes formas de processamento via-úmida no Brasil	49
Figura 7 –	Modelo de apresentação dos diferentes tipos de processamento aplicados à experimentação	68
Figura 8 –	Processamento via-úmida para formulação dos mostos de fermentação.....	69
Figura 9 –	Relação entre o coeficiente de variação e número de Q-Graders pelo método da regressão linear de resposta a platô para característica qualidade global (A), Fragrância (B), Sabor (C) e Equilíbrio (D), * = significativo a 5%; ** = significativo a 1%, p.....	72
Figura 10 –	Relação entre o coeficiente de variação e número de Q-Graders pelo método da regressão linear de resposta a platô para característica acidez (E), Corpo (F), Doçura (G) e Finalização (H), * = significativo a 5%; ** = significativo a 1%, pelo teste F; n.....	72
Figura 11 –	Procedimento de Análise Sensorial	74
Figura 12 –	Melhores processamentos para regiões abaixo 700 a de 800 metros.....	87
Figura 13 –	Fluxograma de processamento via-úmida para regiões acima dos 900 metros de altitude.....	93
Figura 14 –	Dendrograma com 24 pontos 6 altitudes e 4 métodos	95
Figura 15 –	Contribuição das características sensoriais para a formação dos Dendrogramas	97
Figura 16 –	Média anual da incidência e duração da radiação nos pontos Experimentais	99
Figura 17 –	Dendrograma da radiação solar média entre as seis altitudes de estudo.....	99
Figura 18 –	Dendrograma com 24 pontos (6 altitudes e 4 métodos) sobre	

	os compostos voláteis observados	112
Figura 19 –	Média Geral da distribuição dos compostos voláteis do café arábica na região serrana do Espírito Santo	115
Figura 20 –	Desdobramento dos grupos formados no primeiro dendrograma dos compostos voláteis do café arábica	116
Figura 21 –	Equações de regressão dos compostos voláteis (5-Metilfurfural), (N-furfurilpirrol), (2-hidroxi-1-metilciclopenten-3-ona) em razão de seis altitudes e respectivos coeficientes de determinação R ² , para o método <i>washed</i> (fermentação com água). Significativos aos níveis de 5% e 1% de probabilidade pelos testes t e F, respectivamente.....	119
Figura 22 –	Equações de regressão dos compostos fenólicos C8, C12 e C26 em razão das seis altitudes e respectivo coeficiente de determinação R ² , para o método <i>fully-washed</i> (fermentação a seco). Significativos aos níveis de 5% e 1% de probabilidade pelos testes t e F, respectivamente	121
Figura 23 –	Equações de regressão dos compostos fenólicos C1, C7, C8, C16 e C18 em razão de seis altitudes e respectivo coeficiente de determinação R ² , para o método <i>semi-dry</i> – desmucilado. Significativos aos níveis de 5% e 1% de probabilidade pelos testes t e F, respectivamente	123
Figura 24 –	Diferentes colorações do método Semi-dry, Red Honey (esquerda), Black Honey (meio) e Yellow Honey (direita)	130
Figura 25 –	Métodos mais promissores e principais resultados por altitude, sob a perspectiva da análise sensorial.	131

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Série Histórica de Produção de café arábica e robusta de 2004 a 2014.....	34
Tabela 2 –	Média de produção e de área plantada dos municípios da microrregião Sudoeste Serrana entre 2004 e 2017	41
Tabela 3 –	Resumo das diferenças básicas entre os sistemas de fermentação na fase de processamento por via-úmida.....	47
Tabela 4 –	Os principais componentes de grãos de café verde (W / w% de peso seco).....	55
Tabela 5 –	Agrupamento dos diferentes números de degustadores e seus respectivos coeficientes de variação das características sensoriais	71
Tabela 6 –	Média da característica Fragrance/aroma avaliadas em quatro métodos e em seis altitudes, seguido dos modelos de regressão	77
Tabela 7 –	Média da característica Flavor/Sabor avaliadas em quatro métodos e em seis altitudes, seguido dos modelos de regressão.....	78
Tabela 8 –	Média da característica Aftertaste/retrogosto avaliada em quatro métodos e em seis altitudes, seguido dos modelos de regressão	79
Tabela 9 –	Médias da característica Acidity/acidez avaliada em quatro métodos e em seis altitudes, seguidas dos modelos de regressão	80
Tabela 10 –	Médias da característica Body/corpo avaliada em quatro métodos e em seis altitudes, seguidas dos modelos de regressão	81
Tabela 11 –	Médias da característica Balance/equilíbrio avaliada em quatro métodos e em seis altitudes, seguidas dos modelos de regressão	83
Tabela 12 –	Médias da característica Overall/impressão pessoal avaliada em quatro métodos e em seis altitudes, seguidas dos modelos de regressão	83
Tabela 13 –	Médias da característica global note avaliada em quatro métodos e em seis altitudes, seguidas dos modelos de regressão	84
Tabela 14 –	Formação dos grupos por altitude e métodos em relação aos atributos sensoriais.....	94
Tabela 15 –	Médias da característica físico-químicas referentes a compostos fenólicos, acidez titulável e pH, avaliadas em quatro métodos e em seis altitudes.....	102
Tabela 16 –	Coefficientes de correlação de Pearson entre as variáveis sensoriais e as	

	físico-químicas	106
Tabela 17 –	Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis físico-químicas ..	109
Tabela 18 –	Descrição dos compostos voláteis identificados nas diferentes zonas de Altitude	110
Tabela 19 –	Pontos e altitudes relativos às ligações nos dendrogramas da Figura 20.....	117

LISTA DE SIGLAS

AOAC –	Association of Official Analytical Chemists
ACG –	Ácido Clorogênico
ATT –	Acidez Titulável Total
BSCA –	Brazilian Specialty Coffee Association
CQI –	Coffee Quality Institute
CONAB –	Companhia Nacional de Abastecimento
COB –	Classificação Oficial Brasileira
IOC –	International Organization Coffee
IBGE –	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IJSN –	Instituto Jones dos Santos Neves
SCAA –	Specialty Coffee Association of América
SPME –	Solid Phase Micro Extration

SUMÁRIO

1	ABORDAGEM INICIAL SOBRE O TEMA	18
1.1	OBJETIVOS.....	21
1.1.1	Objetivo Geral	21
1.1.2	Objetivos Específicos	21
1.2	JUSTIFICATIVA.....	22
1.3	DELIMITAÇÕES DA TESE	25
1.4	ESTRUTURA DA TESE	26
1.4.1	Classificação da pesquisa	26
1.4.2	Quanto à abordagem	26
1.4.3	Quanto aos objetivos	27
1.4.4	Quanto aos procedimentos	27
2	HISTÓRIA DO CAFÉ E SUA IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E SOCIAL	28
2.1	EPISTEMOLOGIA DO CAFÉ: UMA BREVE HISTÓRIA DE SEU DESCOBRIMENTO	28
2.2	INTRODUÇÃO DO CAFÉ NO BRASIL E AS TRANSFORMAÇÕES OCORRIDAS EM QUASE TRÊS SÉCULOS DE PRODUÇÃO.....	30
2.3	O CAFÉ EM SOLO ESPÍRITO-SANTENSE	37
2.4	MICRORREGIÃO SUDOESTE SERRANA DO ESPÍRITO SANTO	39
3	FATORES DETERMINANTES NA QUALIDADE FINAL DO CAFÉ ARÁBICA	44
3.1	PROCESSAMENTO DO CAFÉ APÓS A COLHEITA	44
3.2	PROCESSAMENTO VIA-ÚMIDA.....	44
3.3	ALTITUDE E SOMBREAMENTO: INFLUÊNCIA RELATIVA SOBRE A QUALIDADE SENSORIAL DO CAFÉ	50
3.4	A AÇÃO MICROBIOLÓGICA E A FERMENTAÇÃO NO DECURSO DO PROCESSAMENTO VIA-ÚMIDA.....	52
3.5	COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO CAFÉ E SUA INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DO CAFÉ	54
3.5.1	pH e Acidez Titulável	56
3.5.2	Cafeína	57
3.5.3	Compostos fenólicos e a relação do ácido clorogênico com a qualidade	57

3.5.4	Trigonelina	59
3.6	CROMATOGRAFIA GASOSA NA ANÁLISE DE COMPOSTOS VOLÁTEIS DO CAFÉ	60
3.7	ANÁLISE SENSORIAL DO CAFÉ: UMA FERRAMENTA COMPLEXA	64
4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	66
4.1	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	66
4.1.1	Coleta dos frutos para realização dos experimentos	67
4.1.2	Matérias-primas: processamento via-úmida	67
4.2	ANÁLISE SENSORIAL VIA PROTOCOLO SCAA	70
4.2.1	Definição do número de Q-Graders	70
4.2.2	Preparação das amostras para degustação	73
4.2.3	Método de avaliação das amostras	73
4.3	PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS PARA REALIZAÇÃO DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	75
4.3.1	Análise de pH e acidez titulável	75
4.3.2	Compostos Fenólicos totais	75
4.3.3	SPME – Metodologia de Análise dos Compostos Voláteis	76
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	77
5.1	RESULTADOS SENSORIAIS POR ÁREA DE ALTITUDE EXPERIMENTAL	86
5.2	RESULTADOS DA ANÁLISE SENSORIAL MULTIVARIADA	94
5.3	RESULTADOS DAS ANÁLISES MULTIVARIADAS DE RADIAÇÃO SOLAR E FACE DE SOLO	98
5.4	RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	101
5.4.1	Compostos fenólicos	102
5.4.2	Acidez titulável total: apresentação dos resultados e discussões	104
5.4.3	Análise do pH das amostras de café estudadas	108
5.4.4	Análise multivariada dos compostos voláteis	110
5.4.5	Modelos de regressão dos compostos voláteis do café arábica	118
6	SUMÁRIO DOS RESULTADOS	127
6.1	SUMÁRIO DOS RESULTADOS ORIUNDOS DAS ANÁLISES SENSORIAIS E SEUS IMPACTOS SOBRE OS PROCESSAMENTOS	127
6.2	CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE OS RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS	132

6.3	CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE OS RESULTADOS DAS ANÁLISES DE CROMATOGRAFIA GASOSA	134
7	CONCLUSÕES	139
7.1	PROPOSIÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	140
	REFERÊNCIAS	141
	ANEXO A – <i>Cromatograma dos compostos oriundos ao método de fermentação espontânea com água – Washed</i>	159
	ANEXO B – Composto volátil piridina - tempo de retenção 3,467.....	160
	ANEXO C – Composto volátil – 5-hidroximetilfuraldeído (tempo de retenção 26,49)	161
	ANEXO D – Artigo <i>Los caminos de la calidad: un estudio sobre la visión de [...]</i>	162
	ANEXO E – Artigo <i>The consistency in the sensory analysis of coffees using Q-graders</i>	180
	ANEXO F – Artigo <i>Tamanho ótimo do número de Q-Graders de café com uso do Protocolo SCAA</i>	190
	ANEXO G – Planta em 3D e corte frontal do modelo de secagem empregado aos experimentos	198

1 ABORDAGEM INICIAL SOBRE O TEMA

O mundo consome nove milhões de toneladas de café por ano, segundo dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2017). Isso torna o café uma cadeia complexa com envolvimento mundial, fazendo com que seja um produto estratégico para a economia do Brasil.

No século XXI a temática central de vários sistemas produtivos tem se situado na busca incessante pelo rigoroso controle da qualidade, sendo muitos destes relativos à forma de processamento e à qualidade sensorial e física dos alimentos. No que se refere à segurança alimentar do café, o controle da qualidade torna-se indispensável e primordial, tendo em vista as exigências mercadológicas e técnicas impostas pelos atores compradores de produtos no mercado global.

Contudo, para que a qualidade esteja presente na xícara do consumidor, uma série de fatores decorre antes do plantio até a extração da bebida. No caso do café, a qualidade final do produto que é oferecido ao consumidor é determinada pela prova de xícaras, através dos degustadores, usando opinião pessoal e experiência de degustação acumulada ao longo dos anos (FERIA-MORALES, 2002).

Porém, diversos fatores interagirão durante as defluências que decorrem entre a produção, colheita, processamento, secagem, armazenagem e torra, até se refletirem na avaliação da qualidade, tanto no que diz respeito à parte agronômica, química quanto à microbiologia. Até onde se sabe e se defende, a qualidade intrínseca do fruto é estabelecida ao nível da propriedade e das técnicas de processamento adotadas, sendo nas fazendas as operações mais importantes e que determinarão a qualidade da bebida final (FARAH et al., 2006a; VELMOUROUGANE et al., 2011).

Quanto ao processamento, Borém (2008) afirma que os fatores ambientais e tecnológicos interferem diretamente na qualidade e, para Ribeiro et al. (2014), a qualidade final do café está relacionada com os constituintes químicos dos grãos torrados, em razão da ampla interação química que ocorre durante os estágios de torrefação; no caso da sacarose e das proteínas, diretamente influenciadas pelas condições ambientais ou pelos tratamentos culturais aplicados após a colheita (SCHOLZ et al., 2013).

Ainda sob a perspectiva do processamento, o café arábica pode ser conduzido de formas distintas, conforme os métodos de pós-colheita característicos de cada microrregião, ou, ainda, de acordo com as regras presentes em cada território (países). Normalmente, existem dois meios de se processar o café após a colheita; mantendo-se o fruto intacto, comumente denominado

café natural (via seco ou *Dry*), ou processando-o por via-úmida (*wet process*), que pode ser entendida e desdobrada sob três formas: removendo-se apenas a casca e parte da mucilagem¹, denominado cereja descascado (CD); removendo-se a casca e a mucilagem mecanicamente (desmucilado); ou removendo-se a casca mecanicamente e a mucilagem por meio de fermentação (despolpado) (REINATO et al., 2012).

Quando feito corretamente, o processamento via-úmida garante que as qualidades intrínsecas dos grãos de café sejam preservadas de forma prolongada, produzindo um café homogêneo e com poucos grãos defeituosos. Assim, o café produzido por este método é geralmente considerado de melhor qualidade e comanda os preços mais elevados no mercado global (LIN, 2010).

Estes processos são comumente complexos; cada produtor de café possui suas variações de metodologias no pós-colheita, muitas vezes, não se observando concordância e padronização exata quanto ao processamento via-úmida, fato observado e comprovado por Pereira et al. (2017). Quintero e Molina (2015) abordam que estas falhas em controle de processos do café nas propriedades, em particular no processamento via-úmida (fermentação), acabam ocasionando defeitos e falta de consistência na qualidade do produto, gerando perdas aos produtores.

A técnica de processamento via-úmida é amplamente adotada por diversos países da América Central, originando cafés despolpados, descascados ou desmucilados, com a presença da fase fermentativa (SANTOS, 2008). Muitos produtores utilizam esta técnica para evitar a fermentação nociva ou fenólica² durante a secagem dos frutos, pois neste método é realizada a remoção dos frutos verdes, verdoengos, boias e secos, que, quando aliado ao processamento correto, bem como à secagem, tornam-se fatores essenciais para a contribuição na melhoria da qualidade final do café. Em nível tecnológico, o método mais eficaz para a remoção dos frutos verdes, verdoengos, boias e secos é o processo via-úmida, onde se despolpam os frutos maduros (DIAS et al., 2012).

Em razão das diversas interações no decorrer do processamento via-úmida, os fatores físico-químicos podem ser afetados, pois o café apresenta em sua constituição química enzimas,

¹ A mucilagem (mesocarpo) está situada entre a casca e o grão de café, representa em média 5% do peso seco do fruto. Segundo Borém (2008), a quantidade de açúcares na mucilagem do fruto maduro aumenta o risco de fermentações, o que pode comprometer a qualidade do café.

² Fermentação fenólica tem sido apontada em trabalhos científicos, através da análise sensorial de café como uma fase de fermentação em que o café apresenta a bebida tida como Riada ou Rio, sendo esta com leve sabor de iodofórmio ou ácido fênico em virtude do sabor repugnante ao paladar.

como a polifenoloxidase³ que, em contato com substratos fenólicos mediante manejo inadequado, proporciona alterações indesejáveis no sabor final da bebida.

Além destes fatores ligados ao processamento via-úmida, sabe-se que, normalmente, os cafés de regiões mais elevadas recebem notas mais elevadas referentes ao sabor, ao aroma, à doçura e ao corpo, do que os cafés de regiões mais quentes (ANDROCIOLOI et al., 2003; DAMATTA, 2004; VAAST et al., 2006; JOËT et al., 2010). Esse fator tem sido associado ao fato das altas temperaturas impedirem a translocação de alguns compostos químicos para os frutos (GUYOT et al., 1996; BERTRAND et al., 2006; BOSSELMANN et al., 2009), podendo assim constituir em um *terroir*⁴ natural destas microrregiões.

Embora o sombreamento e a altitude sejam empiricamente conhecidos por terem efeitos benéficos sobre a qualidade do café, apenas alguns estudos científicos realmente documentaram esses efeitos (JOËT et al., 2010).

Além disso, o efeito dos microrganismos presentes no processamento e no pós-colheita, como *Debaryomyces*, *Pichia*, *Candida*, *Saccharomyces Kluyveri* e *S. Ceverisiae* (SILVA, 2008; SILVA; BATISTA; SCHWAN, 2008; PEREIRA et al., 2014a); de fungos filamentosos, como *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* e *Trichoderma*; bem como de bactérias, por exemplo *Lactobacillus*, *Bacillus*, *Arthrobacter*, *Acinetobacter*, *Klebsiella* e *Weissella* (QUINTERO; MOLINA, 2015; EVANGELISTA et al., 2014a, 2014b; MASOUD; JESPERSEN, 2006; MASSAWE; LIFA, 2010; VELMOUROUGANE, 2013); e a sua capacidade de fermentação no café vêm sendo estudados ao longo das últimas décadas, como uma oportunidade de otimização no processamento do café. Novas perspectivas surgiram com o objetivo de potencializar a curva de qualidade do café, mediante a fermentação induzida (LEE et al., 2015), o que reforça a discussão a respeito da fermentação, tendo em vista que atributos desejáveis podem ser otimizados durante o processamento via-úmida.

Dessa forma, é possível entender que três macroáreas estão relativamente próximas no que se refere à qualidade do café: o manejo/processamento, a microbiologia e a físico-química, estas refletindo diretamente sobre a qualidade final do café, que é validada pela análise sensorial com uso de Q-Graders.

Fica evidente que a produção dessa nova linhagem de cafés possui suas particularidades, mediante os próprios condicionantes das regiões produtoras, sendo necessário enfatizar tais

³ Espécie de enzima, que ao entrar em contato com o oxigênio e o hidroxifenol, causa oxidações, liberando água e quinona.

⁴ Referências que identifiquem um bem como originário do território de um país ou uma região, ou localidade nesse território, onde uma determinada qualidade, reputação ou outra característica do bem é essencialmente atribuível à sua origem geográfica (BARHAM, 2003).

interações entre o microclima, a topografia, as variedades genéticas, os meios de colheita, o processamento e a secagem que cada produtor adota em seu dia a dia. Como estes fatores acabam se tornando complexos e misturando-se aos constituintes supracitados, acabam dificultando o controle da qualidade.

Conforme o breve arcabouço descrito, tendo em vista a necessidade de consolidação e padronização de metodologias para a produção de cafés finos, salienta-se a necessidade de se levantar, testar e verificar a fundo os fatores ligados ao processamento via-úmida em regiões montanhosas, de modo que seja possível estimar e propor um ou mais métodos de processamento via-úmida em função dos estratos de altitude em regiões com estas particularidades. Sendo assim, constrói-se a temática e problema desta tese: Quais são as formas de processamentos via-úmida capazes de otimizar a qualidade do café arábica na região Sudoeste Serrana do Espírito Santo e como as diferentes formas de processamento se relacionam com a altitude, a radiação solar e a composição química do café arábica?

1.1 OBJETIVOS

Diante da problemática exposta apresentam-se o objetivo geral e específicos que dão suporte à investigação científica para a resolução do problema formulado.

1.1.1 Objetivo Geral

Esta tese tem como objetivo geral melhorar a qualidade do café arábica produzido a partir de diferentes formas de processamento via-úmida associado a diferentes estratos de altitude.

1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Analisar o efeito dos diferentes tipos de processamentos via-úmida em razão dos estratos de altitude;
- b) Quantificar e analisar a incidência da radiação solar como fator impactante na qualidade do café arábica por via-úmida;
- c) Descrever o perfil sensorial dos cafés e aprimorar os procedimentos de uso da análise sensorial com o protocolo da Specialty Coffee Association of America – SCAA cafés processados por via-úmida;

- d) Relatar o perfil dos compostos voláteis dos cafés por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (CG-EM) em função dos tipos de processamentos e analisar suas relações entre parâmetros de altitude e processamento por via-umida;
- e) Estimar um número necessário de Q-Graders de café para a realização de testes sensoriais de café arábica.

1.2 JUSTIFICATIVA

Tipicamente localizada numa região com grande declividade e produção predominantemente agrícola, com o café como seu carro chefe, a microrregião Sudoeste Serrana do Espírito Santo (ES) é formada pelos municípios de: Afonso Cláudio, Brejetuba, Conceição do Castelo, Domingos Martins, Marechal Floriano, Laranja da Terra e Venda Nova do Imigrante. O Espírito Santo foi praticamente consolidado economicamente pelo café, atividade iniciada na segunda metade do século XVIII. Durante todo o período colonial, por diversos motivos, sobreviveu ao isolamento comercial por mais de três séculos e situou-se às margens do progresso ocorrido em boa parte das capitanias brasileiras (INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES, 2013).

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia (IBGE, 2015), a microrregião Sudoeste Serrana produziu um volume anual de 869.466 mil sacas de café, sendo que a área destinada à lavoura compreende 47.733 ha, o que representa 19,97% da área total do território Sudoeste Serrano (IBGE, 2015). No estado do Espírito Santo, o agronegócio responde por mais de 30% do Produto Interno Bruto (PIB Estadual) e absorve aproximadamente 40% da população economicamente ativa, dos quais 28% são diretamente vinculados à produção; a atividade cafeeira gera 400 mil postos de trabalho por ano no estado (TOMAZ et al., 2011).

De toda expressão econômica do estado do Espírito Santo, para Costa et al. (2001) a cafeicultura da região de montanhas do ES é expressiva econômica e socialmente por empregar cerca de 153 mil pessoas nos sete municípios que englobam essa região. Destas propriedades, 89,22% possuem menos de 50 ha e o restante, 10,78% detém áreas superiores a 50 ha, predominando na região o regime de trabalho de economia familiar. A produção na pequena propriedade rural em áreas montanhosas tem custos altos, o que dificulta a permanência das famílias no campo que vivem dessa atividade, as quais se veem obrigadas a buscar alternativas para agregar valor à sua produção e melhorar a gestão da propriedade (SANTOS; SIMÃO, 2015).

Nesta região, o café é considerado um produto de *terroir*, ou seja, influenciado diretamente pelos aspectos ambientais, tanto os naturais quanto humanos. Os diferentes métodos de cultivo, bem como as diferentes técnicas de colheita, processamento e secagem refletem o saber fazer local e as condições particulares de clima, solo e relevo, associados às características genéticas das diferentes variedades, o que cria a identidade da bebida e implica na não repetição das safras, seja no aspecto qualitativo, seja no quantitativo (ALVES et al., 2011).

Segundo Reinato et al. (2012), muitos produtores fazendo uso da tecnologia de processamento via-úmida, apenas descascado, não têm conseguido atingir a qualidade almejada, em razão da falta de cuidados nas etapas de pós-colheita, principalmente durante a secagem. Entretanto, apesar de essa forma de processamento promover a remoção parcial da mucilagem, evitando o desenvolvimento de fermentações microbianas, ela apresenta a desvantagem de impedir que características desejáveis sejam transmitidas da mucilagem para o grão. Até o momento, pesquisas não conseguiram comprovar se ocorrem translocações de açúcares do pericarpo para o fruto, afetando assim a composição química e sensorial dos cafés lavados.

A qualidade do café está estritamente relacionada aos diversos constituintes físico-químicos responsáveis pelo sabor e aroma característico da bebida, que são refletidos pela ação dos agentes microbiológicos e pelo processamento. Dentre os compostos químicos sobressaem-se os carboidratos, açúcares, compostos fenólicos e ácidos, xantinas, cafeína, compostos voláteis, lipídeos, proteínas, algumas enzimas, cuja presença, teores e atividades conferem ao café sabor e aroma peculiar. Nos últimos anos, um progresso substancial tem sido encontrado na compreensão dos processos metabólicos que ocorrem dentro de sementes de café durante o curso de tratamento de pós-colheita e processamento, sendo que os grãos de café deixaram de ser considerados apenas como uma mercadoria inanimada e passaram a ser vistos como organismos viáveis, cujo estado fisiológico pode ofertar capacidade e potencial de melhoria da qualidade (SCHWAN; FLEET, 2015).

Para Selmar et al. (2006), esses processos metabólicos estão diretamente relacionados com o alto teor de água (52%) no fruto maduro no início do processamento (WINTGENS, 2004). Dessa forma, o café acaba sofrendo interferência de agentes internos (microrganismos), que constituem a composição da microbiota até o final da secagem. Bytof et al. (2007) descrevem que existe uma necessidade de entendimento dos fatores que ocorrem no decurso do processamento por via-úmida, pois a polpa do fruto (mucilagem) é mecanicamente removida,

permitindo a iniciação da germinação de sementes, bem como os processos bioquímicos que ocorrem nos frutos que ficam imersos em água (BYTOF et al., 2005).

Após a colheita, comumente na região Sudoeste Serrana do Espírito Santo os produtores utilizam o processamento via-úmida. Pereira et al. (2017a) estudaram a relação que leva à adoção do processamento via-úmida nessa região e chegaram à constatação de que produtores absorveram uma cultura no sentido de que se o café não for processado no mesmo dia, ele perderá sua qualidade, em virtude de a região possuir alta carga de umidade relativa do ar, (e, em períodos de safra, acaba sendo mais elevada). Portanto, para zonas de produção com essas características esse método tem sido mais recomendado. Evangelista et al. (2014a) enfatizam que o processamento por via-úmida é adotado para retirada da polpa e/ou mucilagem, sendo que os grãos que são fermentados ficam imersos em tanques com um grande volume de água, ocorrendo fermentações espontâneas ou selvagens.

Durante séculos, as pessoas têm usado o processo de fermentação para dar sabor, aroma e textura, com o intuito de preservação da qualidade de alimentos e bebidas. Para Ukers (1922), se o café é lavado ou não, ele terá que ser secado e há uma espécie de fermentação que acontecerá durante a lavagem e secagem dos frutos. Desta forma, assim como plantadores de chá divergem sobre a cura das folhas do chá, estudos mais cuidadosos são necessários para determinar se existe algum efeito da fermentação e se estes processos podem agregar valor final ou não à bebida do café.

Por meio de tecnologia, a fermentação controlada do café pode aumentar a curva de aromas especiais e sabores, conferindo notas sensoriais de doces, frutas cítricas e florais, pois, quando torrado, o café agrega valor e consistência à qualidade, porém se esse processo não for bem controlado, o mesmo pode gerar perdas na qualidade (LIN, 2010).

Dessa forma, a justificativa desta tese baseia-se em metodologias para aumentar e melhorar a produção de cafés especiais, tendo em vista os aspectos produtivos, econômicos e sociais, buscando mecanismos que possam aferir qualidade superior aos cafés produzidos na região Sudoeste Serrana do Espírito Santo, de modo a se entender o efeito de diferentes formas de processamento via-úmida aliadas à análise sensorial, à altitude, à radiação solar e aos constituintes químicos (compostos voláteis) do café.

Tendo em vista que o valor comercial dos grãos de café (*Coffea arabica* L.) está diretamente relacionado com sua qualidade e os fatores que o influenciam, como gênero, variedade, clima, época e forma de colheita, tipo de pré-processamento, sistema de secagem empregado e condições de armazenagem do produto, entre outras (JÚNIOR; CORRÊA, 2003), políticas governamentais que incentivem os produtores rurais, em particular, os cafeicultores,

para que estes busquem e adotem novas tecnologias, são necessárias para a melhoria da qualidade do café e aumento da competitividade do setor cafeeiro (MONTE; TEIXEIRA, 2006).

Esta proposta se constitui em uma estratégia inovadora, propiciando uma oportunidade de estudar os processos de produção de cafés especiais da região Sudoeste Serrana do ES, para que seja possível melhorar as formas de processamento via-úmida, visando ao aumento da qualidade final dos frutos.

1.3 DELIMITAÇÕES DA TESE

A sequência empreendida neste trabalho poderá ser considerada como uma metodologia científica para a produção de cafés especiais em virtude de diferentes estratos de altitude. Os métodos testados neste trabalho oferecem subsídios para o refinamento da produção de cafés especiais em razão das particularidades de diferentes formas de processamento via-úmida que se reflete na análise sensorial e nos compostos químicos.

As variações de radiação solar e duração da radiação solar são apresentadas por meio de indicadores mensais e anuais, para efeito de comparação. Portanto, os estágios de colheita (meses), em decorrência das diferentes fases de maturação do café no campo, não são relativizados como problemas ao processamento, pois não é possível colher todos os cafés ao mesmo tempo, ou seja, cafés de zonas mais quentes (baixas) são colhidos mais cedo que os cafés de altitude (regiões mais elevadas).

Foram realizados experimentos em seis pontos geográficos separados em zonas que variam de 700 a 1.100 metros de altitude, sendo estes intercalados e subdivididos de acordo com os experimentos propostos. Nos estudos experimentais, todas as parcelas foram colhidas em uma área predefinida e geograficamente identificada para análise de influência do índice de radiação solar, bem como a face de exposição da lavoura frente ao sol.

Estima-se que os resultados obtidos neste trabalho poderão dar suporte à formulação de estratégias para a produção de microlotes de cafés especiais, em virtude dos entendimentos construídos a partir do refinamento dos processos de pós-colheita, bem como das indicações dos fatores ambientes, sensoriais e químicos testados ao longo deste arcabouço.

1.4 ESTRUTURA DA TESE

Este trabalho é dividido em seis capítulos. A introdução está expressa no capítulo um, com a definição do problema de pesquisa, ao final da discussão introdutória, encerrando o capítulo com a apresentação dos objetivos geral e específicos e da justificativa para a realização da tese, com suas delimitações e estruturas.

Na sequência, o segundo capítulo apresenta a revisão de literatura a respeito do histórico da cafeicultura no mundo, no Brasil e no Espírito Santo.

O capítulo três versa a respeito dos fatores inerentes à qualidade final da bebida, discutindo as particularidades da cafeicultura de montanha, os métodos de processamento via-úmida, os efeitos da altitude e sombreamento sobre a qualidade, seguidos da ação dos microrganismos presentes no café, encerrando o debate quanto à relação direta com os compostos químicos, bem como a análise sensorial, sendo este um dos únicos mecanismos de avaliação da qualidade.

Os procedimentos metodológicos são apresentados no quarto capítulo. O quinto capítulo apresenta os resultados, sendo finalizados com as considerações finais e a conclusão. Os artigos já publicados foram apresentados anexos à tese, por se tratarem de sínteses do macroestudo. Por fim, o sexto capítulo apresenta um sumário das considerações finais e proposições para trabalhos futuros e conclusão.

1.4.1 Classificação da pesquisa

Uma pesquisa pode ser classificada de quatro formas: quanto à natureza, quanto à forma de abordagem, quanto aos objetivos e quanto aos procedimentos técnicos. Este trabalho busca desenvolver uma pesquisa aplicada, a qual se propõe entender, identificar, de forma teórica e experimental, quais os condicionantes ligados à produção de cafés especiais em consonância com a revisão de literatura proposta. A pesquisa aplicada, segundo a percepção de Silva e Menezes (2001), objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos.

1.4.2 Quanto à abordagem

A proposta de tese fundamenta-se em uma abordagem de investigação qualitativa e quantitativa, que tem como objetivo analisar dados, indicadores e tendências observáveis

(SERAPIONI, 2000). Segundo Marconi e Lakatos (2010), a pesquisa quantitativa busca evidenciar a observação e valor dos fenômenos, estabelecer ideias, propor novas observações por meio dos procedimentos aplicados à experimentação. A pesquisa experimental, que tem suas raízes no pensamento positivista lógico, tende a enfatizar o raciocínio dedutivo, as regras da lógica e os atributos mensuráveis da experiência humana (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

1.4.3 Quanto aos objetivos

Seguindo a perspectiva de Gil (2010), é possível classificar uma pesquisa sob três níveis com base em seus objetivos: exploratória, descritiva e explicativa.

A pesquisa aplicada possui caráter explicativo, pois tem como propósito identificar fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência de fenômenos. Pesquisas com estas peculiaridades são as que mais aprofundam o conhecimento da realidade, pois têm como finalidade explicar a razão e o porquê das coisas.

1.4.4 Quanto aos procedimentos

Toda pesquisa necessita de uma fonte de validação de seus resultados, bem como os procedimentos adotados em sua coleta de dados, análise e interpretação dos resultados. Nesta tese foi realizada uma pesquisa experimental. Segundo Fonseca (2002), comparam-se tratamentos diferentes, verificando as variáveis observadas e checando se as diferenças observadas nas respostas são estatisticamente significantes; para avaliar, os fatores extrínsecos são eliminados ou controlados. Os efeitos observados são relacionados com as variações nos estímulos, pois o propósito da pesquisa experimental é aprender as relações causa e efeito ao eliminar explicações conflitantes das descobertas realizadas.

2 HISTÓRIA DO CAFÉ E SUA IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E SOCIAL

O recorte teórico desta tese apresenta ao leitor um breve histórico sobre a descoberta do café no mundo, sua vinda para o Brasil, contextualizando com o início do plantio e produção, expansão e principais crises ocorridas no setor, além das perspectivas futuras para uma gestão sustentável da cafeicultura nacional.

Após essa apresentação, realiza-se uma revisão sobre os diferentes fatores relativos à qualidade do café, passando pelo processamento via-úmida, pelo efeito da altitude e sombreamento, a microbiologia e a composição química e a estrutura dos compostos voláteis do café. O fechamento do referencial teórico é delimitado pelas novas dinâmicas envolvidas na questão da qualidade da bebida.

2.1 EPISTEMOLOGIA DO CAFÉ: UMA BREVE HISTÓRIA DE SEU DESCOBRIMENTO

A lenda sobre a descoberta do *chave* ou café remonta a um pastor de ovelhas conhecido como Kaldi, descrita em diversos manuscritos no Iêmen, no ano de 575 d.C, tendo como figura alusiva o pastor como o descobridor do café, em virtude das observações sobre seu rebanho após a ingestão de tais frutos, uma vez que os animais ficavam acordados além do normal.

Embora exista a figura mitológica por trás do personagem Kaldi, os relatos científicos indicam que a origem indígena do café foi descoberta na Abissínia⁵, e, muito provavelmente, os Árabes foram responsáveis pela propagação do consumo e produção, uma vez que o fruto foi levado para a Península Arábica, que se estendeu ao longo dos trópicos (UKERS, 1922).

Porém, os etíopes iniciaram seu consumo na forma de fruto. Alimentavam-se de sua polpa doce, por vezes macerada, ou a misturavam em banha, para refeição e produziam um suco, o qual fermentado se transformava em bebida alcoólica. Suas folhas também eram mastigadas ou utilizadas no preparo de chá Bane'sio (1942).

A palavra café é derivada da palavra árabe *quahweh*, que originalmente algumas pessoas dizem que era um termo poético para o vinho. Sendo o vinho proibido para os muçulmanos, o nome foi transferido para o café, e através da palavra *kahweh*, equivalente turca, tornou-se café (francesa), *caffè* (italiano), *Kaffee* (Alemão), *koffie* (holandês) e *coffee* (em Inglês), e o *Coffea* Latina para o gênero botânico. Na Abissínia, café é chamado de pão e bebida *bunchung*; estas palavras são a origem do *Bohn* alemão e do Inglês *bean*. O café também é chamado Mocha, um

⁵ Região pertencente ao antigo Império Etíope, que dominou toda Etiópia e Eritreia até sua extinção em 1270.

nome tirado do porto de Mochana, costa do Mar Vermelho, a partir de onde foi enviado (CLIFFORD; WILLSON, 1985).

Sabe-se que o progresso de expansão se manteve lento até os séculos XV e XVI, em razão do ciúme dos árabes em relação ao poder industrial do café, durante um tempo se conseguiu evitar a propagação da produção para os demais países. Em seguida, o café aparece intensivamente no Iêmen, ao sudoeste da Península da Arábia.

A expansão da cultura do café no mundo é considerada complexa, não existindo um consenso literário a respeito do volume de produção nas zonas produtivas até o século XV e XVI. De forma resumida, os holandeses introduziram o café no Suriname em 1718, no Brasil a rubiácea chegou em 1727, por volta de 1730 os Ingleses levaram as plantas para a Jamaica e, em 1740, missionários da Espanha introduziram o café nas Filipinas, em Java. Em 1748, Don José Antonio Gelabert introduziu o café em Cuba, com sementes trazidas de Santo Domingo e por volta de 1750-60 o café atingiu o plantio na Guatemala (UKERS, 1922).

Topik (2004) descreve que as estatísticas relativas ao café, anteriores ao final do século XIX, são bastante inconsistentes, e reforça que grande parte deste problema é relativo à pouca organização dos países produtores no período de início da produção em escala global.

Em 1755 o Iêmen controlava pouco menos da metade do mercado; em 1790, essa posição era de Saint-Domingue. De 1825 em diante, contudo, verificou-se um crescimento explosivo: em 1840, o montante global era de cerca de 200.000 toneladas, um volume que subiu para mais de 330.000 toneladas em 1860. Nesse período apresentam-se duas novidades na composição geográfica da oferta: o aparecimento da colônia holandesa de Java e, sobretudo, do Império do Brasil como os grandes produtores mundiais de café (MARQUESE, 2015).

De forma lenta a cultura do café foi se espalhando por diversas origens, consolidando-se e abrindo espaço para o fomento da produção, da tecnologia e de diferentes formas de processamento, consumo e abertura de mercados. É notória toda a mística que o setor carrega consigo, por se tratar de um produto singular de alcance global, pois segundo dados da *International Coffee Organization* (IOC), em 2016 o mundo consumiu 148 milhões de sacas de café, com um crescimento de 2% em relação ao ano de 2016 (OIC, 2016d).

2.2 INTRODUÇÃO DO CAFÉ NO BRASIL E AS TRANSFORMAÇÕES OCORRIDAS EM QUASE TRÊS SÉCULOS DE PRODUÇÃO

A história do Brasil será sempre lembrada pelos tempos áureos da cafeicultura, tempo este em que os barões ostentavam grandes riquezas geradas pelo ouro negro, produzidos pela mão de obra escrava que imperava sobre os cafezais formados nos diversos estados e províncias do país. O café teve papel extremamente importante no desenvolvimento socioeconômico do Brasil, por meio da propagação de comunidades produtoras, aberturas de estradas, surgimento de novas praças onde a rubiácea podia ser produzida.

Conta a história que o café foi introduzido no Brasil em 1727, no estado do Pará, com sementes e mudas oriundas da Guiana Francesa. Os fatos relatam que o então Governador do Maranhão e Grão Pará, João da Maia Gama, ouvira falar do grande valor comercial do café, decidindo enviar o sargento-mor Francisco Mello Palheta para uma viagem àquele país vizinho, com duas missões: uma oficial e outra secreta, para resolver problemas de delimitação de fronteiras e trazer o café para o Brasil. Palheta cumpriu bem sua missão, retornando ao Brasil com algumas sementes e cinco mudas de café, trazidas em seu retorno e cultivadas em Belém do Pará.

Em seguida, o café foi plantado no Maranhão e daí se expandiu, em pequenas plantações, para os estados vizinhos, tendo atingido a Bahia em 1770. Em 1774 o café foi trazido do Maranhão para o Rio de Janeiro, do Rio os cafezais se expandiram pelos contrafortes da Serra do Mar, atingindo em 1825 o Vale do Paraíba, alcançando, assim, o Estado de São Paulo e Minas Gerais (MATIELLO et al., 2005).

O café firmou-se no Rio de Janeiro e, depois de 1830, houve melhora das máquinas de beneficiamento, tornando-se aos poucos uma cadeia produtiva. A data coincide com o aparecimento do ciclo do café. Na década 1831/1840, o café com uma exportação anual média de ⁶£ 2.153 mil, já representa cerca de 70% do valor total das exportações nacionais. E, graças ao café, a exportação brasileira sobe de £ 3.348 mil em 1830 para £ 5.384 mil em 1840 e £ 8.121 mil em 1850. Em termos *per capita*, a tendência inverte-se: de £ 0,63 em 1830 sobe para £ 0,87 em 1840 e £ 1,2 em 1850 (PAIM, 2011).

Por volta de 1852, vilazinhas e lugarejos localizados na porção interiorana do Brasil foram tomados por uma grande transformação. O que poucos anos antes eram apenas parcos aglomerados de casebres, anônimos, insignificantes, entregues à modorra sonolenta da rotina,

⁶ £ - Símbolo da Libra Esterlina.

repentinamente acordavam, tomados de pressa ingente para entrar no bonde da história e atingir as benesses do progresso, acordados que foram pelo aroma forte e instigante de uma bebida dadivosa como o café e atingidos pelo imaginário alimentado em torno do moderno. O rei café trazia consigo a eletricidade, o automóvel e o telefone, os tecidos finos, o *petit pavé*, os bulevares, o calçamento das ruas e os palacetes, o aeroplano, o *poudre de riz*, o teatro e o cinematografo, entre outras novidades (DOIN et al., 2007).

No primeiro decênio da independência brasileira (1830 a 1840) o café já contribuía com 18% do valor das exportações do Brasil, colocando-se em terceiro lugar depois do açúcar e do algodão. E nos dois decênios seguintes, já passou para o primeiro lugar, representando mais de 40% do valor das exportações (FURTADO, 1991). Ainda assim, como já dito brevemente, o Brasil neste período era uma economia periférica, apoiada na exportação de produtos primários, entre os quais se destacava o café, principal item da pauta de exportações (COSTA, 2008).

A economia cafeeira formou-se em condições distintas. Desde o começo, sua vanguarda esteve constituída por homens com experiência comercial. A nova classe dirigente formou-se numa luta que se estende em uma frente ampla: aquisição de terras, recrutamento de mão de obra, organização e direção da produção, transporte interno, comercialização nos portos, contratos oficiais, interferência na política financeira econômica (FURTADO, 1991).

Com a proibição do tráfico negreiro em 1850, a abolição da escravatura em 1888, o crescimento da mão de obra assalariada, e a Proclamação da República em 1889, a cafeicultura brasileira rompe o primeiro ciclo tradicionalista e entra em uma nova fase, marcando o fluxo de imigrantes para trabalhar nas fazendas de São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo.

O pré-arranque econômico brasileiro é marcado então por uma nova diversificação e abertura de capitais, tendo em vista que em 1840 a Inglaterra já estava na segunda fase da Revolução Industrial e outros países da Europa caminhavam para o mesmo efeito. O café, já estava consolidado no mundo como uma bebida popular e o Brasil já participava de forma significativa deste mercado. O café foi o elemento principal do Brasil durante o século XIX, conforme descreve Simonsen (2005).

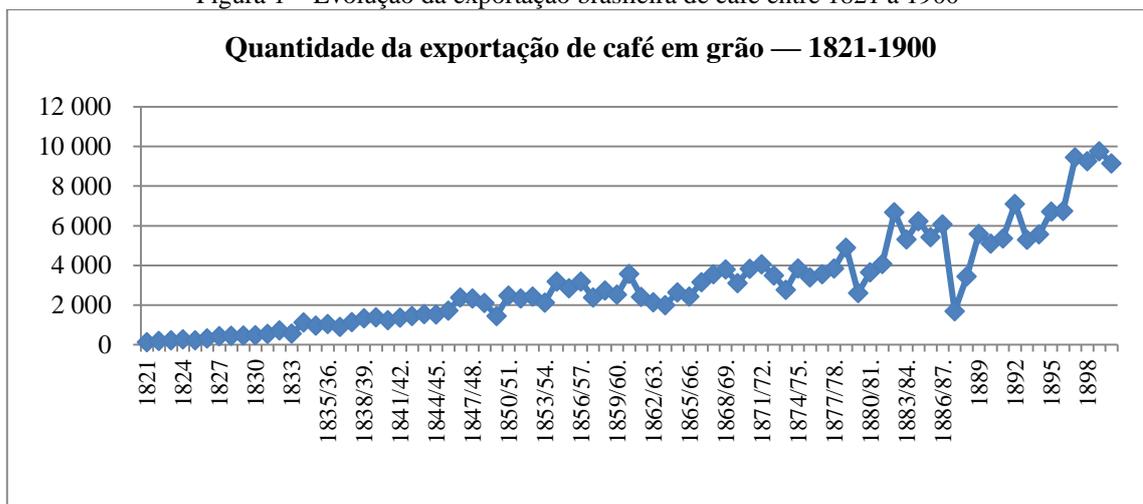
Antes do início do primeiro ciclo, por volta de 1825, a exportação mundial girava em torno de 1,5 milhão de sacas, das quais 5,15% eram fornecidas pelo Brasil. No fim do século XIX, com o Brasil participando com cerca de 70%, a exportação mundial chegou perto de 13 milhões de sacas. Não se deve esquecer o progresso realizado pelos transportes marítimos após a Revolução Industrial: no fim do século, a exportação de café somava quase 10 milhões de

sacas – 600 mil toneladas. O auge do açúcar havia exigido transporte de 30 mil toneladas (PAIM, 2011).

Conforme Furtado (1991), no último decênio do século XIX criou-se uma situação excepcionalmente favorável à expansão da cultura do café no Brasil. A oferta de produção brasileira não atravessou uma etapa de dificuldades, sendo a produção asiática grandemente prejudicada por enfermidades, que praticamente destruíram os cafezais da ilha de Ceilão. A produção brasileira, que havia aumentado de 3,7 milhões de sacas em 1880-81 para 5,5 milhões em 1890-91, alcançou em 1901-02 16,3 milhões.

O século XIX foi marcado por uma série de mudanças e transformações ocorridas na cafeicultura brasileira. Durante a primeira metade do século XIX, a cadeia produtiva do café manteve-se discreta quanto às exportações mundiais, sendo os primeiros registros na ordem de 2.150 milhões de sacas em 1821, porém, na segunda metade do século XIX o volume cresce de forma exponencial e atinge patamares históricos, sendo a série encerrada com 9,155 milhões de sacas em 1900 (IBGE, 2016).

Figura 1 – Evolução da exportação brasileira de café entre 1821 a 1900



Fonte: Série História do Século XX, adaptado de IBGE (2016).

O século XX traz uma tônica diferente no que se refere à produção mundial do café, pois, com a crescente oferta mundial, os preços tenderam a quedas. Entra em ação a estratégia do governo do Brasil para proteção e valorização da produção. A produção manteve-se crescente, saindo de 13.141 milhões de sacas em 1920 para 47.578 milhões em 1999/00, conforme dados da IOC (INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION, 2016).

Para Ponciano et al. (2008), no Século XX a cafeicultura assumiu realmente grande importância no desenvolvimento econômico do Brasil. Foi a atividade agrícola pioneira na

formação econômica das regiões mais dinâmicas do país. A partir de então, o Brasil sempre ocupou a posição de maior produtor e maior exportador de café.

A década de 1930 trouxe a derrota da defesa paulista do café e foi também marcada pela destruição de quase 80 milhões de sacas na administração de Vargas. Depois da superprodução da Grande Depressão e da Segunda Guerra Mundial, seguiu-se uma fase de baixa produção e aumento nos preços, essa fase foi prolongada até a década de 1950 (BACHA, 2012).

Durante décadas, o café foi a atividade econômica mais importante da nação, sendo suplantada aos poucos pelo setor industrial (60-70), além de o setor não ter mais o produto como o principal item da balança comercial, o que configurou uma perda significativa no desempenho da *commoditie* na economia brasileira, trazendo como consequência a perda do interesse político/econômico e da força da cadeia do café como grupo de pressão (ZYLBERSZTAJN, 1993).

Sob a perceptiva de produção, o café está presente em vários Estados da federação, sendo Minas Gerais o responsável por 49,13% da produção total do país. O Estado do Espírito Santo ocupa a segunda posição da produção, com 23% da produção nacional, seguido por São Paulo, com 9,26%, Bahia, 4,74%, e Paraná, com 4,06%. Os demais Estados perfazem 6,59% do total produtivo (COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO, 2016).

O café continua constituindo-se em uma oportunidade de emprego, renda e fixação do homem ao campo. A cultura do café arábica representa 76,57% da produção nacional e o café conilon é responsável por 23,43%, tendo o Estado do Espírito Santo como maior produtor de conilon. A produtividade média brasileira está estimada em 22,67 sacas por/ha (TOMAZ et al., 2011).

Apesar das crises, dos problemas políticos e organizacionais já citados, o século XXI marcou a consolidação do Brasil como maior produtor e exportador da *commoditie* em nível global.

A Tabela 1 apresenta a série histórica de produção do café arábica e conilon no Brasil entre os anos de 2004 a 2014.

Tabela 1 – Série Histórica de Produção de café arábica e conilon de 2004 a 2014

Unidade da Federação	SAFRAS 2004 A 2014										
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014 (¹)
Minas Gerais	18.777,0	15.219,0	21.987,0	16.473,0	23.581,0	19.880,0	25.155,0	22.181,0	26.944,0	27.660,0	22.992,0
Espírito Santo	6.795,0	8.070,0	9.009,0	10.306,0	10.230,0	10.205,0	10.147,0	11.573,0	12.502,0	11.697,0	12.208,0
São Paulo	5.870,0	3.223,0	4.470,0	2.632,0	4.420,0	3.423,0	4.662,0	3.111,5	5.356,6	4.010,1	4.233,8
Paraná	2.526,0	1.435,0	2.248,0	1.732,0	2.608,0	1.467,0	2.284,0	1.842,0	1.580,0	1.650,0	1545,0
Bahia	2.279,0	1.812,0	2.251,0	2.342,0	2.141,0	1.874,0	2.292,7	2.290,0	2.149,6	1.803,3	1.987,3
Rondônia	1.760,0	1.772,0	1.263,0	1.482,0	1.876,0	1.547,0	2.369,0	1.428,3	1.367,0	1.357,0	1.625,0
Mato Grosso	310,0	310,0	250,0	153,0	138,0	141,0	203,1	137,8	124,1	171,5	169,8
Goiás									247,4	265,5	261,8
Pará	220,0	330,0	280,0	266,0	233,0	228,0	228,6	184,0	167,0	121,7	121,7
Rio de Janeiro	260,0	298,0	264,0	281,0	266,0	265,0	250,1	260,0	262,2	281,0	308,4
Outros	475,0	475,0	490,0	404,0	499,0	440,0	503,3	476,6	126,5	134,5	113,6
BRASIL	39.272,0	32.944,0	42.512,0	36.071,0	45.992,0	39.470,0	48.094,8	43.484,2	50.826,4	49.151,6	44.566,4

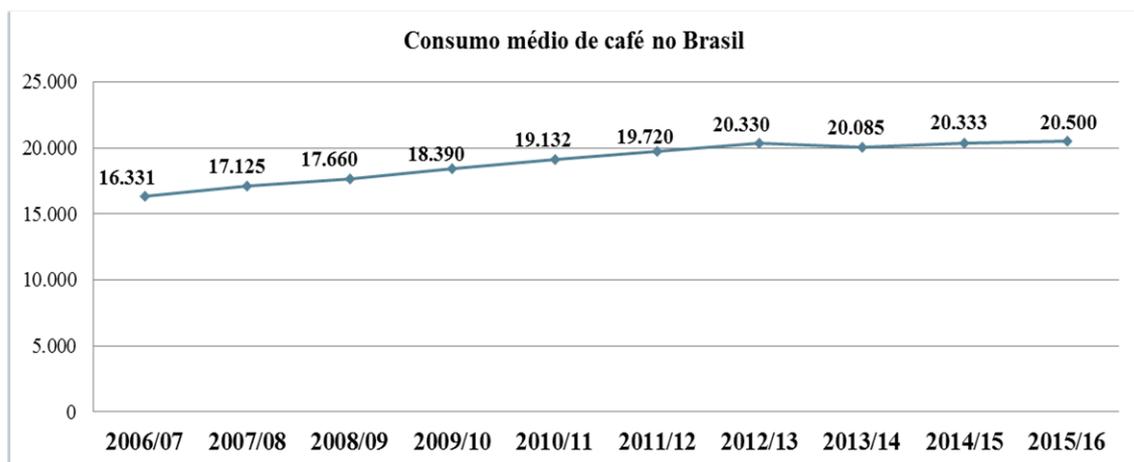
Fonte: adaptada do Convênio do Ministério da Agricultura - Secretaria de Produção Agroenergia - e Conab (2014).

É indiscutível que o crescimento da produção do café no Brasil tem sido atrelado a fatores tecnológicos empregados na cafeicultura ao longo dos anos, avanços em melhoramento genético, produção, resistência a pragas e doenças, bem como à melhoria dos processos de qualidade. A cadeia agroindustrial de café constitui um dos setores mais importantes da economia brasileira pela sua expressiva participação na pauta de exportação e na geração de emprego e representa, em médio e em longo prazo, um dos principais produtos estratégicos para o país.

A importância da cafeicultura brasileira pode ser visualizada pelo volume de produção, pelo consumo interno, pela sua participação na pauta de exportação e pela capacidade de geração de emprego e de renda na economia. Os dados abordados acima, indicam pontos importantes no desenvolvimento da cafeicultura nacional, mostrando sua introdução, expansão e, conseqüentemente, sua mudança no cenário econômico da pauta de exportações nacionais.

Segundo dados da *International Coffee Organization* (IOC), o consumo doméstico na última década (2006 a 2016) sobre o percentual de café arábica e conilon no Brasil sofreu expansão de 25,55%. Esses valores mostram a expressão da nova dinâmica de comportamento industrial relativo ao setor produtivo do café.

Figura 2 – Média do consumo doméstico de café arábica e robusta, em milhões de sacas no Brasil entre 2006 e 2016



Fonte: adaptado de International Coffee Organization (2016).

Essa tendência indica que o consumidor de café no Brasil está evoluindo em relação ao consumo da bebida. O volume de exportação indicado pela IOC (2016) para a safra de 2014/2015 correspondeu há 36.867 milhões de sacas. O volume de consumo interno citado pela OIC para 2015 foi de 20.500 milhões de sacas.

Para Moreira et al. (2007), o mercado cada vez demanda mais produtos agrícolas certificados, principalmente, as economias desenvolvidas, que exigem em seus produtos informações sobre o processo produtivo e origem, visando tanto sustentabilidade socioambiental quanto qualidade intrínseca do produto. O consumidor quer saber como foi produzido seu alimento e produtos certificados de acordo com diferentes padrões estão cada vez mais presentes nas prateleiras de supermercados do mundo todo.

Teixeira (2002) observa que, no Brasil o café sempre foi tratado como um produto homogêneo, de tal forma que apenas o preço influenciava a quantidade demandada. Sendo assim, o país adotou uma política que priorizava a quantidade exportada de grãos, não se preocupando, em termos relativos, com as eventuais mudanças no gosto e nas preferências dos consumidores. Contudo, é percebida uma nova geração de consumidores de café no país.

Diversas estratégias têm sido implementadas com a finalidade de incentivar o consumo de café entre diferentes camadas sociais. Para Spers, Saes e Souza (2004), o incentivo na melhoria da qualidade do produto tem colaborado para novas formas de consumo. Segundo Della Lucia et al. (2007), tem-se verificado a importância de se observar em quais critérios o consumidor se fundamentava para escolher, comprar e consumir determinado produto. Para Machado et al. (2008), a maioria dos brasileiros toma café de infusão e, segundo os autores, não vem ocorrendo associação entre consumo de café e tabagismo, consumo de álcool, pressão arterial ou níveis séricos de lipídios e glicose, nem com parâmetros antropométricos, o que reforça a perspectiva em torno do potencial mercadológico dos cafés especiais.

Nesta perspectiva, a cafeicultura está inserida neste universo de transformações e cada vez mais são observados novos cenários inerentes ao processo de agregação de valor à imagem do cafeicultor e o seu produto em mercados espalhados nas mais diversas praças de consumo do mundo.

As certificações, a sustentabilidade produtiva e sociocultural, a cooperação, a flexibilização da produção são fatores inerentes a esta mudança que vem ocorrendo nos últimos anos na cafeicultura nacional, proporcionando ganhos de escala competitiva aos cafeicultores nas diversas localidades produtoras de café no Brasil, além das ações de publicidade visando à promoção da cafeicultura nacional. Para Innocentini (2015), essas estratégias em torno das ações de certificação, concursos de qualidade e indicação geográfica têm permitido a ampliação dos mercados e dos preços alcançados pelo café brasileiro. No entanto, o volume de café destinado a esses mercados é uma parte ínfima da produção nacional. Não se insinua aqui a eficácia, tampouco a validade dessa estratégia, apenas que, apesar de sua relevância, propalada

principalmente por agentes exportadores, ela tem dois efeitos significativos na produção nacional de café.

Para Gloess et al. (2013), as preferências dos consumidores para um determinado tipo de café, ou mesmo para o modo de preparação, podem ser influenciadas por vários fatores, como a cultura, estilo de vida, meio social e ambiente de trabalho, hábitos diários e aspectos financeiros, além, é claro, do sabor.

Dessa forma, fica evidenciado que a cadeia produtiva do café vem passando por mudanças no que se refere a todos os seus elos, desde a produção ao consumo, indicando o dinamismo econômico do setor, bem como novas oportunidades de negócios.

2.3 O CAFÉ EM SOLO ESPÍRITO-SANTENSE

O estado do Espírito Santo possui toda extensão territorial inserida no bioma Mata Atlântica, também na área definida como Corredor Central da Mata Atlântica (CCMA), sendo o único estado brasileiro que tem todo o seu território dentro de um corredor ecológico (ARANTES et al., 2014).

A cafeicultura de café arábica no Estado do Espírito Santo teve seu início na segunda década do século XIX, consolidando-se como importante elo da economia capixaba a partir de 1850, com o advento da imigração italiana e alemã. Segundo Nunez (2016), o cultivo dos cafezais no ES iniciou-se sob a influência do Rio de Janeiro, na metade do século XIX. O café teria adentrado pelo sul do ES e, com o decorrer dos anos, a cafeicultura foi se consolidando como atividade econômica para o estado e, conseqüentemente, para o Brasil. Naquele período, a cadeia produtiva do café mostrava vantagens comparativas conquistando, progressivamente, áreas antes cultivadas com cana-de-açúcar.

Oliveira (2008) descreve que, embora continue sendo uma incógnita histórica, a introdução da cultura do café no território espírito-santense, pode-se acentuar que, em 1812, as lavouras do Rio Doce já produziam para exportação e o lote vendido alcançou o preço de 3\$000 por arroba. Só mais tarde, entretanto, por meados do século XIX, a rubiácea alcançaria o lugar proeminente que vem mantendo no conjunto dos produtos que constituem a riqueza do Estado.

Neste período, o café capixaba já despertava grande atenção. Costa Pereira explica que a razão da troca da cana de açúcar pelo café ocorreu em virtude do preço cada vez mais animador da rubiácea, o que ocasionou a transmigração de mineiros e fluminenses, dando preferência à cultura do café, acentuando, assim, o desenvolvimento da produção no Estado do Espírito Santo (OLIVEIRA, 2008, p. 420). Buffon (1992) cita por meio de seus estudos que o

café atuou de forma direta no desenvolvimento de vários núcleos do Espírito Santo, com a expansão da cafeicultura que foi fundada pela base familiar, imprimindo certa urbanização com a rota do café. O governo do Império iniciou, então, tentativas para o estabelecimento de núcleos de colonização.

Em 1824 inicia-se uma colonização subvencionada e dirigida às províncias sulistas, recrutando da Europa Central camponeses oprimidos e soldados desengajados no exército de Napoleão. Os diversos núcleos coloniais foram assim estabelecidos em vários pontos do território brasileiro, Bahia, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Pernambuco, São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (LEVI, 1974). Toda a estrutura produtiva canvieira foi reproduzida nos cafezais: monocultura e regime escravocrata, passando ao sistema de parceria com a vinda dos imigrantes europeus após a abolição da escravidão (NUNEZ, 2016).

No mesmo período em que ocorreu a marcha do café, advinda do Estado do Rio de Janeiro para a região do Caparaó-ES, iniciava-se o ciclo de imigração alemã e italiana para a expansão da cultura do café na região conhecida hoje como Serrana ou Sudoeste Serrana, conforme descreve Oliveira.

Os colonos europeus, tanto germanos, chegados entre 1847 e 1880, como italianos, introduzidos em 1847 a 1895, contribuíram poderosamente para o progresso demográfico e econômico do Estado. A contribuição estimada pelos analistas foi, respectivamente, de 11.000 austro-alemães e 40.000 italianos. No campo econômico, a produção de café teve a marca: em 1860, 50.529 sacas, em 1890, 250.000; em 1900, 394.150! O italiano, que por primeiro se miscigenou, deu sadio exemplo de perseverança, amor ao trabalho e a família. Introduziu novos hábitos e restaurou a moral doméstica. Os colonos venceram sós. As autoridades públicas não lhes davam a menor assistência (OLIVEIRA, 2008, p. 356).

A marcha do café foi que propiciou, efetivamente, a ocupação das terras capixabas. No início e até meados do século XIX, esgotavam-se as condições de plantio de café nos estados do Rio de Janeiro e de Minas Gerais, necessitando assim de expansão para a lavoura de café, fazendo com que ocorresse um fluxo de migração da população destes estados para terras capixabas (CAMPOS, 1987).

Sua expressividade na formação socioeconômica e na ocupação do território capixaba é inegável. A atividade cafeeira representou a primeira oportunidade efetiva de desenvolvimento econômico experimentada pela capitania, integrando-a no contexto das trocas internacionais e durante mais de um século constituiu-se a atividade econômica mais importante desenvolvida em território capixaba (BERGAMIM, 2006).

O Espírito Santo ocupa menos de 0,5% do território brasileiro. Nesse pequeno espaço está inserida uma das mais imponentes cafeiculturas do mundo, numa área aproximada de 460

mil hectares, que acomoda um parque de 1.610.000,00 bilhão de covas, que são responsáveis pela produção anual de mais de 10,0 milhões de sacas, oriundas de 61 mil propriedades das 90 mil existentes (TOMAZ et al., 2011).

Para Bergamim (2005), essa estrutura produtiva, constituída por agricultores familiares, reproduziu-se de forma hegemônica no território capixaba no período entre a introdução do imigrante europeu, na segunda metade do século XIX, até sua crise, na década de 1960. As consequências das políticas oficiais favorecendo o surgimento e a reprodução da pequena propriedade expressam-se especialmente por intermédio da estrutura fundiária constituída.

O estado do Espírito Santo se destaca por ser o maior produtor de café conilon do Brasil e o terceiro maior produtor de café arábica do país. A economia capixaba sofreu várias transformações ao longo das últimas décadas, dinamizando-se e expandindo para novos campos e áreas de atuação; mesmo assim, o café continua tendo papel importante no interior e nas microrregiões produtoras.

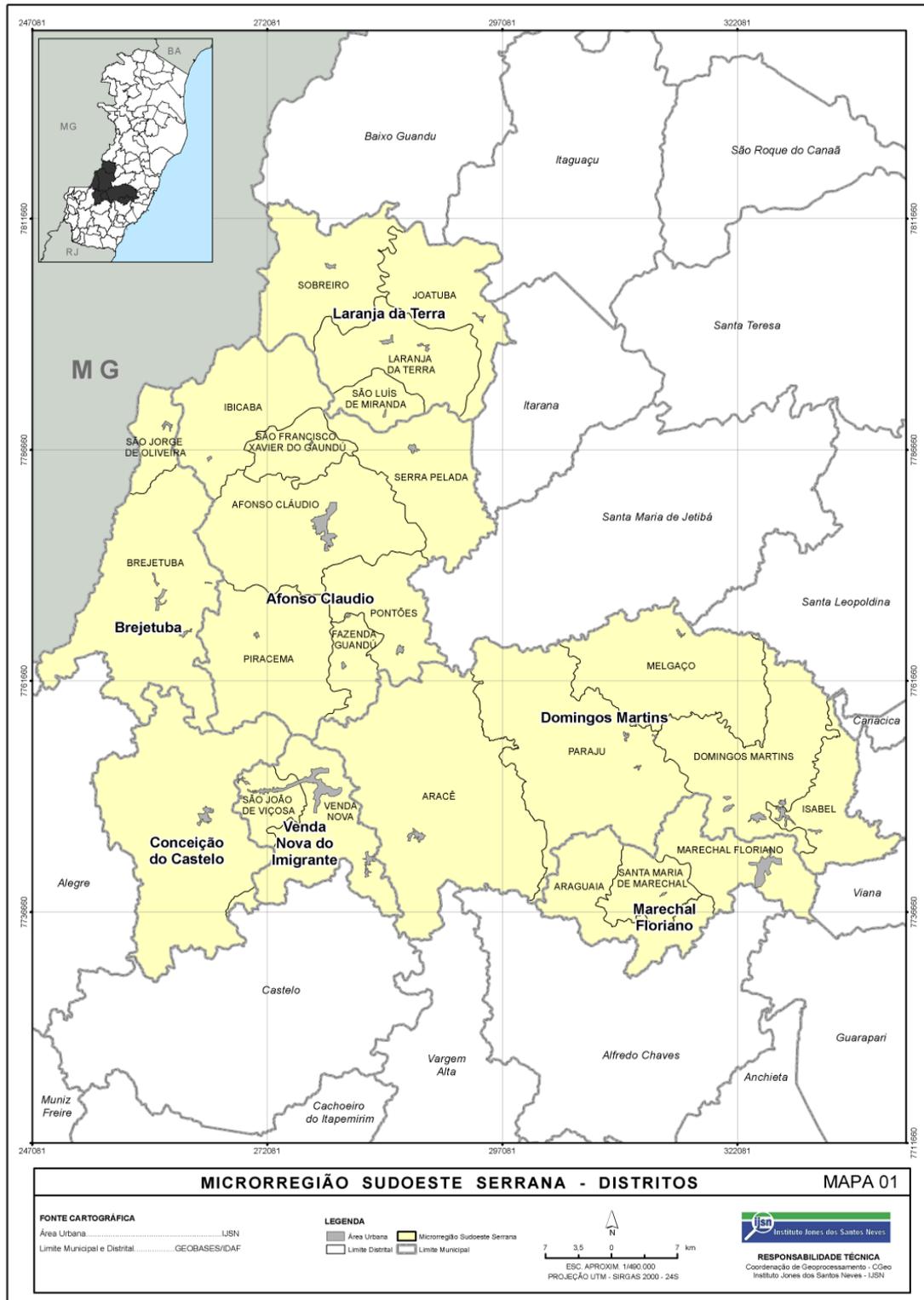
Nesta perspectiva de mudanças, tem sido discutido há quase duas décadas, que o desafio para o país será cada vez menos como integrar o agricultor à indústria e cada vez mais como criar as condições para que a população valorize o território em que se insere, num conjunto variado de atividades e de mercados (ABRAMOVAY, 1999), uma vez que a dinâmica dos mercados modernos tende a valorizar as particularidades e singularidades em torno da produção agrícola. O setor agropecuário continua sendo um dos principais geradores de fonte de renda no país, e no Espírito Santo não é diferente (GALEANO, 2016).

2.4 MICRORREGIÃO SUDOESTE SERRANA DO ESPÍRITO SANTO

A microrregião Sudoeste Serrana é composta por 7 municípios: Afonso Cláudio, Brejetuba, Conceição do Castelo, Domingos Martins, Laranja da Terra, Marechal Floriano e Venda Nova do Imigrante (Figura 3). O ciclo de imigração de italianos, alemães e portugueses é predominante na microrregião Sudoeste Serrana.

A população do território nessa microrregião, segundo dados do Instituto Jones dos Santos Neves (2011), no censo de 2009, era de 131.253 mil habitantes, sua taxa de crescimento geométrico é de 0,57 em relação ao Estado, com uma densidade demográfica de 34,28 habitantes por km². A área total do território abrange 3.818 km².

Figura 3 – Microrregião Sudoeste Serrana – Distritos



Fonte: Instituto Jones dos Santos Neves (2011).

O PIB *per capita* da Microrregião Sudoeste Serrana, segundo dados do IBGE (2016) e do IJSN (INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES, 2013), em média, concentra-se em R\$

10.625,48, e o volume de produção destes municípios acumula 806.619,00 mil sacas de café pela média de 2004 a 2017, conforme a Tabela 2 a seguir:

Tabela 2 – Média de produção e de área plantada dos municípios da microrregião Sudoeste Serrana entre 2004 e 2017

Municípios	Produção - Média 2004/2017	Área Plantada Média 2004/2017
Afonso Cláudio	187.162,00	16.346,00
Brejetuba	332.342,00	15.345,45
Conceição do Castelo	63.117,00	5.238,00
Domingos Martins	119.235,00	7.039,00
Laranja da Terra	58.312,00	3.580,00
Marechal Floriano	70.044,00	4.060,00
Venda Nova do Imigrante	63,607.85	3.601,00
Total acumulado	8936.819,85	55.245,00

Legenda:

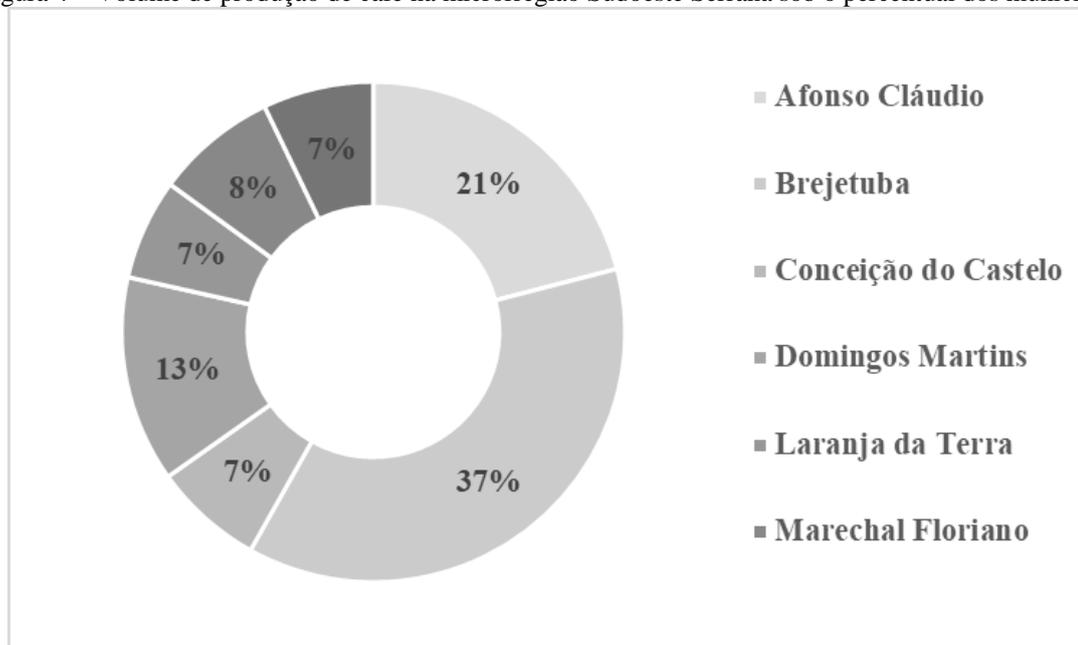
Mil Sacas 60 Kg.

Mil/Hectares.

Fonte: adaptado de IBGE (2016).

Para entender melhor a participação percentual da produção de cada município dentro da microrregião, a Figura 4 expressa os percentuais de cada município da microrregião Sudoeste Serrana.

Figura 4 – Volume de produção de café na microrregião Sudoeste Serrana sob o percentual dos municípios



Fonte: IBGE (2016).

Nogueira (2004) descreve que a região Sudoeste Serrana pode ser vista como uma região com forte identidade rural, pois essa identidade é construída em razão das características das

práticas sociais, dos costumes e dos símbolos de grande parte de sua população. Ela aparece na representação do próprio grupo social enquanto rural, e pela atribuição de ruralidade, dada ao grupo, por pessoas de fora; por exemplo, pelos moradores dos grandes centros urbanos e pelos turistas, em especial.

Segundo Frederico (2014), o predomínio do plantio de montanha torna o café uma *commoditie* singular: dificulta a produção em larga escala, em virtude da dificuldade de mecanização, porém confere alguns *status* diferenciados quanto aos processos de produção. Conferindo assim uma característica única ao território de regiões montanhosas, tendo em vista que esforços foram empreendidos ao longo de toda história da cafeicultura do Espírito Santo, objetivando o aumento da produção, o melhoramento genético e a melhoria da qualidade.

Dentre as ações voltadas para a qualidade, Monte e Teixeira (2006) enfatizam que, visando a melhoria da qualidade do café produzido, foi lançado, em 1999, um projeto que deu grande impulso à produção de café de qualidade superior nas montanhas do Estado. Trata-se do Programa Café das Montanhas do Espírito Santo, iniciativa do Emcaper, onde se desenvolveu um esforço conjunto de componentes da cadeia produtiva, do agronegócio Café no Espírito Santo, envolvendo organismos governamentais e não governamentais, com o intuito de impulsionar a projeção dos cafés produzidos no cenário brasileiro e internacional por meio da difusão da qualidade.

Observa-se, então, que a cafeicultura assume enorme importância na geração de postos de trabalho e de renda no campo, contribuindo para evitar o êxodo rural, como na obtenção de divisas para o país (SIQUEIRA et al., 2011).

Muitas destas ações obtiveram êxito, outras ficaram à margem do processo, sendo possível discutir a viabilidade para o desenvolvimento de novas ações na cafeicultura de montanha do Espírito Santo, na tentativa de refinamento de processos tecnológicos que possam aferir ganhos de escala na qualidade sensorial dos cafés, tidos como especiais.

Para Galeano (2016), o setor ganha maior importância a cada dia por seu esforço na diversificação da produção e inter-relação com demais setores de atividade, como setores fornecedores de insumos, indústrias e, principalmente, agroindústrias, visando sempre a melhoria da qualidade e a agregação de renda ao produto.

A cadeia produtiva do café no Brasil possui inúmeras particularidades, contornos sociais e demográficos, que conferem a este setor complexidade e dinâmica. Este capítulo abordou de forma breve a história do café, passando por sua descoberta no mundo, sua chegada ao Brasil e as principais características do café no estado do Espírito Santo, tendo a microrregião Sudoeste Serrana como foco, por se tratar da área de estudo delimitada nesta tese. O capítulo 3 apresenta

os fatores ligados à qualidade e seus determinantes, apresentando uma revisão de diferentes estudos e fatores relativos à qualidade.

3 FATORES DETERMINANTES NA QUALIDADE FINAL DO CAFÉ ARÁBICA

Como já discutido, a qualidade do café pode ser influenciada por diversos fatores, dentre eles, as condições edafoclimáticas⁷, os microrganismos presentes no solo e nas plantas, o manejo da lavoura e da colheita, bem como as etapas do pós-colheita, tendo como ponto-chave o processamento e a secagem, além dos constituintes químicos que interagem durante o processo de torração dos frutos.

Este capítulo apresenta uma revisão de diferentes fatores inerentes à qualidade, sendo a abordagem inicial focada pelo processamento via-úmida, discutindo sua origem e diferentes tipologias, seguida da apresentação de estudos que discutem o efeito da altitude e sombreamento como resultantes da qualidade, passando pela ação microbiológica e de fermentação do café, sendo este um dos pontos responsáveis pelas alterações da qualidade, e, por fim, os constituintes químicos (compostos voláteis) ligados ao café, encerrando o capítulo com o processo de análise sensorial do café.

3.1 PROCESSAMENTO DO CAFÉ APÓS A COLHEITA

O café pode ser processado por duas vias distintas, via seco (*dry* ou natural) ou por via-úmida, denominado (*wet process, pulped natural*), podendo conter variações. Esse capítulo versará apenas sobre as diferentes tipologias do processamento via-úmida, por ser o objeto de experimentação desta tese.

3.2 PROCESSAMENTO VIA-ÚMIDA

O processamento via-úmida consiste na retirada da casca (exocarpo) mediante um processo mecânico, conhecido como despulpamento ou descascamento, sendo que, nesta ação, podem ocorrer algumas variações, como: descascados, removendo-se apenas a casca e a polpa; desmucilados, removendo-se a casca, a polpa e a mucilagem mecanicamente; e despulpados, removendo-se a mucilagem por meio de fermentação após remoção da casca e polpa (BORÉM et al., 2006).

⁷ Edafoclimático possui relação com fatores planta-solo-clima. Os fatores edafoclimáticos são referidos como os mais importantes não só para o desenvolvimento das culturas, como também para a definição de sistemas de produção no meio agrônomo.

Os primeiros relatos de uso da tecnologia de processamento via-úmida (*WetMethod*) remontam ao Oeste da Índia, por volta de 1725 e, neste período, o relato mais fidedigno diz que a introdução do método úmido de preparação tornou desnecessária a colheita manual naquele período (UKERS, 1922).

Existem várias justificativas para a adoção deste método, sendo duas linhas mais plausíveis: a da otimização do pós-colheita e a da fermentação espontânea ou induzida.

- a) A opção recente dos produtores brasileiros pelo café cereja descascado deve-se tanto à redução da área ocupada no terreiro quanto à otimização do uso do secador devido à retirada da casca e à diminuição dos custos de processamento e de secagem (BORÉM et al., 2006). Muitas vezes, quando se opta pela otimização do espaço, a técnica via-úmida, sem a fase de fermentação, atua como medida preventiva, agilizando o processo de secagem com a retirada da casca; ou como ação corretiva para reduzir falhas existentes na colheita ou na infraestrutura (SANTOS; CHALFOUN; PIMENTA, 2009);
- b) Em contrapartida, a casca é removida dos frutos do café por remoção mecânica e em seguida é realizada uma degradação fermentativa da mucilagem restante, antes de se secar os grãos (KLEINWÄCHTER; SELMAR, 2010). Os resíduos mucilaginosos são degradados durante a fase de fermentação e depois lavados. Os grãos resultantes são cobertos pelo endocarpo, denominado pergaminho. O café em pergaminho é então seco. Sabe-se que a composição química do café processado por via-úmida e a seco pode diferir significativamente, para aminoácidos livres, ácidos orgânicos e carboidratos não estruturais (JOËT et al., 2010), indicando que as fermentações podem ser um dos determinantes da qualidade.

As aplicações para o processamento via-úmida se formaram em condições distintas, historicamente, uma vez que se acreditava que a alta carga de umidade relativa em regiões produtoras seria capaz de fermentar o café e fazer com que ele perdesse qualidade, conseqüentemente, adotou-se essa estratégia de processamento (UKER, 1922).

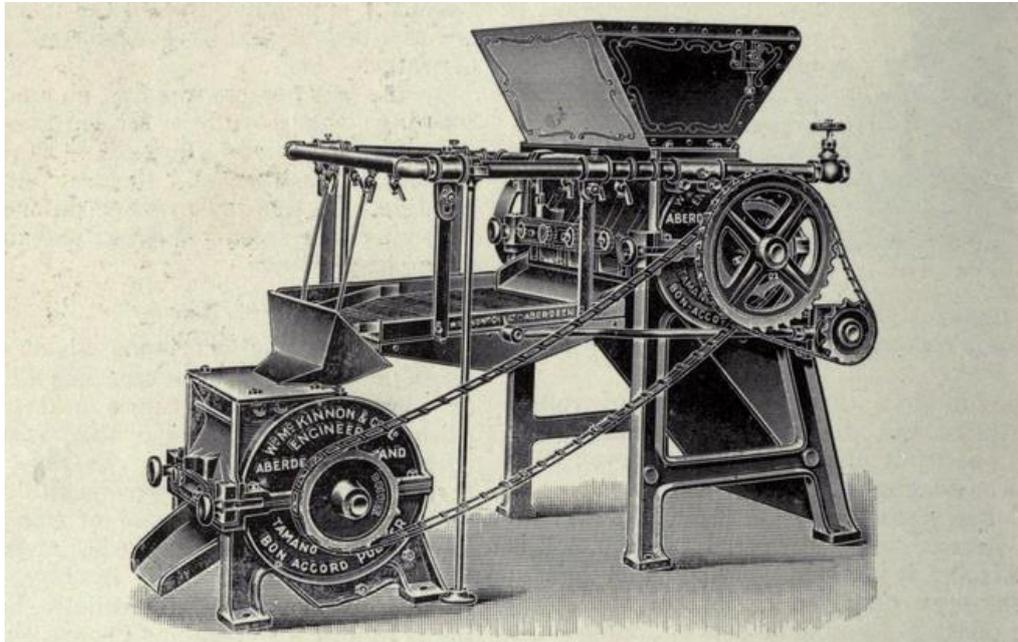
O uso da tecnologia de via-úmida foi principalmente adotada nas regiões equatoriais, onde há contínua precipitação durante o período de colheita, sendo consideradas impróprias ao processamento por via seca (NOBRE et al., 2007; MALTA et al., 2013; SANTOS; CHALFOUN; PIMENTA, 2009). A explicação de Quintero (1996), é que no caso do processamento por via seca nestas regiões, há maiores riscos de o café contrair fermentações

indesejáveis, pois o fruto passa muito tempo em contato com a polpa e a mucilagem, que, por sua vez, representam uma barreira para o rápido declínio da umidade, a qual varia de 60% a 75% no início do processo. O elevado teor de umidade e a composição em açúcares de sua polpa, no estágio de maturação cereja, colocam o café como um fruto com todas as condições de perecibilidade, o que faz com que a qualidade do café se encontre estreitamente relacionada com a eficiência do processamento e da secagem (NOBRE et al., 2007).

Além de se evitar fermentações indesejáveis, Borém et al. (2006) argumentam que a opção recente dos produtores brasileiros pelo café cereja descascado deve-se, por conter, predominantemente, frutos maduros, o que favorece a obtenção de cafés de melhor qualidade.

A Figura 5 apresenta um dos primeiros modelos de descascador de café para uso no método de processamento via-úmida, que no final do século XVIII demandava grandes volumes de água no trabalho de remoção da casca durante o processamento. Com o passar dos anos, as tecnologias foram sendo refinadas e já existem descascadores de café capazes de operar sem o uso da água.

Figura 5 – Tandem Coffee Pulper. Uma combinação do despulpador Bon-Accord-Valencia e o repassador Bon-Accord



Fonte: retirada de All about coffee (1922).

O processamento via-úmida normalmente propicia sabores muito semelhantes entre os cafés que adotam essa tecnologia, possuindo característica de serem mais ácidos que os cafés naturais, com corpo médio, doçura média e muito equilíbrio entre os demais atributos. Mesmo assim, algumas variações dentro do sistema via-úmida podem alterar a qualidade. Brevemente,

essas variações são discutidas na tabela XX em forma de sumário com base no desmembramento do processamento por via-úmida.

Tabela 3 – Resumo das diferenças básicas entre os sistemas de fermentação na fase de processamento por via-úmida

Métodos	Variedade	Fermentação espontânea	Fermentação induzida	Tempo de fermentação	Degradação da mucilagem	Uso de água na fase de fermentação	Perfil Sensorial
<i>Washed</i>	Arábica	X	-	12 a 48 h	X	X	Diverso
<i>Fully-Washed</i>	Arábica	X	-	12 a 36 h	X	X	Diverso
<i>Semi-dry</i>	Arábica	X	-	-	-	-	Adocicado
<i>Yeast fermentation</i>	Arábica		X	36 a 120 h	X	X	Alccólico/Frutado

Fonte: o autor.

- a) *Wet Process/Washed* – Cereja despulpado: o objetivo deste processamento é remover a casca e a mucilagem do café maduro, de forma ambientalmente amigável. Para processar apenas cafés maduros (BRANDO; BRANDO, 2015), compreendendo as seguintes etapas: remoção da casca do café cereja, remoção da mucilagem por meio da fermentação (em tanques) e secagem, para obtenção do pergaminho seco (QUINTERO, 1999). O tempo de fermentação varia de 12 a 48 horas. Na obtenção do café despulpado (*washed*), após o descascamento, a parte da mucilagem que ainda está aderida aos frutos é removida em tanques de fermentação (MALTA et al., 2013). Para Quintero (1999), a fermentação via úmida (*washed*) utilizando o método natural da Colômbia, proporciona café com maior acidez, melhor retrogosto e corpo, se comparado com outros métodos;
- b) *Fully Washed* – Cereja desmucilado: normalmente é realizado através de tanques de fermentação; esse método tem sido muito utilizado no processamento via-úmida para o café arábica de alta qualidade, onde o café fermenta em períodos de 12 a 36 horas (RIKXOORT et al., 2014). Este processo de fermentação pode ser completado simplesmente deixando o café no tanque de fermentação por si só (fermentação a seco), ou embebendo o café em água (fermentação molhada) (UKER, 1922; SHULER, 2017). Esta técnica está se espalhando rapidamente novamente, com base em evidências empíricas (aplicações de campo sem estudos) e sem muito suporte teórico e científico (SCHWAN; FLEET, 2015);
- c) *Semidry* – Cereja descascado: esse processo foi iniciado na década de 1990 como um sistema intermediário entre os métodos tradicionais secos e úmidos. Usado

originalmente no Brasil, também é chamado de *pulped natural*, a fim de claramente identificá-lo a partir dos processos secos e úmidos (BRANDO, 2009). Neste método, os produtores apenas lavam, boiam, separam os frutos verdes dos maduros e descascam as cerejas. Após o processo, os frutos são levados para a secagem, imediatamente, com toda a mucilagem presente no pergaminho, o café é seco em uma camada fina em pátios de cimento ou em terreiros cobertos, durante um período de 10 a 15 dias para permitir maior degradação aeróbia da mucosa, o processo de fermentação ocorre diretamente no pergaminho (VILELA et al., 2010);

- d) Fermentação Induzida: nos últimos anos, uma releitura e refinamento deste método ocorreu por meio de trabalhos voltados à potencialização da qualidade, com a utilização de culturas de arranque durante o processamento via-úmida. Dentre os trabalhos que utilizam culturas de arranque (microrganismos para potencializar a fermentação) durante o processamento via-úmida, como agentes potencializadores da qualidade, citam-se Evangelista et al. (2014a) e Pereira et al. (2015), para fermentações induzidas, com o uso de leveduras. Knopp, Bytof e Selmar (2006) abordam que existem diferenças de sabor, em razão do processamento que o café recebe após a colheita, em parte, este fator tem que ser atribuído em razão das mudanças químicas e bioquímicas que podem ocorrer com os frutos durante o processamento.

Os processos metabólicos ocorrem de forma diferente no pós-colheita, dependendo do método de processamento que é empregado. A composição química dos grãos de café pode ser alterada, em virtude das alterações físicas, bioquímicas e fisiológicas que ocorrem durante o processamento e a secagem dos grãos (DIAS et al., 2012).

No caso do Brasil, o processamento via-úmida pode ser entendido como três etapas clássicas (Figura 6):

- a) Removendo-se a casca e a mucilagem mecanicamente: denominando-se desmucilado;
- b) Remover apenas a casca e parte da mucilagem, com secagem dos frutos com mucilagem aderida ao endocarpo (pergaminho): denominando-se cereja descascado (CD);
- c) Removendo-se a casca mecanicamente e a mucilagem por meio de fermentação (despolpado) (REINATO et al., 2012).

Figura 6 – Amostras de café em estágio de secagem após diferentes formas de processamento via-úmida no Brasil



Cereja desmucilado – *Fully Washed*

Cereja descascado – *Semi-Dry*

Cereja despolpado – *Washed*

Fonte: Banco de imagens do autor.

Quando o produtor opta pelo processamento via-úmida, é possível ter em mãos diferentes padrões e nuances de aromas, bem como de sabores, dependendo da metodologia adotada pelo produtor após a colheita. Porém, o método em si não garante a qualidade, pois uma gama de fatores pode interagir no decurso entre a colheita até o final do preparo do café.

Desenvolver e controlar processos na produção de cafés especiais tem-se mostrado uma tarefa complexa e, muitas vezes, sem um consenso sobre o melhor método de processamento no pós-colheita, sendo que os mesmos podem variar de região para região. Velmourougane (2013) reforça a necessidade de se estudar técnicas de processamento, buscando formas de melhorar o resultado final da qualidade do café arábica.

Gonzalez-Rios et al. (2007) detectaram que a retirada da mucilagem por meio da degradação em água (*washed* ou despolpado), proporcionou cafés com mais atributos e particularidades de frutado, floral e caramelo, ao passo que a remoção de mucilagem mecanicamente proporcionou bebidas mais secas e neutras.

Apesar das diferentes tipologias existentes e de cada região produtora possuir suas características em relação aos métodos comumente utilizados, uma releitura da otimização vem sendo empreendida na tentativa de gerar ganhos sensoriais na produção de cafés processados por via-úmida. O processo denominado cereja descascado (*semi-dry*) encontra-se em fase de expansão entre os produtores do Brasil, exigindo maiores investimentos em pesquisas, com vistas a responder a diversos questionamentos sobre a qualidade dos grãos resultantes desse tipo de processamento (SILVA et al., 2004).

Fica evidenciado, então, que o processamento pode alterar e modificar as nuances finais da bebida do café, estando interligada a fatores complexos que interagem com demais

processos. Adiante são abordados os aspectos relativos à influência da altitude, do sombreamento e da radiação solar na qualidade sensorial da bebida do café arábica.

3.3 ALTITUDE E SOMBREAMENTO: INFLUÊNCIA RELATIVA SOBRE A QUALIDADE SENSORIAL DO CAFÉ

O café arábica no Brasil é normalmente produzido a pleno sol, em zonas que variam de 600 a 1.400 metros de altitude, criando assim estratos e diferentes percepções sensoriais associadas aos sabores que cada café pode ter em virtude das condições edafoclimáticas, de relevo e da incidência de radiação solar.

Para Neto et al. (2014), as constatações das alterações climáticas do planeta fazem com que novas técnicas de manejo sejam desenvolvidas, visando melhores adaptações da lavoura ao novo cenário climático mundial. Bertrand et al. (2006) discutem que depois de várias décadas promovendo intensivamente sistemas de plantio de café em pleno sol, há um renovado interesse na gestão do café arábica sob condições de sombra, principalmente, na América Central.

Acredita-se que os desafios impostos pelas alterações climáticas à produção agrícola em geral foram cada vez mais intensos. Decorrentes de fenômenos, como El Niño e La Niña, resultantes de alterações atmosféricas, as atividades antrópicas, como desertificações, salinização de solos e escassez de água foram mais comuns, e as práticas de mitigação de seus efeitos devem ser incorporadas às práticas agropecuárias (INNOCENTINI, 2015).

Segundo Botero et al. (2006), existe uma grande controvérsia sobre a produção de café sombreado e a pleno sol; para Somporn et al. (2012), pouco se tem discutido a respeito do efeito do sombreamento na qualidade final do café arábica. Muito desta controvérsia está associada a qual altitude e perfil de solo as lavouras podem receber ou não sombreamento.

Para os autores, estudos nesta linha precisam considerar o nível de radiação solar, a luminosidade das lavouras, bem como a temperatura média. Nesta linha de raciocínio, alguns estudos tentam evidenciar o efeito do sombreamento, da altitude e da incidência de radiação solar sobre a qualidade do café. Dentre estes estudos relativos à altitude e sombreamento, destacam-se as contribuições de Guyot et al. (1996) e Bertrand et al. (2006), indicando que o sombreamento e a altitude têm promovido a melhoria de qualidade ao café arábica.

Conforme Silva et al. (2004), os cafés sem a presença dos defeitos, produzidos na faixa de 920 a 1.120 metros, apresentam corpo e acidez mais fracos e doçura mais alta do que os produzidos na faixa de 720 a 920 metros.

Até então, o que se sabe é que, normalmente, no Brasil, o café de região mais fria (altitude mais elevada) recebe maiores notas referentes ao sabor, ao aroma, à doçura e ao corpo, que as amostras de regiões mais quentes (ANDROCIOLI et al., 2003). Para Damatta (2004), este fator está associado ao fato de as altas temperaturas impedirem a translocação de compostos químicos para os frutos.

Os fatores ambientais mais mencionados que estão vinculados à qualidade do café são altitude, sombreamento e precipitação (com efeitos positivos e negativos). Outro fator importante associado à qualidade é a dependência da exposição da inclinação em que os cafeeiros são cultivados. Para algumas plantas cultivadas sob essas condições, os efeitos do clima sobre o declive na qualidade do produto final são conhecidos há muito tempo (vinhos, chás, etc.); porém, para a cultura do café, esses fenômenos não estão claros (AVELINO et al., 2005).

No Brasil, o cultivo a pleno sol é uma prática muito comum, em quase todas as regiões produtoras de café arábica e conilon. No entanto, o sistema de café em pleno sol e de manejo intensivo não é recomendado na ausência de condições ecológicas ótimas. Esses sistemas são menos ecológicos, pois a presença de árvores para geração de sombra é conhecida por melhorar o teor de matéria orgânica do solo, ajuda a aliviar a alta radiação solar, amortecer mudanças diurnas prejudiciais na temperatura, que, conseqüentemente, poderiam afetar o cafeeiro (VAAST et al., 2006).

É comum o emprego de dois termos específicos para denominar a orientação da encosta da montanha em relação à radiação solar incidente. Um deles é a “Encosta” ou “Face Noruega”, que faz referência à encosta da montanha orientada em direção ao quadrante Sudeste, no qual se encontram as lavouras de café que recebem menor incidência de radiação solar direta, o outro é a face de solo Soalheira, onde as lavouras recebem maior carga de incidência solar (ZAIDAN et al., 2017).

Para Sedyama et al. (2001), as encostas de face Sul e Sudoeste podem estar sob a influência de ventos moderados a fortes, com temperaturas baixas. Por outro lado, as regiões norte, noroeste e nordeste mostram-se mais inaptas ao plantio por deficiência hídrica, ocorre com maior expressão nas regiões conhecidas como soalheiras.

A partir dos relatos científicos, de que o clima pode ser um aliado da qualidade, existem esforços para tentar demonstrar que terrenos mais sombreados naturalmente produzem cafés de melhor qualidade do que terrenos soalheiros. Nesta breve discussão, fica evidente que os fatores ligados ao sombreamento e os níveis de incidência de radiação solar devem ser considerados em virtude da altitude e do processamento que é dado ao café após a colheita, justificando a

necessidade de se estudar tais fatores. A literatura nessa questão torna-se divergente entre os trabalhos realizados em diferentes zonas de altitude.

3.4 A AÇÃO MICROBIOLÓGICA E A FERMENTAÇÃO NO DECURSO DO PROCESSAMENTO VIA-ÚMIDA

As populações microbianas desenvolvem-se em vários habitats, interagindo e modificando aspectos químicos e físicos do ambiente. Neste processo, podem colonizar vários substratos, modificando-os por meio da excreção de seus produtos metabólicos. Os grãos de café (casca, polpa e semente) servem de substrato para o desenvolvimento de bactérias, leveduras e fungos filamentosos, suprindo-os de fontes de carbono e nitrogênio, por apresentarem celulose, hemicelulose, pectinas, açúcares redutores, sacarose, amido, óleos, proteínas, ácidos e cafeína. A diversidade microbiana presente nos grãos de café depende de fatores ambientais da região de cultivo, como: umidade, temperatura, época do ano, população do solo e variedade do café cultivado e forma de manejo da cultura (SILVA et al., 2000).

O primeiro estudo a relatar a incidência dos microrganismos correlacionados com a perda de qualidade do café data de 1936, publicado por Krug (1940), onde o autor identificou micélio de *Fusarium*⁸ em grãos de café.

A composição do mesocarpo mucilaginoso dos frutos de cafés maduros inclui açúcares, polissacarídeos complexos, proteínas, lipídios e minerais. Em detrimento desta composição química, tornam-se um meio favorável para o crescimento de bactérias, fungos e leveduras (AVALLONE et al., 2000; DE CASTRO; MARRACCINI, 2006).

Quando estes microrganismos atuam, eles podem promover ações fermentativas que podem ser benéficas ou não à qualidade do café. Sobre o mesocarpo, Yamada (1999) aborda que a ação dos microrganismos endofíticos e seus produtos metabólicos em frutos de café pode afetar negativa ou positivamente a expressão da qualidade final da bebida do café e estes microrganismos somados aos epifíticos, de ocorrência natural em frutos de café, desempenham um papel importante na produção de metabólitos secundários, que interferem positiva ou negativamente na qualidade do café (SANTOS, 2008).

Os microrganismos endofíticos são descritos por atuarem primeiramente na superfície, para penetrar no hospedeiro, atuando de forma interna no tecido da planta, sendo descritos pela primeira vez por Bary (1866). Por mais de um século eles foram quase que ignorados,

⁸ A presença de fungos da espécie *Fusarium* tem sido discutida como um importante agente da perda de qualidade do café, quando os frutos sofrem processamento natural (FERREIRA et al., 2011).

principalmente devido ao fato de que se conhecia muito pouco sobre suas reais funções no interior dos vegetais e também por não produzirem em seus hospedeiros estruturas externas visíveis. Talvez, por isso, microrganismos benéficos que colonizam o interior do hospedeiro e que formam estruturas visíveis são intensamente estudados (NETO; AZEVEDO; ARAÚJO, 2002).

Os frutos do cafeeiro podem sofrer diversas reações biológicas e químicas durante a colheita, o processamento, a secagem, o armazenamento e a torrefação. Sendo o processo de fermentação uma etapa quase que concomitante com a colheita, segundo enfatiza Evangelista et al. (2014a), os frutos de café ao serem processados permitem o surgimento de uma fermentação espontânea ou selvagem. Os açúcares e pectinas presentes na mucilagem permitem o crescimento de microrganismos, especialmente bactérias e leveduras.

A função da fermentação é relativizada, muitas vezes, com o objetivo de degradação da mucilagem (apenas para a remoção dos açúcares presentes no pergamínio para facilitar a secagem do café), seja a fermentação em estado líquido, quando o café é processado por via-úmida (em tanques), seja por via seca, quando os frutos vão para a secagem natural. Autores têm discutido que as fermentações espontâneas ocorrem durante o processamento via-úmida e via seca, em razão de uma gama de microrganismos presentes nos frutos, como as bactérias, as leveduras e fungos filamentosos (PEREIRA et al., 2014; EVANGELISTA et al., 2014a, 2014b; MASOUD et al., 2006).

Para que o processamento de café alcance este nível de refinamento, seja por via-úmida ou via seca, é necessário estudar detalhadamente os processos internos à fermentação, tanto no aspecto do processamento em si quanto nas mudanças de ordem química e biológicas que possam ocorrer neste decurso.

A partir destas proposições é possível criar uma lacuna de oportunidades para maiores investigações, conseqüentemente, aumentar o conhecimento sobre a ecologia dos microrganismos e a bioquímica dentro do processamento/fermentação do café e como esse conhecimento científico pode contribuir para o desenvolvimento do caráter bebida de café (PEREIRA et al., 2014; KLEINWÄCHTER; SELMAR, 2010). Para Masoud et al. (2004), as informações quanto à comunidade de leveduras durante a fermentação do café ainda são limitadas, principalmente, sobre suas ações no decurso do processamento.

Embora ainda não exista um acordo ou consenso, evidências recentes sugerem que os mecanismos pelos quais os microrganismos podem exercer impacto sobre o processamento de café passam pelos seguintes estágios: a degradação de materiais de celulose e mucilagem; gerando contribuições positivas e negativas para o sabor e aroma do café; a produção de

microtoxinas que afetam a segurança alimentar do café; e o biocontrole de qualidade (SCHWAN; FLEET, 2015).

Os produtores que optam pelo processo de fermentação via-úmida geralmente adotam um período relativamente curto de fermentação (24 a 48h), onde a lavagem com água é usada para remover a camada de mucilagem final. Os cafés são, em seguida, levados para secagem até atingirem 12% de umidade (UKERS, 1922; CORREA et al., 2014; TASCÓN et al., 2014; ESQUIVEL; JIMÉNEZ, 2012). Neste momento do processo, ocorrem ações microbianas que atuam com a fermentação no processamento via-úmida, sendo que no início da fase de fermentação, a população de bactérias é maior do que a população de levedura, independentemente do processo. Os gêneros mais comuns de bactérias presentes durante a fermentação de café são: *Lactobacillus*, *Bacillus*, *Arthrobacter*, *Acinetobacter*, *Klebsiella* e *Weissella*. As leveduras tendem a aumentar durante a fermentação/secagem e podem chegar a valores maiores do que a população bacteriana. Dentre as leveduras, cita-se: *Saccharomyces*, *Pichia*, *Cândida*, *Rhodotorula*, *Hanseniaspora* e *Kluyveromyces*, sendo a maioria dos gêneros de leveduras comumente encontradas (EVANGELISTA et al., 2014a).

É evidente que a fermentação é um processo complexo, que envolve diversos fatores, com a ação de diferentes microrganismos, que podem atuar tanto na melhoria, quanto na perda da qualidade. Daí a importância em se conhecer melhor a ação da microbiota e dos processos de fermentação no decurso da produção de cafés especiais, tendo em vista a oportunidade de criação de processos mais padronizados, que considerem os fatores descritos, com vias de se promover melhorias de qualidade ao produto final, bem como segurança alimentar ao consumidor.

Como parte final desta revisão de literatura sobre o tema, discute-se a relação dos parâmetros químicos do café e como estes fatores estão associados com a qualidade final da bebida.

3.5 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO CAFÉ E SUA INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DO CAFÉ

A qualidade do café está diretamente relacionada a vários componentes químicos, que são responsáveis pelo produto final do grão torrado, cor, sabor e aroma de bebidas, e entre estes compostos destacam-se os constituintes voláteis e os fenólicos (ácido clorogênico) (PEREIRA et al., 2010).

Para Scholz et al. (2011), a origem genética e as condições ambientais são fatores determinantes na formação da composição química do café, os quais, após a torra, definirão a qualidade sensorial da bebida.

Uma característica interessante da bebida do café é o de ser consumida, basicamente, em virtude dos efeitos fisiológicos e psicológicos relacionados à presença da cafeína e, principalmente, pelo prazer e satisfação que seu aroma e sabor são capazes de proporcionar. Dos dois atributos sensoriais mencionados, o aroma é, indubitavelmente, o mais complexo. Enquanto a sensação do sabor é relativamente simples, sendo normalmente classificada em quatro qualidades (doce, salgado, amargo e azedo), as modalidades de aroma ainda estão sendo intensamente discutidas nos meios científicos. O aroma do café é formado por uma mistura extremamente complexa de inúmeros compostos voláteis que apresentam qualidades de aroma, intensidades e concentrações diferentes (MOREIRA; TRUGO, 2000).

A bebida do café é constituída por diversos compostos químicos presentes nos grãos, que sofrem modificações após o processo de torração. Dentre estes compostos, há de se citar os voláteis e não voláteis. Dentre estes compostos, os polissacarídeos, lipídios e proteínas parecem ser os principais constituintes do café verde, e os componentes menores, como: cafeína, trigonelina, ácidos clorogênicos, açúcares livres (principalmente sacarose), aminoácidos livres, e outros, também são relevantes (Tabela 4). Os compostos menores, massas moleculares, são de particular interesse, porque eles são uma importante fonte de aroma de café (PREDY, 2015).

Tabela 4 – Os principais componentes de grãos de café verde (W / w% de peso seco)

Componentes	Arábica	Robusta
Cafeína	0,6-1,5	2,2-2,8
Trigonelina	1,0	0,7
CQA	5,2-6,4	5,5-7,2
3,5-Di-O-ácido cafeoilquínico	0,7-1,0	1,4-2,5
O-Ácido feruloilquínico	0,3-0,5	0,5-1,5
Outros ácidos orgânicos	~2	~2
Sacarose e outros açúcares redutores	5,3-9,3	3,7-7,1
Flavan	9-13	6-8
Mannan	25-30	19-22
Galactan	4-6	10-14
Outros polissacarídeos	8-10	8-10
Aminoácidos livres	0,4-2,4	0,8-0,9
Proteínas	~12,4	~12
Cafestol	0,7-1,1	n,d,
Ácidos Graxos	10-14	8-10
Outros lipídios	~2	~4
Minerais	~4	~4
Total	91-114	86-107

Fonte: adaptada de *Coffee in health and disease prevention* (2015).

3.5.1 pH e Acidez Titulável

O café possui, em sua composição química, ácidos que reagem com o processo de torração dos frutos, e, conseqüentemente, podem modificar o sabor da bebida final. Para Predy (2015), vários ácidos alifáticos, comuns à maioria das plantas, têm sido identificados em grãos de café verde, dentre eles os ácidos, cítrico, málico, quínico e acético.

A acidez percebida no café é um atributo importante para a análise sensorial do produto, sabendo que sua intensidade varia em razão do estágio de maturação dos frutos, local de origem, tipo de colheita, forma de processamento, tipo de secagem e condições climáticas durante a colheita e secagem (SIQUEIRA; ALBREU, 2005).

Para Abrahão et al. (2010), inúmeros trabalhos tentam correlacionar a qualidade final da bebida do café com a composição química do grão verde ou torrado, sugerindo que cafés de qualidade inferior apresentam menores teores de açúcares e proteínas com maior acidez total titulável.

Siqueira et al. (2005) descrevem que a acidez percebida no café é um atributo importante para a análise sensorial do produto, sabendo que sua intensidade varia conforme o estágio de maturação dos frutos, local de origem, tipo de colheita, forma de processamento, tipo de secagem e condições climáticas durante a colheita e secagem. Complementar à acidez do café, o pH é um indicativo de eventuais transformações dos frutos de café, como as fermentações desejáveis ou indesejáveis que ocorrem na pré ou pós-colheita.

Conforme Moreira e Trugo (2005), os ácidos clorogênicos possuem um conjunto de cinco grupos principais de compostos fenólicos, e seus isômeros são formados principalmente pela esterificação do ácido quínico, ou com um dos ácidos derivados do ácido cinâmico, o ácido cafeico, o ferúlico, ou o p-cumárico.

Os cafés processados por via-úmida possuem carga de acidez mais elevada do que os cafés processados por via seca. Assim, houve um interesse precoce na caracterização de ácidos no café torrado e como estes interagem com a qualidade, em variedades de café arábica, com o pH da bebida entre 4,85 e 5,15 (CLARKE; VITZTHUM, 2001). Sabe-se que o pH é indicativo de eventuais transformações dos frutos de café, como as fermentações indesejáveis que ocorrem na pré ou pós-colheita, originando defeitos (SIQUEIRA; ALBREU, 2005).

Para Clarke e Vitzhum (2001) não existe dúvida de que a concentração de íons de hidrogênio está associada com a acidez percebida e que diversos estudos demonstraram que existe uma moderada correlação entre o gosto amargo e o pH.

3.5.2 Cafeína

A principal ação da cafeína no organismo humano é caracterizada pela propriedade diurética. Além disso, excita o sistema nervoso central, age sobre o sistema muscular circular, principalmente sobre o músculo cardíaco. Em pequenas doses, ela diminui a fadiga (SALDAÑA; MAZZAFERA; MOHAMED, 1997).

O teor de cafeína de grãos de café verde varia de acordo com a espécie; o café robusta contém cerca de 2,2-2,8% de cafeína, e o café arábica cerca de 0,6-1,2% (PREDY, 2015; ESQUIVEL; JIMÉNEZ, 2012). Entre os diversos compostos sabe-se que sacarose, cafeína e trigonelina são geneticamente controlados (SCHOLZ et al., 2013). Vários componentes do café, incluindo a cafeína, o potássio e fenóis, têm sido responsabilizados pela redução no ganho de peso, mas os agentes causadores e seus mecanismos de ação nunca foram claramente identificados (CLIFFORD, 1991).

Nesta perspectiva, os Ácidos Clorogênicos (CGA), cafeína e trigonelina têm sido objeto de investigações em vista dos seus efeitos biológicos potencialmente positivos em humanos (DUARTE et al., 2010). Para Flores, Andrade e Lima (2000), estudos epidemiológicos recentes descobriram uma possível associação do benefício da ingestão diária moderada de café e uma menor incidência de cirrose e de suicídio entre adultos, bem como uma incidência significativamente menor de doença de Parkinson.

3.5.3 Compostos fenólicos e a relação do ácido clorogênico com a qualidade

Os compostos fenólicos são amplamente distribuídos em todas as plantas e representam o maior grupo entre os compostos bioativos encontrados nos vegetais. Entre os alimentos ricos em compostos fenólicos incluem-se cacau, vinho tinto, romãs, bagas, chá, café, frutas cítricas e as nozes (CORREA et al., 2015).

Os compostos fenólicos, além de serem relatados como contribuintes do sabor e aroma característicos das bebidas de café, são conhecidos em razão das propriedades fisiológicas e farmacológicas que conferem à saúde humana, como a atividade antioxidante.

Entre os principais componentes da fração fenólica figuram os ácidos clorogênicos (CGA), na forma de diversos isômeros, considerados os mais importantes e os que se apresentam em maior quantidade nos grãos de café verde. A atividade antioxidante de compostos fenólicos deve-se, principalmente, às suas propriedades redutoras e estrutura química. Essas características desempenham um papel importante na neutralização de radicais

livres e quelação de metais de transição, agindo tanto na etapa de iniciação quanto na propagação do processo oxidativo (ABRAHÃO et al., 2010).

Dentre os compostos fenólicos do café, os ácidos clorogênicos são um conjunto de cinco grupos principais de compostos fenólicos e seus isômeros formados, principalmente, pela esterificação do ácido quínico com um dos seguintes ácidos derivados do ácido cinâmico: o ácido cafeico, o ferúlico, ou o *p*-cumárico (MONTEIRO; TRUGO, 2005).

Para Moreira e Trugo (2005), os ácidos clorogênicos sofrem intensa degradação térmica durante o processamento do grão, gerando uma série de compostos voláteis, importantes para o *flavor* da bebida, como os derivados de piridina e do pirrol, oriundos da trigonelina e compostos fenólicos oriundos dos clorogênicos. A trigonelina, os ácidos clorogênicos e a cafeína são facilmente solubilizados em água quente e, portanto, estarão presentes na bebida do café. Os principais grupos de isômeros dos ácidos clorogênicos encontrados no café são os ácidos cafeoilquínicos, os dicafeoilquínicos e os feruloilquínicos.

Pesquisas vêm tentando demonstrar uma relação direta entre a qualidade sensorial do café e os níveis de compostos fenólicos e ácidos clorogênicos, no intuito de reduzir a subjetividade nos processos de classificação da bebida do café, que é determinada pelo uso de Q-Graders. Dentre os trabalhos nesta linha, citam-se as contribuições de Pereira (1997), Pinto et al. (2001), Abrahão et al. (2010), onde os autores observaram aumento no conteúdo de 5-ACQ à medida que a qualidade da bebida diminuía, porém Franca, Mendonça e Oliveira (2005) não verificaram relação entre os níveis de 5-ACQ com a qualidade da bebida de quatro classificações de café arábica (mole, dura, riada e rio), bem como Angnoletti (2015), que verificou maior acidez em amostras de café do tipo bebida mole e menor acidez na amostra rio zona, sugerindo que dentro das classificações de café arábica, maior acidez foi encontrada em um café de melhor qualidade.

Na pesquisa de Siqueira e Abreu (2005), o valor do ácido clorogênico variou entre os três tipos de processamento, sendo o café descascado o que apresentou maior valor para o grão cru e para Alves et al. (2007) o teor de ácidos clorogênicos cai com a perda de qualidade do café.

Dessa forma, estudar a relação dos ácidos e suas interações com processos sensoriais tem se mostrado uma tarefa inovadora e desafiadora, com o objetivo de redução da subjetividade no processo de determinação da qualidade do café. Duarte et al. (2010) enfatizam que a análise sensorial do café deve ser realizada de modo a correlacionar as diferenças químicas observadas com a qualidade da bebida.

3.5.4 Trigonelina

A trigonelina possui uma baixa toxicidade comparada com a cafeína, atuando principalmente no sistema nervoso central, na secreção da bili e no intestino (SALDAÑA; MAZZAFERA; MOHAMED, 1997).

Entre os precursores de aroma conhecidos, a trigonelina manifesta-se após a torrefação do café, sendo responsável pela formação do sabor, tal como piridina, alquil-piridinas, furanos (KY et al., 2001; CAMPA et al., 2004; PERRONE et al., 2008; DUARTE et al., 2010). Para Belitz (1975 apud CLIFFORD, 1985), a trigonelina não contribui para o amargor presente na bebida do café. Já Alves et al. (2007) entendem que em virtude da grande variação da trigonelina, e pela não estabilidade durante a torra, ela contribui para o sabor amargo e para a formação de compostos aromáticos, em razão das pirazinas, piridinas e derivados.

A trigonelina não apresenta estabilidade térmica, sendo similar aos ácidos clorogênicos, bastante sensível à torrefação (MOREIRA; TRUGO, 2005). A trigonelina é um composto tão sensível que, segundo Wu et al. (1997), quando torrada a 230 °C é fragmentada para formar numerosos radicais livres e estes compostos podem facilmente reagir para produzir novas substâncias. Segundo Alves et al. (2007), o teor de trigonelina decresce com a perda de qualidade dos cafés, independentemente da região de procedência.

A química relativa ao sabor durante a torrefação do café é altamente complexa e não totalmente esclarecida, embora o processo de torrefação pareça ser simples, em termos de condições de processamento, é bastante complexo a partir de um ponto de vista da química, devido às centenas de reações químicas que ocorrem (FARAH et al., 2006b).

As nuances de sabor e de aroma é que tornam o trabalho de avaliação e análise sensorial de cafés uma tarefa complexa; durante o processo de torração, podem ultrapassar a quantia de mais de 800 compostos aromáticos (ALVARADO; LINNEMANN, 2010; BHUMIRATANA; ADHIKARI; CHAMBERS, 2011). No entanto, a questão de qual deles e seus precursores correspondentes são os contribuintes mais relevantes para café, sabor e aroma, ainda não foi respondida (FRANCA; MENDONÇA; OLIVEIRA, 2005).

3.6 CROMATOGRAFIA GASOSA NA ANÁLISE DE COMPOSTOS VOLÁTEIS DO CAFÉ

Cromatografia é definida como um método físico de desmembramento, no qual os componentes a serem separados são seletivamente distribuídos entre duas fases não misturáveis (uma na fase móvel e outra na fase estacionária).

Vários autores têm chamado o século XX de o século da cromatografia, uma vez que nele essa técnica foi altamente importante no desenvolvimento de várias áreas das ciências físicas, biológicas e químicas. No momento, existem indicações que as cromatografias e as suas técnicas relacionadas também proporcionarão relevantes contribuições para o século XXI (COLLINS, 2009).

Essas separações ocorrem entre os componentes por intermédio de uma divisão da amostra entre duas fases: uma dessas fases é um leito estacionário com grande área de superfície e a outra é onde o gás percola através do leito estacionário, na cromatografia gasosa, a amostra é vaporizada e transportada pela fase gasosa móvel (o gás transportador) por meio da coluna, onde a partição da amostra é equilibrada na fase líquida estacionária, com base nas suas solubilidades. Os componentes da amostra (chamados solutos ou analitos) separam-se uns dos outros com base nas suas pressões de vapor relativas e afinidades para com o leito estacionário (MCNAIR; MILLER, 1998).

Um dos trabalhos mais importantes na literatura a respeito da cromatografia gasosa foi aludido aos ganhadores do Nobel de química de 1952, Martin e Synge (1941): “Consideramos aqui um cromatograma do novo tipo, com duas fases líquidas. A extensão da teoria ao cromatograma de adsorção usual é óbvia quando a isoterma de adsorção é uma função linear da concentração de soluto na fase líquida.”

Os autores verificaram que a Cromatografia Gasosa (CG) era simples, rápida e aplicável à separação de muitos materiais voláteis, especialmente petroquímicos, para os quais a destilação era o método preferido de separação naquele momento. Entretanto, apesar da imensa contribuição de Martins e Synge, essa conquista, no entanto, não reduz a importância do trabalho original de Michael S. Tswett, considerado o inventor da cromatografia (ETTRE; SAKODYNSKII, 1993).

A cromatografia gasosa é uma das ferramentas instrumentais mais úteis para separar e analisar compostos orgânicos que podem ser vaporizados sem decomposição. As quantidades relativas dos componentes em uma mistura também podem ser determinadas. Em alguns casos,

a cromatografia gasosa pode ser usada para identificar e quantificar vários compostos (PAVIA; ENGEL, 1998).

A CG é o primeiro método analítico para a separação de compostos voláteis. Ele combina velocidade de análise, resolução, facilidade de operação, excelentes resultados quantitativos e custos moderados. Requer apenas microgramas de amostra, mas fornece dados para a identificação qualitativa de compostos desconhecidos (estrutura, composição elementar e peso molecular), bem como sua quantificação (MCNAIR; MILLER, 1998).

O sabor e as qualidades sensoriais distintivas do café variam enormemente em todo o mundo, em razão das influências da tensão genética, localização geográfica, climas únicos, diferentes práticas agrícolas e variações no método de processamento aplicado, sendo o aroma ou odor, indiscutivelmente o componente mais importante do sabor do café (SUNARHARUM; WILLIANS; SMYTH, 2014).

Os compostos voláteis são responsáveis pelo aroma característico da bebida e são produzidos durante a torrefação do café verde, porém, são geralmente degradados no processo de torrefação por meio da reação de Maillard. Portanto, os compostos voláteis característicos do café torrado normalmente não estão presentes na matriz original e sim são produzidos durante o processo tecnológico (DE MARIA; MOREIRA; TRUGO, 1999). Esse aroma será formado por uma mistura extremamente complexa de inúmeros compostos voláteis que apresentam qualidades, intensidades e concentrações diferentes. Dessa maneira, a contribuição de cada um desses compostos voláteis para o aroma final do café é bem variada, podendo ainda ocorrer interações sinérgicas e antagônicas entre esses diferentes compostos (MOREIRA; TRUGO, 2000).

Os compostos voláteis do café compreendem várias classes químicas que foram identificadas em grãos torrados: furanos, pirazinas, cetonas, álcoois, aldeídos, ésteres, pirroles, tiofenos, compostos de enxofre, compostos benzênicos, compostos fenólicos, fenóis, piridinas, tiazóis, oxazóis, lactonas, alcanos (MONDELLO et al., 2005), alcenos e ácidos, como outras bases (por exemplo, quinoxalinas, indóis), furanonas, entre outros (SUNARHARUM; WILLIANS; SMYTH, 2014).

Para Czerny, Mayer e Grosh (1999), o perfil de sabor do café é causado principalmente pelo 2-furfuriltiol, 4-vinilguaiacol, vários alquino-pirazinas, furanonas, acetaldeído, propanal e os aldeídos oriundos da degradação de Strecker através da formação de CO₂, sendo que muitos aldeídos são importantes substâncias que conferem sabor e aroma ao café.

Os furanos e os piranos são compostos heterocíclicos encontrados em grande quantidade no café torrado e incluem funções, como aldeídos, cetonas, ésteres, álcoois, éteres, ácidos e

tióis. Quantitativamente, as duas primeiras classes dos voláteis no café são os furanos e pirazinas, enquanto qualitativamente, compostos contendo enxofre juntamente com pirazinas são considerados os mais significativos para o sabor do café (CZERNY; MAYER; GROSH, 1999). Cerca de cem furanos já foram identificados no café torrado, oriundos, principalmente, da degradação de glicídios presentes no café e caracterizados pelo cheiro de malte e doce (SUNARHARUM; WILLIANS; SMYTH, 2014; DE MARIA; MOREIRA; TRUGO, 1999).

As pirazinas estão em uma classe abundante de compostos presentes no café, com baixas concentrações que muitas vezes determinam o limiar sensorial para o sabor do café (SUNARHARUM; WILLIANS; SMYTH, 2014). São oriundas do produto gerado pela reação de Maillard (MOON; SHIBAMOTO, 2009). Esse composto pode ser explicado pela degradação de proteínas, através do calor e dos resíduos de aminoácidos que participam da reação de Maillard e contribuem para a formação de compostos contendo nitrogênio, gerando a característica do aroma de caramelo (HWANG; CHEN; HO, 2012).

As piridinas são descritas em cafés com intensidades de torrefação e formam-se a partir da reação de Maillard entre um aminoácido e um açúcar. Notadamente, a literatura discute que em grãos de café torrados sob altas intensidades, as piridinas se intensificam (MOON; SHIBAMOTO, 2009) e contribuem para o aroma esfumaçado (FLAMENT, 2001; LUDWIG et al., 2014).

As cetonas de baixas massas moleculares são abundantes e, da mesma forma que os aldeídos, diminuem durante a estocagem do café torrado. Essas substâncias apresentam propriedades sensoriais bem variadas. A propanona possui um odor de fruta, enquanto a butano-2,3-diona apresenta um aroma semelhante ao de manteiga. Já as cetonas cíclicas, como, por exemplo, a 3-hidroxi-2-metil-4H-pirano-4-ona (maltol) e o cicloteno, apresentam odores que podem ser associados ao açúcar queimado. A β -damascenona apresenta um aroma de chá e de fruta, sendo considerada uma das substâncias de impacto para o aroma final do café (DE MARIA; MOREIRA; TRUGO, 1999). Ainda como produto da reação de Maillard, os aldeídos e ésteres são responsáveis por notas de sabores frutados e maltoses no café, enquanto as dicetonas contribuem para o aroma de manteiga (LUDWIG et al., 2014).

O furfural e seu derivado, o álcool furfúrico são conhecidos por se formar a partir de monossacarídeos, e suas características de sabor são conhecidas por serem doces, parecidas com um pão doce, e carameladas (HWANG; CHEN; HO, 2012). O álcool é gerado por leveduras, mediante processo metabólico, que reage com os ácidos graxos para formar ésteres que proporcionam um saboroso odor ao produto (ZHANG et al., 2014).

Os compostos fenólicos são formados pela degradação de ácidos clorogênicos, que estão presentes em grandes concentrações em grãos de café verde (HWANG; CHEN; HO, 2012). O fenol é dos voláteis mais presentes no café, sua rota de degradação pode sofrer muitas interferências, podendo gerar diferentes voláteis que podem ou não ser associados à qualidade, resultados que podem ser devidos à formação de diferentes precursores (MOON; SHIBAMOTO, 2009).

Os alcenos ou alquenos são hidrocarbonetos responsáveis pela formação de anéis aromáticos ao café. A abundância relativa de hidrocarbonetos aromáticos alquenos aumenta com a temperatura de torra (FISHER et al., 2015) e seus derivados estão associados ao aroma do café.

As plantas de café contêm dois tipos diferentes de alcaloides entregues a partir de nucleotídeos. Um tipo são alcaloides de purina, como a cafeína (1,3,7-N-trimetilxantina) e teobromina (3,7-N-dimetilxantina); o outro é o alcaloide de piridina, o ácido trigonelínico (ácido 1-N-metilnicotínico). A distribuição de cafeína e trigonelina no reino vegetal é diferente; a cafeína está presente no café e no chá, mas a trigonelina é encontrada apenas no café (ASHIHARA, 2006).

Por fim, alguns ácidos graxos e ésteres têm sido descritos nos voláteis como responsáveis pela formação de anéis aromáticos com características frutadas. O acetato palmitato de metilo e palmitato de etila foram detectados em extratos aromáticos de óleo como compostos aromáticos ativos. Os ésteres são os principais compostos voláteis encontrados na maioria das frutas e responsáveis pelas notas frutadas (KESEN et al., 2013). Na maior parte, os ácidos graxos são encontrados no estado combinado, a maioria é esterificada com glicerol nos triglicerídeos, cerca de 20% são esterificados com diterpenos e uma pequena proporção é encontrada nos ésteres de esterol (SPEER, 2001). Essas duas classes estão relativizadas aos compostos aromáticos do café.

Muitos compostos voláteis estão ligados à definição dos cafés especiais⁹, bem como dos não especiais. As investigações sobre a formação, origem e mecanismos químicos que os formam, têm sido amplamente debatidas no meio científico.

⁹ Cafés especiais são definidos pela Specialty Coffee Association of America (SCAA) como cafés que recebem notas acima dos 80 pontos em uma escala que varia de 60 a 100 pontos. Normalmente são cafés que ditam os preços mais elevados no mercado.

3.7 ANÁLISE SENSORIAL DO CAFÉ: UMA FERRAMENTA COMPLEXA

A qualidade do café está diretamente relacionada a vários componentes físicos e químicos que são responsáveis pelo aspecto do grão torrado, sabor e aroma de bebidas. Entre estes compostos destacam-se os constituintes voláteis, compostos fenólicos (ácido clorogênico) (PEREIRA et al., 2010).

O café é uma bebida muito apreciada em diversos países no mundo, por ser um produto natural, com diversos aromas e sabores agradáveis, que o fazem distinto. Dentre as espécies mais cultivadas, destaca-se o café arábica (*Coffea arábica L.*), que apresenta bebida com características organolépticas mais valorizadas, proporcionando bebida de maior valor comercial (FERNANDES et al., 2003).

No comércio de café, os procedimentos de degustação são utilizados para a negociação da *commoditie*, tendo como base a qualidade da bebida, que é descrita pelos provadores, usando opinião pessoal e experiência de degustação acumulada ao longo dos anos (FERIA-MORALES, 2002). Apesar do processo de degustação ser amplamente utilizado, para Di Donfrancesco, Guzman e Chambers (2014), este não se constitui no melhor método de avaliação da qualidade do café, em razão de uma gama de fatores que interferem no processo de degustação.

Segundo Dzung (2010), um dos principais problemas no uso do perito na avaliação sensorial é que a qualificação de *expert* (Q-Graders) não está bem definida. Em acordo com a norma ISO 856-2 (1994), a experiência não é apenas o principal critério de um especialista, pois ele deve ser treinado e ter alta sensibilidade sensorial. Na percepção de Alvarado e Linnemann (2010), o degustador é um juiz que realiza a avaliação sensorial, e este agente é encarregado de avaliar a qualidade do café e, conseqüentemente, este agente influencia na avaliação, conforme suas percepções, ficando, muitas vezes, a cargo destes profissionais a determinação da qualidade final, conseqüentemente, interferindo no preço do produto.

Algumas metodologias, como o protocolo de provas da *Speciality Coffee Association of America* (SCAA) e *Brazil Speciality Coffee Association* (BSCA), definem procedimentos para avaliação sensorial de cafés especiais, sendo esses comumente adotados no Brasil e no mundo. Esta classificação é baseada na prova da xícara, ou seja, gustativa, por meio de Q-Graders, sendo, quase sempre, variável de uma região produtora para outra e não caracterizando os reais constituintes físico-químicos que determinam a melhor qualidade da bebida (MOLIN et al., 2008).

Autores, como Feria-Morales (2002); Roos (2009); Bhumiratana, Adhikari e Chambers

(2011); Donfrancesco, Guzman e Chambers (2014); Seo et al. (2009); Alvarado e Linnemann (2010); Pinto et al. (2001), enfatizam a necessidade de se utilizar análises físico-químicas na classificação deste processo. Mesmo assim, as análises sensoriais têm sido uma ferramenta muito importante na caracterização dos diferentes atributos de bebidas na cadeia do café (OLIVEIRA et al., 2013).

Para Bhumiratana, Adhikari e Chambers (2011), os componentes aromáticos são particularmente importantes em café especiais e estes compostos são os principais constituintes da experiência sensorial de provadores de café. São muitos os fatores que compõem a formação do sabor do café, podendo-se citar os constituintes químicos voláteis e não voláteis. Para Moreira e Turgo (1999), estes são fatores que interferem nos processos sensoriais, sendo o aroma o mais complexo. Esses constituintes químicos são responsáveis pela formação de compostos ligados ao sabor e aroma que o café apresenta durante a sua degustação (RIBEIRO et al., 2014).

No entanto, correlações entre dados das análises químicas e sensoriais de grãos de café nem sempre são eficientes para discriminar lotes com qualidades diferentes, isso não quer dizer que não exista uma oportunidade de sumarizar grandes grupos de dados, reduzindo sua dimensionalidade e permitindo interpretações conjuntas das variáveis envolvidas no estudo, apresenta-se como alternativa viável para a análise de resultados da avaliação da qualidade de grãos de café (CLEMENTE et al., 2015).

Observa-se a viabilidade de correlacionar os dados químicos com sensoriais, avaliando a interação com os fatores ambientais, biológicos, as formas de processamento e validação da qualidade final da bebida.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo, apresentam-se os procedimentos metodológicos e os métodos que foram utilizados para construção, obtenção e validação dos dados obtidos.

4.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Os experimentos realizados nas altitudes 774; 788; 893; 907; 1004 e 1033 foram conduzidos do delineamento em blocos casualizados com cinco repetições, sendo os métodos compostos por fermentação em módulo *Washed*: fermentação com água, *Yeast Fermentation*: fermentação com cultura de levedura, *Fully Washed*: a seco (cereja descascado e desmucilado por meio de fermentação) e *Semi-dry*: descascado e secagem com mucilagem remanescente.

Para análise estatística, foi realizada análise de variância conjunta de experimentos, para os resultados sensoriais e físico-químicos (compostos fenólicos, acidez titulável total e pH), sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey considerando o nível de significância de 5%, e os modelos de regressão foram testados pelo teste F e os parâmetros pelo teste t.

Foram realizadas análises de correlação de Pearson entre as características sensoriais e físico-químicas e entre as variáveis físico-químicas.

No protocolo da SCAA os atributos sensoriais de uniformidade, xícara limpa e doce possuem uma escala intervalar de 2 em 2 pontos. Os cafés que possuem 10 pontos não apresentam qualquer defeito nos atributos, assim não se observou variação estatística, não sendo necessárias as inserções destas características nas análises dos resultados da análise de variância.

Foram construídos dendrogramas utilizando a distância Euclidiana Média para medir as distâncias entre os grupos de análise sensoriais, seguido dos dados de radiação solar e para os dados de cromatografia gasosa, e os modelos de regressão foram testados pelo teste F e os parâmetros pelo teste t.

Os dados foram analisados pelo método de Agrupamento Hierárquico Ligação Completa. A proposta é de maximizar a homogeneidade de objetos dentro de grupos, ao mesmo tempo que se maximiza a heterogeneidade entre os grupos (HAIR et al., 2009). Para as análises estatísticas foi utilizado o programa SPSS versão 19.

Os experimentos foram conduzidos em propriedades que possuem um histórico de produção de cafés especiais (vencedores de concursos de qualidade) e, por já possuírem *know-*

how na produção de cafés finos, situadas na região Serrana do Espírito Santo, nos municípios de Afonso Cláudio, Brejetuba, Venda Nova do Imigrante, Vargem Alta e Castelo.

4.1.1 Coleta dos frutos para realização dos experimentos

Os cafés da variedade Catuai Vermelho foram colhidos pelos produtores, respeitando o delineamento experimental em áreas demarcadas previamente, a coleta dos frutos foi realizada no período de junho a outubro de 2016. Tendo em vista o fato de as lavouras situadas em zonas mais baixas possuírem maturação mais precoce, inviabilizando a realização da coleta de todas as propriedades no mesmo tempo, foram admitidos frutos com 85% de maturação para a realização do processamento via-úmida. Os frutos boias e verdes foram descartados, não sendo considerados no processamento, na análise sensorial, tampouco nas análises químicas.

4.1.2 Matérias-primas: processamento via-úmida

As matérias-primas utilizadas na formulação dos mostos foram compostas por: polpa de café, casca oriunda do descascamento, água e levedura (*Saccharomyces cerevisiae sp.*). Foram colhidos 15 quilos de café por parcela experimental em ambos os experimentos, apresentando 85% de frutos maduros e, após a colheita, os frutos foram processados de acordo com os processos estabelecidos.

Dos quatro métodos propostos, um mosto foi preparado a partir do processo de patente *BR1020160040531*¹⁰, com cultura de levedura (*Saccharomyces cerevisiae sp.*) e casca de café. Os quatro métodos tiveram os seguintes processos:

- a) Método 1: mosto de fermentação com água (*washed*), 10 kg de café cereja descascado (polpa), 5 kg de casca e 5 litros de água;
- b) Método 2: mosto de fermentação com cultura *starter* de levedura (*Saccharomyces cerevisiae sp.*), na proporção de 1% (¹¹p/v) do mosto, 10 kg de café cereja descascado (polpa), 5 kg de casca, 5 litros de água;
- c) Método 3: mosto de fermentação a seco (*fully washed*), 10 kg de café cereja descascado (polpa) e 5 kg de casca, sem água adicional ao processo;

¹⁰ Processo de patente depositado junto ao Instituto Nacional de Propriedade Industrial - INPI.

¹¹ Parte por volume (quantidade de microrganismo em função do mosto).

- d) Método 4: café descascado sem retirada da mucilagem (*semidry*), sem qualquer adição de microrganismos.

Para a realização dos experimentos, os mostos 1 e 2 receberam adição de água ao processamento na temperatura de 38 °C, com adaptação aos métodos de Pereira et al. (2015) e permaneceram imersos em tanques de fermentação no laboratório de processamento do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), *campus* Venda Nova do Imigrante, por 36 horas. O mosto 3 recebeu apenas casca, oriunda do processamento via-úmida e ficou em processo de fermentação por 36 horas. O mosto 4 foi levado para a secagem em terreiro coberto imediatamente após o processo de descascamento.

Após o período de fermentação, os mostos 1, 2 e 3 foram lavados e levados para a secagem em terreiro suspenso e coberto. O desenho do sistema de secagem encontra-se em anexo e as figuras 7 e 8, conforme fluxograma a seguir, indicam as respectivas etapas propostas:

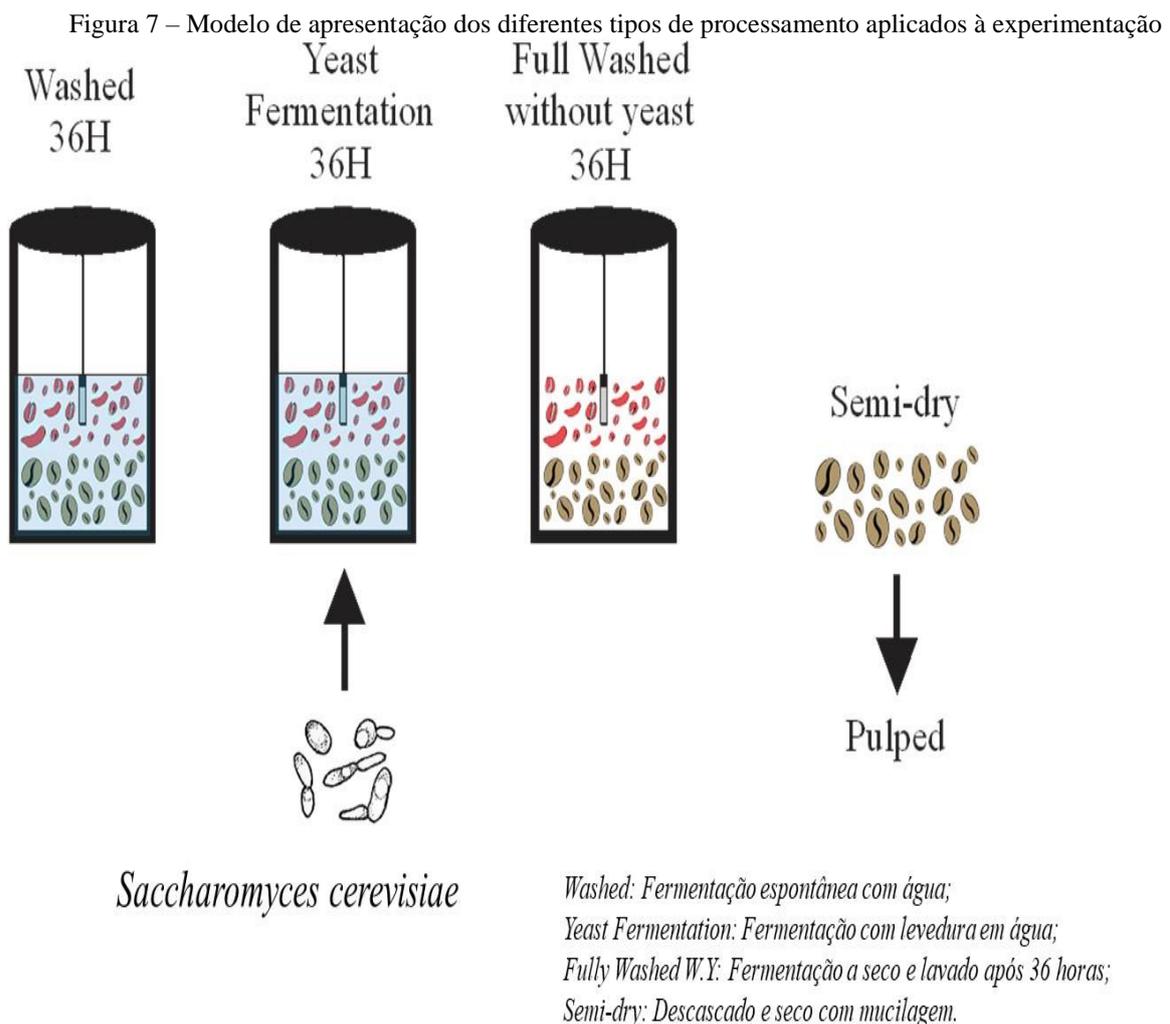
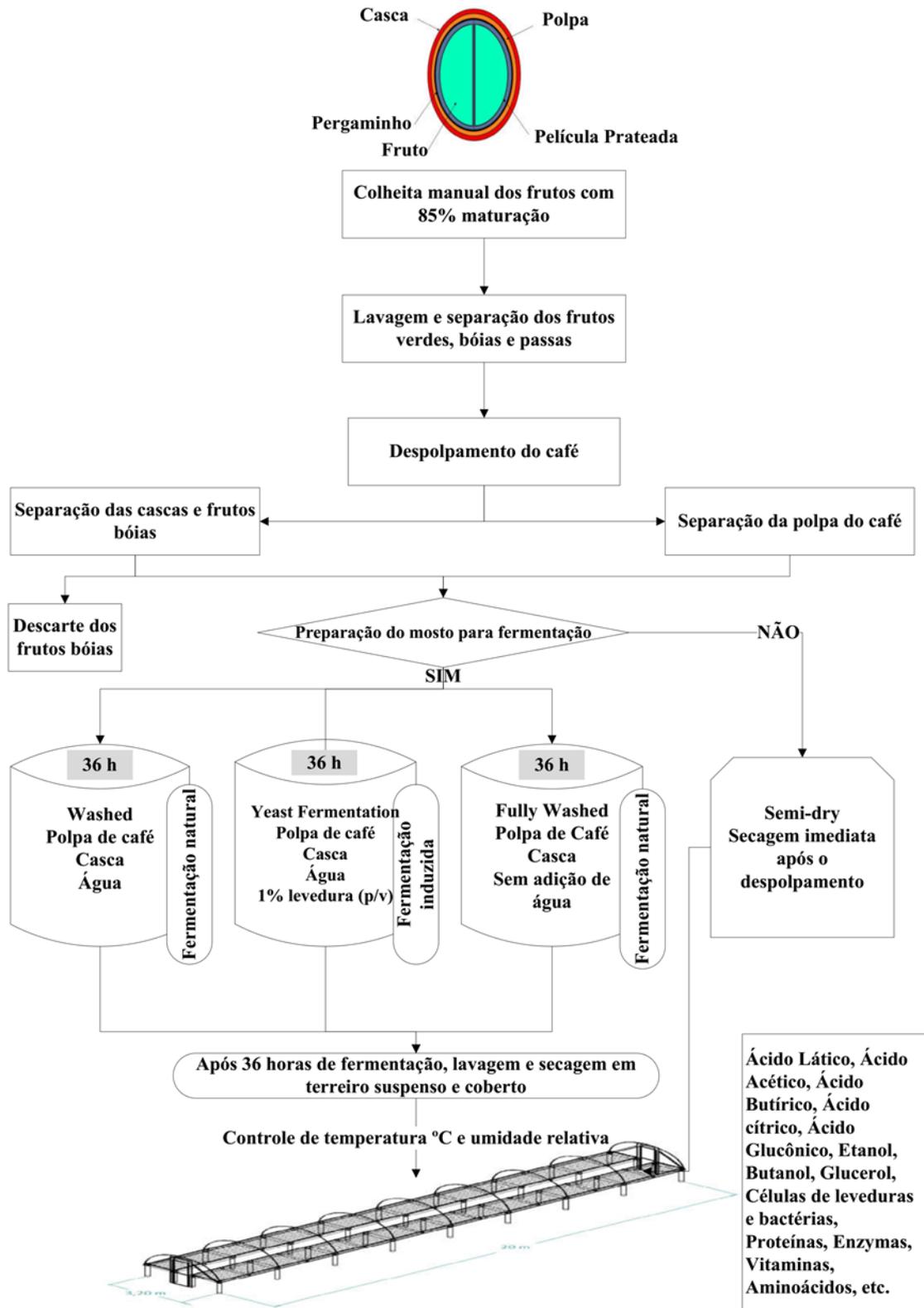


Figura 8 – Processamento via-úmida para formulação dos mostos de fermentação



Fonte: o autor.

4.2 ANÁLISE SENSORIAL VIA PROTOCOLO SCAA

A análise sensorial dos cafés foi realizada por uma banca de 6 (seis) degustadores, todos com certificação de Q-Graders¹². O uso de seis Q-Graders em análises sensoriais foi proposto inicialmente por Pereira et al. (2016), tendo como objetivo a redução do processo de subjetividade da análise.

4.2.1 Definição do número de Q-Graders

Foi conduzido um experimento em branco, composto por 11 Q-Graders que avaliaram um café arábica cereja descascado, bebida mole, considerado *Specialty Coffee* de acordo com o protocolo sensorial da *Specialty Coffee Association of America (SCAA)*, em 4 painéis de prova.

A partir dos resultados da análise sensorial de café, gerou-se os dados para realização das simulações com o método bootstrap. Para o agrupamento dos pares, números de Q-Graders e seus respectivos coeficientes de variação $[X, CV(X)]$, foi utilizado o método de bootstrap, onde foram realizadas 1.000 simulações de amostras com 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10 Q-Graders (LEONARDO et al., 2014).

Para determinar o tamanho ótimo do número de Q-Graders na degustação do café, foi utilizado o método da regressão linear de resposta a platô (PARANAIBA et al., 2009). O tamanho ótimo do número de Q-Graders ocorre quando o modelo linear se transforma em um platô (Equação 1):

$$Y_i = \begin{cases} \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i & \text{se } X_i \leq X_0 \\ P + \varepsilon_i & \text{se } X_i > X_0 \end{cases} \quad (\text{equação 1})$$

Em que Y_i é a variável resposta, β_0 é o coeficiente linear do modelo linear do segmento anterior ao platô, β_1 o coeficiente angular deste mesmo segmento, ε_i o erro associado a i -ésima observação e P é o platô e X_0 é o ponto de ligação dos dois segmentos. P e X_0 devem ser estimados.

¹² Q-Grader: Q-Graders são provadores de café qualificados, controlados e profissionalmente treinados pelo Coffee Quality Institute (CQI).

Para as análises estatísticas foi utilizado o *software* livre R para a realização das simulações do processo bootstrap (R Core Team, 2015) e o programa SAEG para a obtenção das estatísticas do método de obtenção do tamanho ótimo de Q-Graders.

Na Tabela 5 são apresentados os resultados obtidos das 1.000 simulações amostrais utilizando o método bootstrap, com 1, 2 [...], 10 Q-Graders e seus respectivos coeficientes de variação, para as características qualidade global, fragrância, sabor, equilíbrio, acidez, corpo, doçura e finalização.

Tabela 5 – Agrupamento dos diferentes números de degustadores e seus respectivos coeficientes de variação das características sensoriais

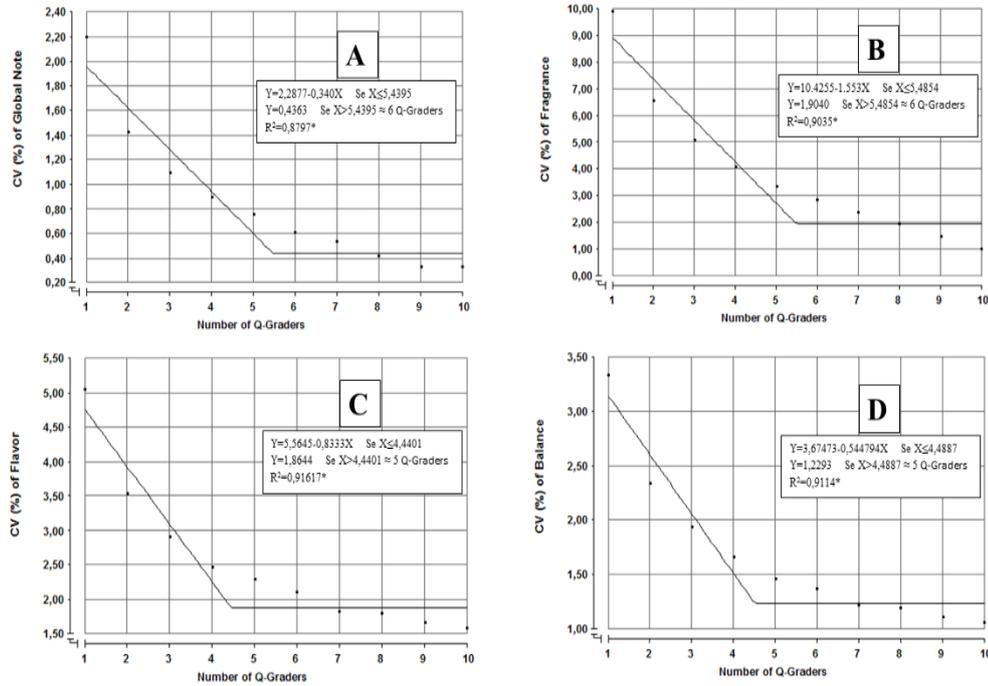
Número Q-Grader	CV (%)							
	Qualidade global	Fragrância	Sabor	Equilíbrio	Acidez	Corpo	Doçura	Finalização
1	2,19	9,86	5,04	3,34	4,40	3,03	12,98	4,43
2	1,41	6,51	3,52	2,33	3,20	2,13	9,58	3,15
3	1,09	5,07	2,89	1,93	2,67	1,72	7,70	2,55
4	0,89	4,07	2,47	1,65	2,30	1,52	6,55	2,12
5	0,75	3,31	2,28	1,46	2,06	1,35	5,86	2,01
6	0,60	2,82	2,09	1,36	1,90	1,16	5,29	1,84
7	0,53	2,37	1,81	1,21	1,69	1,14	4,94	1,69
8	0,41	1,92	1,79	1,19	1,52	1,00	4,85	1,48
9	0,32	1,43	1,65	1,10	1,58	0,98	4,36	1,49
10	0,32	0,98	1,57	1,06	1,49	0,93	4,21	1,40

Fonte: adaptado de Pereira et al. (2016).

Conforme os resultados apresentados na Tabela 5, fica evidente que o coeficiente de variação em razão do número de Q-Graders decresce até certo ponto e, a partir daí o aumento do número de Q-Graders para as análises sensoriais não colabora para o aumento da precisão. Nas Figuras 9 e 10 são apresentados os resultados obtidos das 1.000 simulações amostrais, dos resultados obtidos na Tabela 5, utilizando o método bootstrap, com 1, 2 [...], 10 Q-Graders e seus respectivos coeficientes de variação, para as características qualidade global, fragrância, sabor, equilíbrio, acidez, corpo, doçura e finalização.

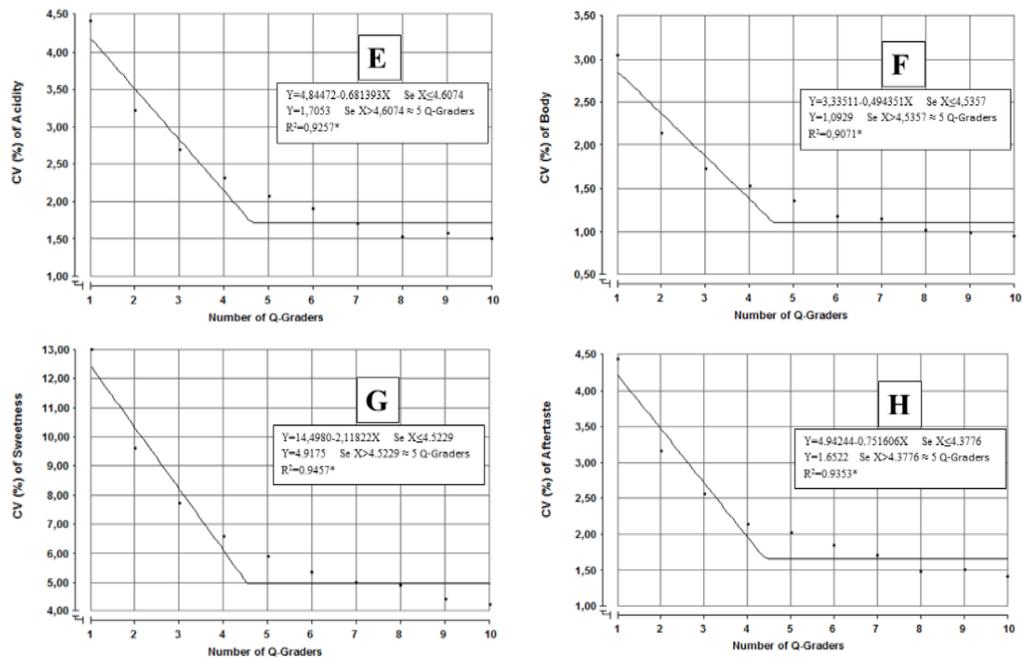
A Figura 9 indica que são necessários seis Q-Graders para avaliar a qualidade global (A) e a Fragrância (B), e cinco para o Sabor (C) e o Equilíbrio (D) do café arábica, utilizando o método da regressão linear de resposta a platô. Na Figura 10, tem-se os resultados inerentes à utilização de cinco Q-Graders para avaliar, respectivamente, acidez, corpo, doçura e finalização.

Figura 9 – Relação entre o coeficiente de variação e número de Q-Graders pelo método da regressão linear de resposta a platô para característica qualidade global (A), Fragrância (B), Sabor (C) e Equilíbrio (D), * = significativo a 5%; ** = significativo a 1%, p



Fonte: Pereira et al. (2016).

Figura 10 – Relação entre o coeficiente de variação e número de Q-Graders pelo método da regressão linear de resposta a platô para característica acidez (E), Corpo (F), Doçura (G) e Finalização (H), * = significativo a 5%; ** = significativo a 1%, pelo teste F; n



Fonte: Pereira et al. (2016).

Como alguns atributos sensoriais apresentaram resultado ótimo para 6 Q-Graders e outros para 5 Q-Graders, adotou-se o uso de pelo menos 6 Q-Graders de forma geral para análises sensoriais de cafés especiais, de modo a reduzir a subjetividade do processo.

4.2.2 Preparação das amostras para degustação

As amostras foram preparadas no laboratório de análise sensorial de cafés do Instituto Federal do Espírito Santo, *campus* Venda Nova do Imigrante, respeitando a metodologia da *Specialty Coffee Association of America* (SCAA). As torras foram conduzidas utilizando o torrador Laboratto TGP-2, com acompanhamento do conjunto de discos Agrtron-SCAA, e o ponto de torra destas amostras situou-se entre as cores determinadas pelos discos #65 e #55, para cafés especiais (SCAA, 2013).

As torras foram executadas com 24 horas de antecedência e a moagem respeitou o tempo de 8 horas de descanso após a torra. Todas as amostras foram torradas entre 9 e 10 minutos e, após a torra e o resfriamento, as amostras permaneceram lacradas, conforme a metodologia de análise sensorial estabelecida pela SCAA.

As amostras de cafés foram moídas com moedor elétrico Bunn G3, com granulometria média/grossa. Cada lote de café foi degustado com 5 xícaras, sendo adotada a concentração ótima de 8,25 gramas de café moído em 150mL de água, em conformidade com o ponto médio do gráfico de equilíbrio, ótimo para obtenção do *Golden Cup* (SCAA, 2013). O ponto de infusão de água foi realizado após a água atingir 92-95 °C. Os Q-Graders iniciaram as avaliações quando a temperatura das xícaras atingiu os 55 °C, respeitando o tempo de 4 minutos para a degustação após a infusão.

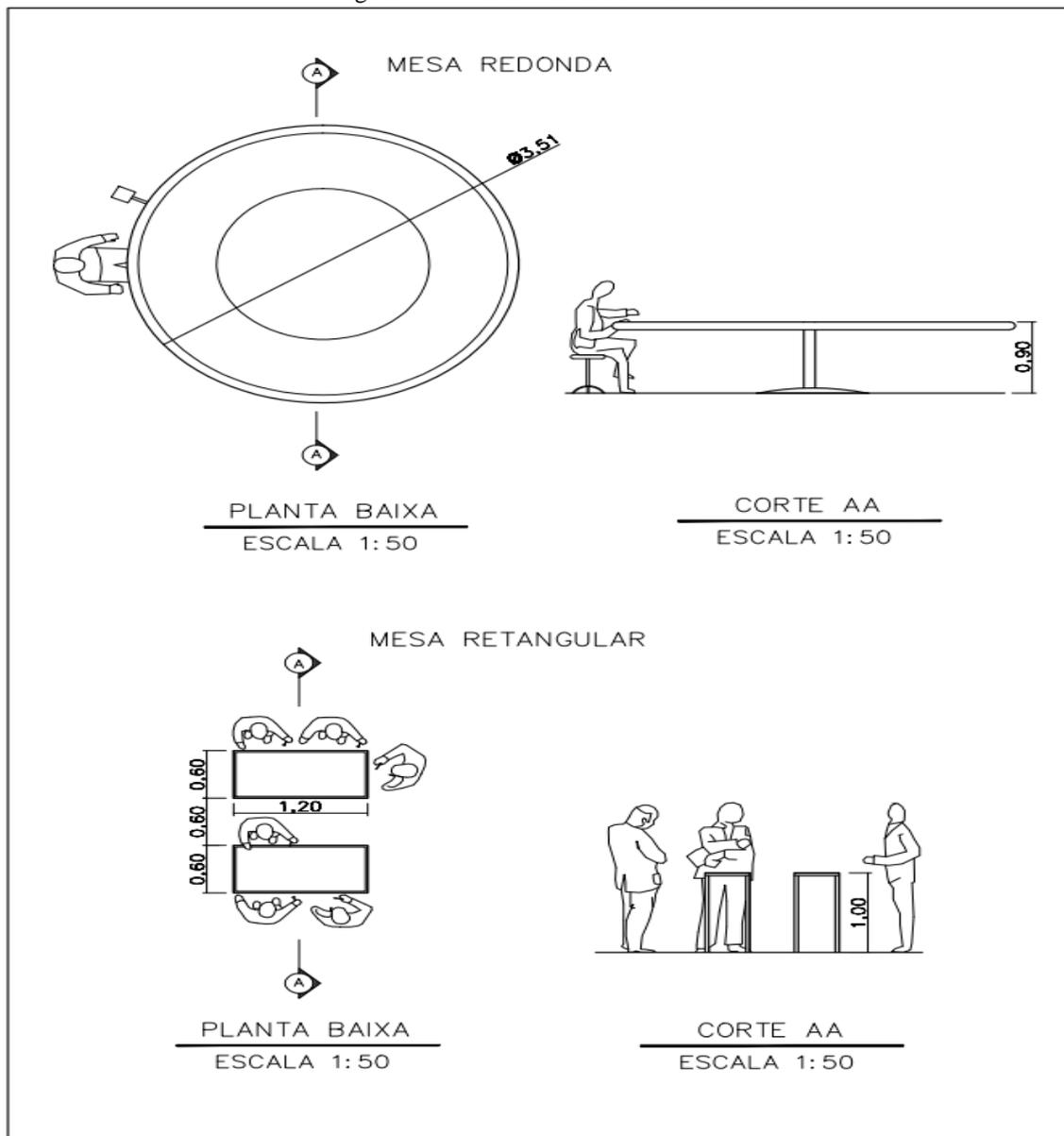
4.2.3 Método de avaliação das amostras

A qualidade de um dado lote de café, ao ser avaliada por intermédio do método da SCAA, é expressa mediante uma escala numérica centesimal. Espera-se que cafés que obtiverem altas notas devam ser, evidentemente, melhores do que cafés que receberem notas mais baixas, demonstrando, assim, a consistência do método de análise sensorial descritiva. O formulário de degustação fornece possibilidade de avaliação de 11 (onze) importantes atributos para o café: Fragrância/Aroma, Uniformidade, Ausência de Defeitos (Xícara Limpa), Doçura, Sabor, Acidez, Corpo, Finalização, Equilíbrio, Defeitos e Avaliação Global. Resultados

altamente positivos decorrem da percepção de um equilibrado conjunto formado pelos atributos avaliados.

Foi adotado um novo designer para realização das análises sensoriais, pois, comumente no Brasil, a análise sensorial é realizada em mesas-redondas, com uso de um ou dois Q-Graders. Como o estudo adotou 6 Q-Graders e visando à otimização do espaço para análise sensorial, adotou-se o modelo de mesas, conforme Figura 11.

Figura 11 – Procedimento de Análise Sensorial



Fonte: o autor.

4.3 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS PARA REALIZAÇÃO DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Após o teste de análise sensorial, relativo à verificação da qualidade da bebida, foi realizada análise físico-química nos grãos torrados. As amostras foram moídas em moinho da BUNN G3, e embaladas separadamente em embalagens de polietileno/alumínio, seladas e armazenadas a -18 °C até o momento da realização das análises.

4.3.1 Análise de pH e acidez titulável

O extrato utilizado para obtenção do pH e acidez titulável foi preparado a partir de 2 gramas de café moído diluído em 50 mL de água destilada e submetido à agitação por 1 hora em agitador mecânico a 150 rpm. A solução extrato foi filtrada em filtro de papel quantitativo e o pH foi medido por peagâmetro digital. Uma alíquota de 5 mL do filtrado foi diluída em 50 mL de água destilada. A acidez titulável total foi determinada por titulação com NaOH 0,1 N, utilizando 2 – 3 gotas de uma solução de fenolftaleína 1% como indicador e expressa em mL de NaOH 0,1 N por 100 gramas de amostra (AOAC, 1990).

4.3.2 Compostos Fenólicos totais

A determinação dos compostos fenólicos totais foi realizada pelo método de Folin-Ciocalteau (MORAIS, 2009). Inicialmente, foi preparado um extrato, deixando-o em infusão sob aquecimento por um minuto, 2 g de café moído com 10 mL de água fervente. Após este procedimento, foi pipetado 0,1 mL deste extrato, que foi diluído com água até o volume de 50 mL. Desta solução, foi retirada uma alíquota de 0,5 mL e transferida para tubo de ensaio. Em seguida, foi adicionada 2,5 mL de uma solução aquosa do reativo de Folin-Ciocalteau a 10% e 2 mL de uma solução de carbonato de sódio a 7,5%. A mistura foi mantida em banho de água a uma temperatura de 50 °C por 5 minutos. Após a amostra esfriar, foi realizada a medição da absorbância a 760 nm contra um branco contendo os reagentes e água no lugar da amostra. Juntamente com as amostras, fez-se a preparação de uma curva de calibração de soluções aquosas com concentrações conhecidas, utilizando ácido gálico como padrão. O resultado foi expresso em g de equivalente de ácido gálico por 100g de amostra de café em base seca.

4.3.3 SPME – Metodologia de Análise dos Compostos Voláteis

Foram pesados 3g de café moído e torrado. Esse material foi colocado em um vial, aquecido a 70 graus por 70 minutos. Os voláteis foram coletados por *headspace* na fibra CAR/PDMS/DVB e injetados no cromatógrafo a gás acoplado ao espectrômetro de massas (CG-EM) QP-PLUS-2010 (Shimadzu). A coluna capilar de sílica fundida usada foi a Rtx-5MS (30 m de comprimento e 0,25 mm de diâmetro interno), o hélio foi usado como gás de arraste. A temperatura do injetor foi de 220 °C e do detector de 300 °C. A temperatura inicial da coluna foi de 60 °C, sendo programada para ter acréscimos de 3 °C a cada minuto, até atingir a temperatura máxima de 240 °C. Para determinar os constituintes químicos, os espectros de massas obtidos foram comparados com os da biblioteca do aparelho com dados de outros trabalhos e com os índices de Kovats (ADAMS, 2007). Para realizar o cálculo dos índices de Kovats (IK), foi injetada no cromatógrafo uma mistura de alcanos lineares (C9 a C26) nas mesmas condições usadas na análise dos referidos voláteis de cafés.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados desta tese estão embasados em abordagens qualitativas e quantitativas, sendo que os dados foram obtidos mediante experimentação científica. Por se tratar de diferentes metodologias, foi elaborado um esquema sequencial para apresentação e discussão dos resultados.

Entre a Tabela 6 e 12 são apresentados os diferentes resultados obtidos por meio da análise conjunta de experimentos, para as características sensoriais dos cafés estudados nas regiões entre 774 e 1.033 metros de altitude, seguidos dos modelos de regressão. Primariamente, foi realizada uma discussão referente à média dos experimentos sobre cada atributo, seguido das regressões e, após, uma discussão por altitude.

Tabela 6 – Média da característica *Fragrance*/aroma avaliadas em quatro métodos e em seis altitudes, seguido dos modelos de regressão

Característica sensorial – Fragrance - Fragrância/Aroma														
Métodos	Altitude (m)												Média	
	774	788	893	907	1004	1033								
1	7,07	bc	6,83	b	7,78	ab	7,47	a	8,20	a	7,90	a	7,54	a
2	7,31	ab	7,17	a	7,88	a	7,15	ab	8,00	a	7,71	ab	7,54	a
3	6,98	c	7,09	ab	7,56	b	7,07	b	7,88	a	7,71	ab	7,38	b
4	7,45	a	7,02	ab	7,71	ab	7,40	a	8,18	a	7,49	b	7,54	a
Média	7,20		7,03		7,73		7,27		8,07		7,70			

Métodos	Altitude						Equação de regressão	R ²
1	7,07	6,83	7,78	7,47	8,20	7,90	$y=3,53602+0,004449^{**}x$	0,8301*
2	7,31	7,17	7,88	7,15	8,00	7,71	-	
3	6,98	7,09	7,56	7,07	7,88	7,71	$Y=4,61923+0,003069^{*}x$	0,7348*
4	7,45	7,02	7,71	7,40	8,18	7,49	-	

Fonte: o autor.

¹ Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Equações de regressão da característica fragrância em razão de seis altitudes e respectivos coeficientes de determinação R², de quatro métodos.

* e ** Significativos aos níveis de 5% e 1% de probabilidade pelos testes t e F, respectivamente.

Com base nos resultados expressos nas médias da análise conjunta de experimentos, os métodos 1, 2 e 4 para o atributo fragrância não apresentam diferença estatística entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, diferindo-se sobre o método 3.

Na Tabela 6 foram observadas relações funcionais significativas entre fragrância e altitude para os métodos 1 e 3, ou seja, a fragrância aumenta linearmente com a altitude, sendo os maiores valores observados para o método de fermentação com água (*washed*).

Mesmo não sendo observadas relações funcionais significativas entre as variáveis fragrância e altitude para os métodos 2 e 4, foi observada uma tendência de aumento desta característica com a altitude para os mesmos.

Os dados relativos à fragrância são correlatos aos de Bosselmann et al. (2009), que concluíram que a fragrância foi significativamente afetada pela altitude com aumento da fragrância encontrada em altitudes mais elevadas. Porém, enfatizaram que o efeito da sombra em regiões mais elevadas exerceu ação negativa, se comparada com terrenos a pleno sol no Sul da Colômbia, para as características sensoriais do café.

O sabor do café é seguramente um dos atributos sensoriais mais complexos de ser definido e entendido. Para Gloess et al. (2014), isso reflete como em perfis de torrefação mais longos, uma pequena variação do tempo de torrefação pode alterar o perfil de sabor do café, pois diferentes compostos podem ser produzidos de forma mais ou menos intensa. A Tabela 7 apresenta os resultados relativos ao sabor.

Tabela 7 – Média da característica Flavor/Sabor avaliadas em quatro métodos e em seis altitudes, seguido dos modelos de regressão

Característica sensorial – Flavor - Sabor									
Métodos	Altitude (m)						Média		
	774	788	893	907	1004	1033			
1	6,97 c	6,77 b	8,01 a	7,43 a	8,39 a	8,09 a	7,61 a		
2	7,36 ab	7,26 a	7,78 ab	7,16 a	8,00 b	7,54 b	7,51 ab		
3	7,07 bc	7,18 a	7,65 b	7,14 a	7,86 b	7,72 b	7,44 b		
4	7,47 a	7,24 a	7,70 ab	7,33 a	8,37 a	7,63 b	7,62 a		
Média	7,22	7,11	7,78	7,26	8,15	7,74			
Equações de regressão da característica – Flavor – Sabor									
Métodos	Altitude						Equação de regressão	R ²	
1	6,97	6,77	8,01	7,43	8,39	8,09	$y=2,62127+0,005541^{**}x$	0,8150*	
2	7,36	7,26	7,78	7,16	8,00	7,54	-		
3	7,07	7,18	7,65	7,14	7,86	7,72	$Y=5,02722+0,002676^{**}x$	0,6933*	
4	7,47	7,24	7,70	7,33	8,37	7,63	-		

Fonte: o autor.

¹ Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Equações de regressão da característica sabor em razão de seis altitudes e respectivos coeficientes de determinação R², de quatro métodos.

* e ** Significativos aos níveis de 5% e 1% de probabilidade pelos testes t e F, respectivamente.

Na característica sabor, a Tabela 7 indica que em média os métodos 1, 2 e 4 não possuem diferença estatística pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O método 3 se difere do método 1 e 4, mas não se difere do método 2, a 5% de probabilidade, respectivamente.

Na Tabela 7 foram observadas relações funcionais significativas entre sabor e altitude para os métodos 1 e 3, ou seja, o sabor aumenta com a altitude. Mesmo não sendo observadas relações funcionais significativas entre as variáveis fragrância e altitude para os métodos 2 e 4, foi observada uma tendência de aumento desta característica com a altitude para os mesmos.

Para Joët et al. (2010), os efeitos do processamento via-úmida sobre as mudanças químicas e sensoriais do café são evidentes. Porém, os autores concluem que, apesar da grande

variedade de metabolitos observados, parece improvável que qualquer um deles explique, em grande medida, o melhor sabor e aroma dos cafés de altitude.

No entanto, os resultados apresentados na Tabela 7 indicam que apesar da existência de relações funcionais significativas entre os métodos 1 e 3 para sabor, é notável a tendência de aumento da qualidade nas duas primeiras faixas experimentais para o processamento com uso de leveduras, o que reforça a necessidade de estudo e aplicação de culturas de arranque durante a fermentação em zonas menos favorecidas, como ficou evidenciado pelo resultado sensorial para as áreas mais baixas onde o estudo foi realizado, e que o uso de leveduras pode ser uma estratégia eficaz na melhoria da qualidade do café.

Para a característica sensorial retrogosto, os resultados expressos na Tabela 8 indicam em média que o método 4 é superior ao método 3, porém não se difere dos métodos 1 e 2, respectivamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Na Tabela 8 foi observada relação funcional significativa entre retrogosto e altitude para o método 1, ou seja, o retrogosto aumenta linearmente com a altitude.

Tabela 8 – Média da característica Aftertaste/retrogosto avaliada em quatro métodos e em seis altitudes, seguido dos modelos de regressão

Característica sensorial Aftertaste - Retrogosto														
Métodos	Altitude (m)								Média					
	774.5	788	893.33	907.08	1004	1033								
1	6,75	b	6,40	b	7,56	a	7,29	a	8,13	a	7,78	a	7,32	ab
2	7,08	ab	6,97	a	7,32	a	6,95	ab	7,80	ab	7,30	b	7,23	ab
3	6,97	ab	6,88	a	7,26	a	6,87	b	7,67	b	7,38	b	7,17	b
4	7,22	a	6,90	a	7,35	a	7,08	ab	8,07	a	7,37	b	7,33	a
Média	7,00		6,79		7,37		7,05		7,92		7,46			
Métodos	Altitude						Equação de regressão		R ²					
1	6,75	6,40	7,56	7,29	8,13	7,78	y=2,30076+0,005574**x		0,8474**					
2	7,08	6,97	7,32	6,95	7,80	7,30	-							
3	6,97	6,88	7,26	6,87	7,67	7,38	-							
4	7,22	6,90	7,35	7,08	8,07	7,37	-							

Fonte: o autor.

¹ Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Equações de regressão da característica retrogosto em razão de seis altitudes e respectivos coeficientes de determinação R², de quatro métodos.

* e ** Significativos aos níveis de 5% e 1% de probabilidade pelos testes t e F, respectivamente.

Em altitudes mais elevadas, os cafés tornam-se mais equilibrados na finalização, o retrogosto constitui-se característica de avaliação importante, pois geralmente é a última leitura observada do café durante o ato de degustação, no protocolo da SCAA (2013). Define-se retrogosto como a persistência do sabor, isto é, uma característica percebida em sequência do paladar e que permanece depois que o café é expelido da boca. Se o retrogosto deixar sensação de curta duração ou mesmo se for desagradável, uma pontuação baixa pode ser aplicada.

Essa variável tem sido pouco descrita na literatura científica na área do café. Sabe-se que quimicamente existe uma relação entre amargor e retrogosto dos alimentos, pela alta carga de ácido tânico, também chamado de tanino (ROWE, 2005). Os taninos são adstringentes, os polifenóis se ligam e se precipitam, assim encolhem as proteínas, fazendo com que a adstringência dos taninos se manifeste em uma sensação de seca, e essa sensação é sentida na boca após o consumo de alguns vinhos, chá forte ou fruta não amadurecida (ASHOK; UPADHYAYA, 2012).

Mesmo não sendo objetivo de estudo desta tese, aplicações sobre o efeito da altitude, aliada ao processamento devem ser estudadas para se entender a ação dos taninos sobre a qualidade do café arábica, uma vez que os resultados e o modelo de regressão sugerem que cafés de zonas mais elevadas através do método *washed* finalizam de forma menos adstringente. Talvez esse fator possa ser corrigido com a aplicação de torras mais brandas para regiões mais baixas ou aplicações biotecnológicas (prolongamento das fermentações).

O quarto atributo sensorial do protocolo da SCAA é a acidez. Uma acidez bem equilibrada que interage com uma nota frutada e cheia de aromas, arredondada por um ligeiro aroma de amêndoa, muitas vezes, é considerada como uma importante característica de um bom café (GLOESS et al., 2013).

Os resultados sensoriais apresentados na Tabela 9 indicam que os métodos não se diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O modelo de regressão sugere que o método 1 possui uma funcionalidade significativa entre acidez e a altitude, quando aplicado esse método, a tendência é que os cafés se tornem mais ácidos conforme aumenta a altitude.

Tabela 9 – Médias da característica Acidity/acidez avaliada em quatro métodos e em seis altitudes, seguidas dos modelos de regressão

Característica sensorial Acidity - Acidez											
Métodos	Altitude (m)										Média
	774	788	893	907	1004	1033					
1	6,86 b	6,61 b	7,75 a	7,23 a	8,20 a	7,88 a					7,42 a
2	7,23 a	7,08 a	7,42 a	6,99 a	7,85 ab	7,54 ab					7,35 a
3	7,13 ab	7,07 a	7,43 a	6,93 a	7,82 b	7,60 ab					7,33 a
4	7,34 a	6,98 a	7,58 a	7,22 a	8,07 ab	7,49 b					7,44 a
Média	7,14	6,93	7,54	7,09	7,98	7,63					
Métodos	Altitude						Equação de regressão		R ²		
1	6,86	6,61	7,75	7,23	8,20	7,88	y=2,69166+0.005254**x		0.8163*		
2	7,23	7,08	7,42	6,99	7,85	7,54	-				
3	7,13	7,07	7,43	6,93	7,82	7,60	-				
4	7,34	6,98	7,58	7,22	8,07	7,49	-				

Fonte: o autor.

¹ Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Equações de regressão da característica acidez em razão de seis altitudes e respectivos coeficientes de determinação R², de quatro métodos.

* e ** Significativos aos níveis de 5% e 1% de probabilidade pelos testes t e F, respectivamente.

O resultado da regressão indica uma característica importante a respeito da fermentação em água, ou espontânea. A acidez no café tem sido alvo de diversas controvérsias científicas. Para Mazzafera (1999), o café de baixa qualidade está associado a altos índices de acidez, principalmente, em razão da fermentação nociva. Franca Mendonça e Oliveira (2005) sugerem que exista uma tendência de que quando se aumenta a acidez, diminui-se a qualidade do café.

Muschler (2001) evidenciou que o sombreamento aumentou a acidez e o teor de sacarose do café arábica, ambos importantes ingredientes das avaliações organolépticas, gerando cafés mais finos. Já os resultados de Bosselmann et al. (2009) apontam que a acidez, corpo e doçura são influenciados negativamente pela cobertura de sombra no café arábica.

Os resultados controversos podem ser explicados e ampliados se forem analisados sob a ótica do processamento, apesar da não diferença estatística entre as médias dos métodos dos seis experimentos, o modelo de regressão linear sugere que o método *washed*, ou seja, fermentação apenas com água, propiciou aumento da acidez em relação à altitude.

Isso sugere que os processos metabólicos gerados durante a fase de fermentação espontânea exerceram um efeito significativo sobre a produção de alguns compostos que conferem maior carga de acidez ao café. Porém, estes fatores devem ser melhor estudados, pois os dados de Ribeiro et al. (2017) sugerem que o uso de leveduras (*Saccharomyces cerevisiae* sp.) proporcionou melhoria da acidez dos cafés.

O próximo atributo avaliado no protocolo traz a textura ou sensação na boca, conhecido na avaliação sensorial como “corpo”. Do ponto de vista instrumental, muitas vezes, é relacionado aos sólidos totais e, ocasionalmente, também ligado ao teor de gordura ou ácidos graxos (GLOESS et al., 2013).

Os resultados expressos na Tabela 10 para a característica sensorial corpo não apresentam diferença estatística entre métodos nas médias dos experimentos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O modelo de regressão sugere que o corpo do café, quando aplicado o método 1, apresenta ganhos de qualidade, o que indica uma relação funcional significativa entre aumento do corpo com a altitude, associado à fermentação espontânea, com água e com a microbiota presente nos frutos.

Tabela 10 – Médias da característica Body/corpo avaliada em quatro métodos e em seis altitudes, seguidas dos modelos de regressão (continua)

Métodos	Característica sensorial Body - Corpo									
	Altitude (m)									
	774	788	893	907	1004	1033	Média			
1	7,00 a	6,90 a	7,64 a	7,21 a	8,07 a	7,72 a	7,42 a			
2	7,21 a	7,22 a	7,35 a	7,05 a	7,75 ab	7,48 a	7,34 a			

Tabela 10 – Médias da característica Body/corpo avaliada em quatro métodos e em seis altitudes, seguidas dos modelos de regressão (conclusão)

3	7,21	a	7,05	a	7,38	a	7,01	a	7,60	b	7,51	a	7,29	a
4	7,26	a	7,03	a	7,49	a	7,24	a	7,93	ab	7,48	a	7,41	a
Média	7,17		7,05		7,46		7,13		7,84		7,55			
Métodos	Altitude						Equação de regressão	R ²						
1	7,00	6,90	7,64	7,21	8,07	7,72	$y=4,02786+0,003770*x$	0,7756*						
2	7,21	7,22	7,35	7,05	7,75	7,48	-							
3	7,21	7,05	7,38	7,01	7,60	7,51	-							
4	7,26	7,03	7,49	7,24	7,93	7,48	-							

Fonte: o autor.

¹ Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Equações de regressão da característica corpo em razão de seis altitudes e respectivos coeficientes de determinação R², de quatro métodos.

* e ** Significativos aos níveis de 5% e 1% de probabilidade pelos testes t e F, respectivamente.

O corpo é uma percepção sensorial do peso da bebida na língua. Assim, a relação altitude/corpo pode variar conforme a natureza do peso. Uma pontuação elevada do corpo também pode ser percebida como um defeito em alguns casos, principalmente, para cafés de baixa altitude, e como qualidade em outros casos (AVELINO et al., 2005).

A subjetividade por trás do processo de análise sensorial faz com que seja necessário o aprofundamento no controle de qualidade do pós-colheita do café, pois fica evidente a necessidade de se elevar o nível de tecnologia para controle e garantia da qualidade, tendo em vista que quase todos os fenômenos qualitativos das bebidas são atribuídos a clima e ao processamento, sendo que toda essa complexidade acaba sendo definida pela análise sensorial, intensificando-se a necessidade de maior acurácia pós-processamento.

Para que um café seja considerado especial, é indispensável que apresente um conjunto de equilíbrio entre os atributos sensoriais, uma vez que a qualidade final do café precisa dar credibilidade ao comprador e essa será caracterizada por um conjunto de aromas e sabores equilibrados memoráveis e pela ausência de defeitos (RIBEIRO et al., 2017).

Os resultados de equilíbrio expressos por meio das médias obtidas dos experimentos indicam que existem diferenças estatísticas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade entre o método 1 em relação ao método 2 e 3, porém o método 1 não se difere do método 4. O modelo de regressão indica que o café se torna mais balanceado e equilibrado sensorialmente com a aplicação do método 1, indicando funcionalidade significativa em relação à altitude (Tabela 11).

Tabela 11 – Médias da característica Balance/equilíbrio avaliada em quatro métodos e em seis altitudes, seguidas dos modelos de regressão

Característica sensorial – Balance - Equilíbrio														
Métodos	Altitude (m)						Média							
	774	788	893	907	1004	1033								
1	7,04	b	6,84	c	7,84	a	7,46	a	8,29	a	8,06	a	7,59	a
2	7,33	ab	7,19	ab	7,48	b	7,15	a	7,84	b	7,62	b	7,43	b
3	7,24	ab	7,33	a	7,45	b	7,17	a	7,78	b	7,58	b	7,43	b
4	7,42	a	6,96	bc	7,64	ab	7,40	a	8,25	a	7,61	b	7,55	ab
Média	7,26		7,08		7,60		7,29		8,04		7,72			
Métodos	Altitude						Equação de regressão	R ²						
1	7,04	6,84	7,84	7,46	8,29	8,06	y=3,08049+0,005008**x	0,8664**						
2	7,33	7,19	7,48	7,15	7,84	7,62	-							
3	7,24	7,33	7,45	7,17	7,78	7,58	-							
4	7,42	6,96	7,64	7,40	8,25	7,61	-							

Fonte: o autor.

¹ Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade,

Equações de regressão da característica equilíbrio em razão de seis altitudes e respectivos coeficientes de determinação R², de quatro métodos.

* e ** Significativos aos níveis de 5% e 1% de probabilidade pelos testes t e F, respectivamente.

O equilíbrio do café pode ser descrito por meio de vários compostos químicos que irão interagir durante o processamento e se manifestarão durante a torra. O açúcar e o aminoácido são precursores para gerar o processo de caramelização, desencadeados pela reação de Maillard, que progredirá durante a torrefação para produzir glicosilamina e melanoidinas acastanhadas e amargas para dar o gosto do café. Finalmente, essa reação tende a conferir à bebida do café, um desempenho equilibrado, sabor e suavidade (LIN, 2010).

A penúltima característica, impressão pessoal, ou *overall* é uma característica sensorial em que os Q-graders podem aplicar notas mais elevadas ou mais baixas para definir os cafés que estão sendo avaliados, isso sugere que esse atributo pode ser diretamente influenciado pela preferência dos Q-graders.

Os resultados apresentados na Tabela 12, característica *overall* ou impressão pessoal, sugerem que o método 4 se difere do método 3 e 2, respectivamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, porém não se difere do método 1. O modelo de regressão sugere que a impressão pessoal dos Q-Graders durante a avaliação deste atributo aumenta em virtude da altitude, para o método 1 (*washed*).

Tabela 12 – Médias da característica Overall/impressão pessoal avaliada em quatro métodos e em seis altitudes, seguidas dos modelos de regressão (continua)

Característica Sensorial – Overall – Impressão Pessoal														
Métodos	Altitude (m)						Média							
	774	788	893	907	1004	1033								
1	6,97	b	6,78	b	7,86	a	7,43	a	8,35	a	7,98	a	7,56	ab
2	7,31	ab	7,17	a	7,60	a	7,03	b	7,87	b	7,53	b	7,42	c
3	7,01	b	7,38	a	7,55	a	7,11	ab	7,88	b	7,67	ab	7,43	bc

Tabela 12 – Médias da característica Overall/impressão pessoal avaliada em quatro métodos e em seis altitudes, seguidas dos modelos de regressão (conclusão)

Métodos	Altitude						Equação de regressão	R ²						
4	7,56	a	7,10	ab	7,70	a	7,31	ab	8,23	a	7,61	b	7,58	a
Média	7,21		7,11		7,68		7,22		8,08		7,70			
1	6,97	6,78	7,86	7,43	8,35	7,98	y=2,89449+0,005185**x		0,8295*					
2	7,31	7,17	7,60	7,03	7,87	7,53	-							
3	7,01	7,38	7,55	7,11	7,88	7,67	-							
4	7,56	7,10	7,70	7,31	8,23	7,61	-							

Fonte: o autor.

¹ Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Equações de regressão da característica impressão pessoal em razão de seis altitudes e respectivos coeficientes de determinação R², de quatro métodos.

* e ** Significativos aos níveis de 5% e 1% de probabilidade pelos testes t e F, respectivamente.

O protocolo da SCAA (2013) explica que esse atributo deve refletir a classificação integrada da amostra, conforme percebido pelo painel individual. Assim, os Q-Graders exercem uma relativa influência direta no protocolo de análise sensorial. Esses fenômenos devem ser melhor controlados por meio da padronização das metodologias, para que seja reduzida a subjetividade ao máximo, no emprego da análise sensorial.

O último atributo que determina a pontuação final do café é descrito pela nota global, que após o somatório de todas as características sensoriais determinará se os cafés podem ser tidos como especiais ou não (Tabela 13).

Tabela 13 – Médias da característica global note avaliada em quatro métodos e em seis altitudes, seguidas dos modelos de regressão

Métodos	Característica sensorial Global Note – Nota Global													
	Altitude (m)										Média			
	774	788	893	907	1004	1033								
1	78,67	c	77,13	b	84,44	a	81,48	a	87,63	a	85,39	a	82,46	a
2	80,82	ab	80,03	a	82,68	ab	79,48	ab	85,11	bc	82,70	b	81,81	ab
3	79,60	bc	79,98	a	82,04	b	79,29	b	84,48	c	83,17	b	81,43	b
4	81,70	a	79,23	a	83,08	ab	80,98	ab	87,09	ab	82,68	b	82,46	a
Média	80,20		79,09		83,06		80,31		86,08		83,48			
Métodos	Altitude						Equação de regressão	R ²						
1	78,67	77,13	84,44	81,48	87,63	85,39	y=51,1502+0,034778**x	0,8314*						
2	80,82	80,03	82,68	79,48	85,11	82,70	-							
3	79,60	79,98	82,04	79,29	84,48	83,17	Y=66,8706+0,016170*x	0,6582*						
4	81,70	79,23	83,08	80,98	87,09	82,68	-							

Fonte: o autor.

¹ Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Equações de regressão da característica nota global em razão de seis altitudes e respectivos coeficientes de determinação R², de quatro métodos.

* e ** Significativos aos níveis de 5% e 1% de probabilidade pelos testes t e F, respectivamente.

De forma descritiva, é possível inferir que todos os cafés possuem notas de especiais quando considerada apenas a média geral dos métodos, e que apenas o segundo experimento, em média, situado a 788, ficou com *score* abaixo do que a SCAA recomenda como nota de corte de um café especial. Nota-se, porém, que a ação da levedura exerceu melhoria de qualidade do café, em média.

Os resultados estatísticos da Tabela 12 indicam que os métodos 1, 2 e 4 não se diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, porém os métodos 1 e 4 possuem diferença estatística do método 3. Os modelos de regressão indicam funcionalidade significativa para os métodos 1 e 3, ou seja, a nota global aumenta em razão da altitude. Os resultados também mostram uma tendência de crescimento da nota global devido à altitude para os demais métodos, mesmo não sendo observadas relações funcionais entre as variáveis.

Essas variações sensoriais têm sido pouco observadas em estudos com café. Chollet e Valentin (2001) observaram que Q-Graders de cerveja, treinados e não treinados, possuíam a mesma precisão, variando apenas em terminologias. Esses resultados indicam que as variações de notas entre Q-Graders são passíveis de oscilações, desde que as notas não se desviem drasticamente da média do grupo, isso evidencia as preferências de cada avaliador em relação ao café que está sendo julgado e, provavelmente, influenciará na escolha do melhor café.

Sobre os resultados de nota global, é importante enfatizar que os métodos *washed* e *semi-dry* possuem as mesmas notas finais. A vantagem do método *semi-dry* em relação ao método *washed* é observada em virtude do baixo uso de água, pois após o descascamento, o café é levado para a secagem imediatamente, normalmente em terreiros suspensos e cobertos, porém, apresentam desvantagem em relação ao tempo de secagem, uma vez que fica em média de 15 a 20 dias na secagem, dada a alta carga de mucilagem, enquanto o método *washed* necessita de 7 a 10 dias de sol para a secagem, em terreiros suspensos e cobertos.

O método de processamento *semi-dry* consiste em um processamento que se situa entre os cafés lavados e não lavados, contém também maiores níveis de glicose e frutose. No entanto, suas quantidades de açúcares em cafés processados a seco são significativamente maiores do que em produtos processados em úmido (KNOPP; BYTOF; SELMAR, 2006). Assim, não é possível concluir facilmente que os cafés produzidos pelo método *semi-dry* possuam mais açúcares do que os produzidos pelo método via-úmida.

Portanto, as perdas de sacarose obtidas em sementes processadas por via-úmida possivelmente ocorrem em razão da alta solubilidade em água deste composto, pois durante a imersão em água se tornaram em um substrato para fermentação (DUARTE et al., 2010). O modo de processamento influencia significativamente a composição química dos cafés

(KNOPP; BYTOF; SELMAR, 2006), e essas composições químicas irão impactar a avaliação sensorial dos Q-Graders. Os dados sobre a composição química dos cafés processados por métodos semissecos (*semi-dry*) ainda são escassos (DUARTE et al., 2010).

Os resultados sensoriais médios indicaram nas notas globais que os métodos *washed* e *semi-dry* não diferenciam do método fermentação com cultura *starter* de levedura, mas foram superiores ao método *fully washed*.

Isso se relaciona em parte com os resultados sensoriais descritivos pelos Q-Graders, de que os cafés processados pelo método *semi-dry* são mais suaves e os processados pelo *washed*, geralmente, são mais ácidos e encorpados no paladar, mesma característica observada nos cafés que foram processados por via-úmida com leveduras.

5.1 RESULTADOS SENSORIAIS POR ÁREA DE ALTITUDE EXPERIMENTAL

Após a discussão dos atributos sensoriais e dos modelos de regressão, é apresentado o resultado sensorial por área ou faixa de altitude. Assim, cada parágrafo versa a respeito das faixas.

Na altitude de 774 metros, os resultados sensoriais apresentaram diferenças estatísticas entre métodos em 7 dos 8 atributos sensoriais analisados.

Não foram observadas diferenças estatísticas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, para os métodos 1 e 4 em relação aos atributos, aroma, sabor, impressão pessoal e nota global. O atributo corpo não apresentou diferença estatística entre os métodos.

Os métodos 4, 3 e 2 não apresentaram diferença entre si para os atributos: retrogosto, acidez e equilíbrio; o método 4 difere estatisticamente do método 2 e 3 para todos os atributos.

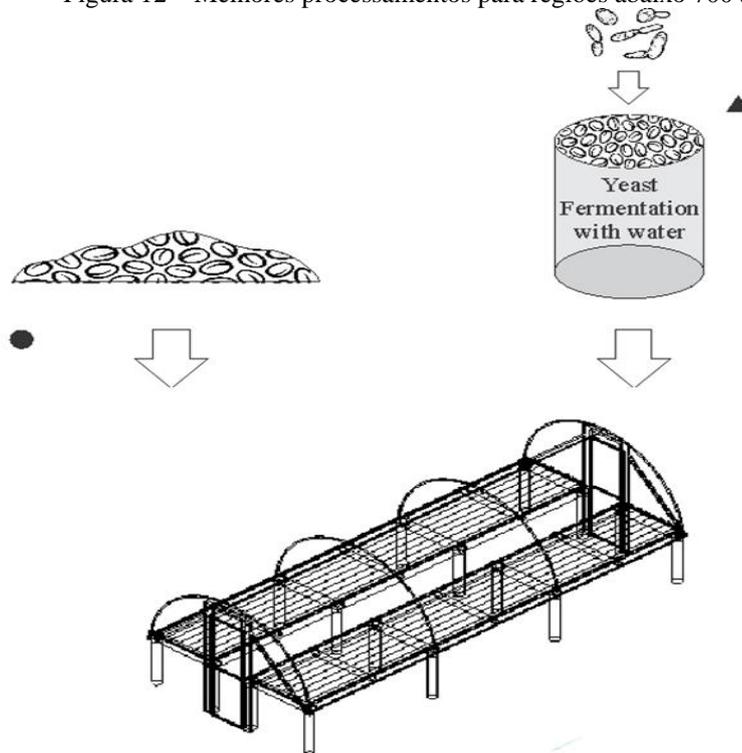
Observando apenas a nota global, como fator decisivo para a escolha do método na região de 774 metros, é possível inferir que os métodos *Semi-dry* e o *Yeast Fermentation* não se diferenciam estatisticamente. Porém o método *Semi-dry* se diferencia do método *Washed* e *Fully washed*, e o método *Yeast fermentation* não se diferencia do método *Fully washed*. Com base nestes resultados, é possível supor que a microbiota em regiões mais quentes pode ser mais competitiva, gerando um ambiente para a levedura que foi aplicada. Da Matta (2004) esclarece que este fator pode estar associado ao fato de as altas temperaturas impedirem a translocação de compostos químicos para os frutos, abrindo um campo para discussão a respeito da microbiota de cafés pertencentes em zonas mais quentes em detrimento de zonas mais elevadas.

Nessa perspectiva, observa-se que a ação das culturas *starts* foi relativamente efetiva, favorecendo ganhos de qualidade. Evangelista et al. (2014b) e Lee et al. (2015, 2017)

argumentam que estas diferenças nos atributos sensoriais podem provavelmente ser atribuídas ao processo de fermentação no processamento por via-úmida.

No entanto, os efeitos da fermentação durante o processamento via-úmida, sobre o perfil do aroma do café não estão completamente elucidados e são, muitas vezes, negligenciados, pois a literatura tem discutido que a principal função da fermentação é a retirada da mucilagem. A Figura 12 apresenta o resumo do processamento dos dois métodos, como foram aplicados nesta tese.

Figura 12 – Melhores processamentos para regiões abaixo 700 a de 800 metros



▲ Processamento via-úmida: Fermentação com levedura em água

● Processamento via-úmida: Semi-dry, despulpamento e secagem

Fonte: o autor.

A Figura 12 indica como devem ser aplicados os métodos, com base nos resultados descritos nesta tese, ou seja, para o processamento *Semi-dry* basta que o produtor descasque o café e aplique a secagem fina no primeiro dia (1 cm), e à medida que a matéria for perdendo água, aumenta-se o nível da secagem para gerar abertura de espaço para a secagem de novos lotes.

Com a aplicação do método *Yeast Fermentation* (fermentação com água e levedura) deve-se descascar o café, deixar a polpa imersa em água (limpa), com adição de 1% de levedura

(*Saccharomyces cerevisiae* sp.) e casca de café (proporção de 50% p/v do mosto) por 36 horas. Após esse período, escorrer a água e levar para a secagem, em camadas finas (1 cm) nos primeiros dias, aumentando-se o nível conforme a secagem for sendo realizada.

Para a altitude de 788 metros, os resultados sensoriais apresentaram diferença estatística entre métodos em 7 dos 8 atributos sensoriais analisados, não sendo observada diferença estatística pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade entre os métodos 2, 3 e 4, para os atributos: aroma, sabor, retrogosto, acidez, impressão global e nota global. Foi possível observar uma tendência no método 2 para todas as características citadas, ou seja, a cultura de leveduras proporcionou um ligeiro aumento de qualidade nestes atributos nesta faixa experimental.

Para o atributo equilíbrio, os métodos 2 e 3 não apresentam diferença estatística a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey dos demais métodos. O atributo impressão pessoal não apresenta diferença estatística entre todos os métodos.

O uso de culturas *starts* nas duas regiões mais quentes favoreceu a qualidade dos cafés conforme a percepção dos Q-Graders, confirmando que o uso de microrganismos deve ser uma estratégia para melhoria e otimização da qualidade, pois os métodos *Washed* e *Fully washed* são frequentemente adotados por pequenos produtores na região Serrana do Espírito Santo. Estes resultados corroboram com os achados de Lee et al. (2015) e reforçam a discussão a respeito da fermentação, tendo em vista que atributos desejáveis podem ser otimizados durante o processamento via-úmida.

A fermentação do café ocorre para solubilizar polissacarídeos¹³ que estão presentes na polpa do café, conseqüentemente, durante a fermentação, microrganismos atuarão na degradação dos açúcares presentes na polpa, criando rotas metabólicas e padrões sensoriais diferenciados.

Esses processos catabólicos de oxidação de substâncias orgânicas, principalmente os açúcares, que são transformados em energia e em compostos mais simples, como o etanol, o ácido acético, ácido lático e ácido butírico, são causados por bactérias e leveduras, sendo o resultado final da fermentação dependente do conjunto de bactérias e leveduras presentes durante estas fases de processamento (QUINTERO et al., 2012). Conforme já apresentado, o uso de *Saccharomyces cerevisiae* sp. proporcionou melhoria e ganhos qualitativos aos cafés das regiões de menores altitudes.

Para a altitude de 893 metros, os resultados sensoriais apresentaram diferença estatística entre métodos em 4 dos 8 atributos sensoriais analisados. Os métodos 1, 2 e 4 não se diferem

¹³ Polissacarídeos são carboidratos que por hidrólise originam uma grande quantidade de monossacarídeos e estes se constituem em polímeros naturais.

estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para os atributos: aroma, sabor e nota global. Todavia, para o atributo aroma o método 2 apresenta maior tendência sensorial, seguido do método 3 para os atributos sabor e nota global.

Os atributos retrogosto, acidez e impressão pessoal não apresentaram diferenças estatísticas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade entre os métodos. Os métodos 1 e 4 não apresentam diferença estatística para o atributo equilíbrio e se diferem dos processamentos 2 e 3.

Nesta faixa de corte sugere-se uma evidência importante a respeito do uso de culturas *starts*, que não têm recebido a devida atenção, pois, recentemente, a fermentação induzida com culturas de arranque tem sido apontada por Evangelista et al. (2014a, 2014b) como uma forma de melhoria da qualidade e criação de rotas sensoriais aos cafés que são submetidos a esses procedimentos. No entanto, os resultados deste estudo se mostram contraditórios, pois, em alguns casos, observa-se que o uso de cultura *start* decresceu a qualidade final do café, conforme observado por Pereira et al. (2015). Isso reforça um dos principais resultados desta tese, indicando a necessidade de se estabelecer um limite de corte para o uso desta tecnologia em regiões de montanha.

Kleinwächter e Selmar (2010) e Joët et al. (2010) discutem que a formação de aromas e sabores é afetada diretamente pelo manejo, clima e altitude das lavouras, podendo ocasionar no surgimento de compostos que formam sabores agradáveis ou desagradáveis ao paladar e que muitos destes compostos são difíceis de serem distinguidos.

Se são afetados pelo clima e pela microbiota local, constrói-se então uma possibilidade de limite de corte para uso da *Saccharomyces cerevisiae sp.*, já que essa levedura tende a converter os açúcares em álcool e pode contribuir na formação de constituintes secundários responsáveis pelo sabor. Este resultado pode ser explicado pela ação dos microrganismos em detrimento da microbiota presente. Evangelista et al. (2014b) discutem que a formação da microbiota, a temperatura ambiente e o pH do mosto podem sofrer alterações, modificar a carga e a forma como os microrganismos atuam durante o processo de fermentação. Os frutos de café, ao serem processados, permitem o surgimento de uma fermentação espontânea ou selvagem. Os açúcares e pectinas presentes na mucilagem permitem o crescimento de microrganismos, especialmente bactérias e leveduras.

Para a altitude de 907 metros, os resultados sensoriais apresentaram diferença estatísticas entre métodos em 4 dos 8 atributos sensoriais analisados. Para os métodos 1, 2 e 4 não foram observadas diferenças estatísticas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para os atributos: aroma, retrogosto equilíbrio e nota global. Consequentemente o método 1 se difere

do método 3 no aroma, no retrogosto, no equilíbrio e nota global, pois se observa uma tendência de melhoria na qualidade com aplicação do método 1. Reforçando a discussão apresentada referente à seleção natural dos microrganismos em áreas de altitude na ação sobre a qualidade.

Os atributos sabor, acidez, corpo e impressão pessoal não apresentaram diferenças estatísticas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade entre todos os métodos. Este fato pode ter influenciado positivamente a fermentação com água para os experimentos situados acima de 893 metros, e negativamente nos experimentos situados abaixo desta faixa, confirmando a necessidade de maior monitoramento durante as etapas de fermentação do café arábica (GONZALEZ-RIOS et al., 2007).

Além das bactérias, fungos e leveduras, mais recentemente, a microbiota endofítica, presente nos frutos de café, vem recebendo uma atenção considerável quanto à sua diversidade e contribuição potencial para atributos positivos relativos à qualidade do café (MARCELO et al., 2013). Disso surge a necessidade de se comparar a microbiota interna dos frutos de regiões elevadas com a de regiões mais baixas para se entender o decurso da qualidade quanto à fermentação.

Os dois últimos pontos experimentais figuram em zonas onde a literatura considera a produção de cafés como *terroir's* em razão da altitude. O que se sabe é que, normalmente, os cafés de regiões mais frias e sombreadas (altitude mais elevada) recebem maiores notas referentes ao sabor, ao aroma, à doçura e ao corpo, do que os cafés oriundos de regiões mais quentes (ANDROCIOLOI et al., 2003).

Para a altitude de 1.004 metros os resultados sensoriais apresentaram diferenças estatísticas entre métodos em 7 dos 8 atributos sensoriais analisados. Para as características sensoriais de sabor, equilíbrio, impressão pessoal e nota global, os métodos 1 e 4 não apresentam diferença estatística entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Entre as características sensoriais retrogosto, acidez e corpo, os métodos 1, 4 e 2 não se diferem estatisticamente. Para a característica fragrância não foi observada diferença estatística entre os métodos, pelo teste de Tukey.

Os métodos executados nessa área indicam resultados expressivos sobre a qualidade dos cafés, com obtenção de nota sensorial mais elevada entre todos os experimentos: 87,67 para o método 1, seguido do método 4, com 87,09. O método com levedura sofreu uma redução considerável na nota sensorial, reforçando a sugestão a respeito de limite de corte para introdução de culturas de arranque em zonas que já são favorecidas naturalmente pelo microclima e possuem uma microbiota mais seletiva.

Os resultados de Pereira et al. (2015) mostraram que a inoculação de culturas *starter* reduziu a nota sensorial do café na faixa de 1.250 metros de altitude, porém os autores não discutiram o efeito natural desta microbiota. Os mesmos autores enfatizam que o conhecimento sobre o impacto de bactérias e leveduras referente à qualidade final do café e à eficiência do processo é limitado e são necessários mais estudos para preencher essas lacunas pois, com o uso de leveduras, os resultados indicaram que cada processo desenvolvido gerou uma bebida com características sensoriais distintas.

Essas conclusões reforçam o limite de corte para o emprego de culturas de arranque ou a seleção mais adequada de cada microrganismo, respeitando a microbiota do cafeeiro, uma vez que, durante a fermentação do café, as bactérias, leveduras e enzimas atuarão na degradação da mucilagem, transformando os compostos pécnicos e açúcares em alcoólicos e ácidos orgânicos (MARTINEZ, 2010). Durante a fermentação, microrganismos presentes nos frutos criarão rotas metabólicas e padrões sensoriais diferenciados. Para Puerta (1999), a fermentação via-úmida, utilizando o método natural da Colômbia – *Washed*, proporciona café com maior acidez, melhor retrogosto e corpo, se comparado com outros métodos. Isso confirma os dados obtidos nesta tese nas áreas mais elevadas, onde foram submetidos os experimentos *Washed*, como aplicados na Colômbia.

Para a altitude de 1.033 metros, os resultados sensoriais apresentaram diferenças estatísticas entre os métodos em todos os 8 atributos sensoriais analisados. O método 1 se difere de todos os demais métodos, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para os atributos, sabor, retrogosto equilíbrio e nota global. As notas sensoriais mais elevadas para essa faixa foram observadas mediante o método com fermentação em água (*washed*).

Para as características sensoriais de fragrância, acidez e corpo o método 1 se difere do método 4, mas não se difere dos métodos 2 e 3. A característica impressão pessoal não apresenta diferença estatística entre o método 1 e 3, mas se difere do método 2 e 4, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os dados obtidos na última faixa experimental se aproximam dos dados da penúltima faixa, sendo possível inferir que a qualidade pode ser naturalmente percebida em consequência da microbiota presente nestas regiões, defendendo e preservando as características dos saberes locais já existentes.

Os resultados médios da análise conjunta para todos os atributos das análises sensoriais são representados da seguinte forma. Para os atributos acidez e corpo, não existem diferenças estatísticas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade em nenhum dos métodos. Os atributos fragrância, sabor, retrogosto e nota global não apresentam diferença estatística para os métodos

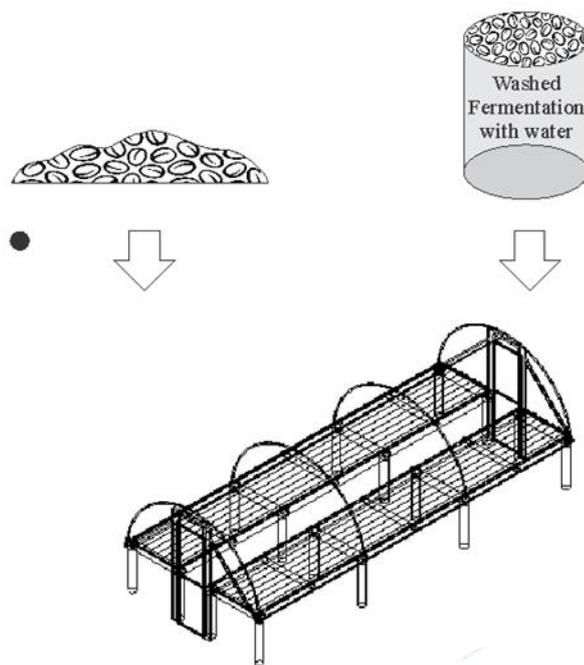
1, 2 e 3. Para a característica equilíbrio e impressão pessoal, os métodos 1 e 4 não se diferem estatisticamente. Considerando a nota global, tem-se então um empate numérico entre os métodos 1 e 2, ambos com 82,46 pontos, seguidos do método 2, com 81,81 e do terceiro método, com 81,43.

Apesar das diferenças entre os processos de fermentações, os resultados de Somporn et al. (2012) indicam que o fator clima exerce uma influência na formação de açúcares, ácidos clorogênicos e fenólicos totais, influenciando assim a qualidade final do café após o processamento. Da Matta (2004) discute que os frutos que são formados sob condições de temperaturas mais elevadas a maturação acontece antecipadamente, impedindo a completa translocação de compostos responsáveis pelas características de aroma e sabor típicos do café. Para este último caso, reforça-se a necessidade de aplicação de culturas *starters* em zonas com temperaturas mais elevadas para correção da qualidade.

Finalmente, Lee et al. (2015) argumentam que os efeitos da fermentação durante o processamento por via-úmida sobre o perfil do aroma do café não estão completamente elucidados e são muitas vezes negligenciados, uma vez que a literatura tem discutido que a principal função da fermentação é a retirada da mucilagem. As culturas de iniciação de arranque para a fermentação comercialmente disponíveis não são projetadas diretamente para fermentar grãos de café, principalmente, em virtude das peculiaridades físicas e químicas deste processo (PEREIRA et al., 2015), reforçando a necessidade de maior estudo sobre a microbiota e as condições exatas de uso.

A Figura 13 traz a indicação dos métodos que proporcionaram os melhores resultados sensoriais obtidos em todas as faixas experimentais.

Figura 13 – Fluxograma de processamento via-úmida para regiões acima dos 900 metros de altitude



- ▲ Processamento via-úmida: Fermentação espontânea com água, polpa e casca.
- Processamento via-úmida: Semi-dry, despulpamento e secagem

Fonte: o autor.

A Figura 13 indica como devem ser aplicados os métodos, com base nos resultados descritos nesta tese, ou seja, para o processamento *Semi-dry* basta que o produtor descasque o café e aplique a secagem fina no primeiro dia (1 cm) e uma vez que a matéria for perdendo água, aumenta-se o nível da secagem para gerar abertura de espaço à secagem de novos lotes.

Com a aplicação do método *Washed* (fermentação com água) os produtores devem descascar o café, deixar a polpa imersa em água limpa por 36 horas, adicionar ao mosto 50% de casca p/v após esse período, escorrendo a água e levando à secagem, em camadas finas (1 cm) nos primeiros dias e aumentando-se o nível à medida que a secagem for sendo realizada.

A nova hipótese que se apresenta a partir dos resultados desta tese é que a *Saccharomyces cerevisiae sp.*, em zonas mais elevadas, pode ter sido inibida pela ação de microrganismos endofíticos presentes em melhores condições climáticas e, a partir deste ponto, ter prejudicado a qualidade dos cafés, embora tenha se mostrado eficiente em terrenos apresentando temperaturas menos elevadas. Essa interpretação corrobora as conclusões de Bruyn et al. (2016), já que, para os autores, mais estudos devem ser empreendidos, permitindo o fortalecimento da compreensão do impacto da microbiota na qualidade do copo de café a fim de fornecer dados robustos para o desenvolvimento de culturas comerciais iniciais.

Portanto, os resultados sensoriais indicam que, para zonas mais baixas, o uso de culturas de arranque pode ser uma boa estratégia para a melhoria da qualidade e, para zonas mais elevadas e com temperaturas mais frias a própria microbiota pode se encarregar da geração de atributos mais especiais ao café. Porém, essa segunda nova hipótese necessita ser comprovada a partir da ação dos microrganismos endofíticos nessas mesmas áreas.

Na seção 5.2 são discutidos os resultados das análises multivariadas referentes aos dados sensoriais em todas as faixas observadas.

5.2 RESULTADOS DA ANÁLISE SENSORIAL MULTIVARIADA

Visando maior interação e objetividade para explicar os resultados obtidos por meio da experimentação, foi realizada análise de agrupamento hierárquico, com a aplicação de dendrogramas, de todos os atributos sensoriais por zonas de altitude, seguida da análise multivariada da orientação das faces de solo em que as lavouras estão situadas.

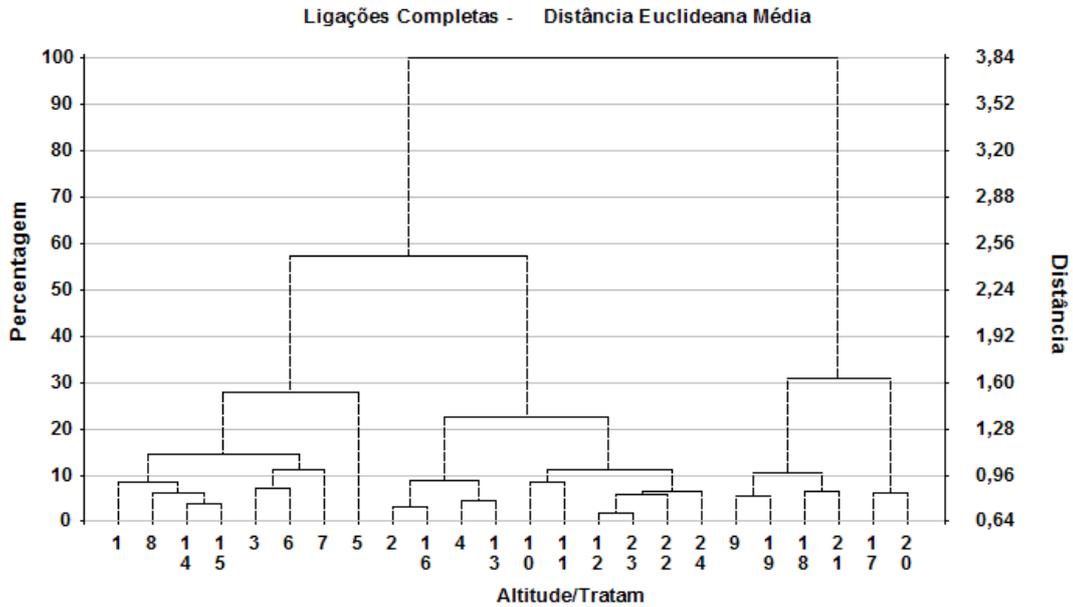
Os resultados apresentados na Tabela 14 e na Figura 13 sugerem a existência de dois grupos homogêneos no dendrograma: o grupo A formado pelos pontos (altitude/método) de 1 a 8, de 10 a 16, de 22 a 24 e o grupo B formado pelos demais pontos (9 e 17 a 21).

Tabela 14 – Formação dos grupos por altitude e métodos em relação aos atributos sensoriais

Formação dos grupos sensoriais no dendrograma					
Grupo A	Altitude	Métodos	Grupo B	Altitude	Métodos
1	1	1	9	3	1
2	1	2	17	5	1
3	1	3	18	5	2
4	1	4	19	5	3
5	2	1	20	5	4
6	2	2	21	6	1
7	2	3			
8	2	4			
10	3	2			
11	3	3			
12	3	4			
13	4	1			
14	4	2			
15	4	3			
16	4	4			
22	6	2			
23	6	3			
24	6	4			

Fonte: o autor.

Figura 14 – Dendrograma com 24 pontos 6 altitudes e 4 métodos



Fonte: o autor.

Na separação e formação dos grupos sensoriais mediante análise multivariada, observa-se que o método *washed* em três zonas de altitude se aglutina no Grupo B, indicando que os melhores escores em notas globais se coadunam, pois o ponto 9 (método 1 na terceira faixa experimental), seguido do ponto 17 (método 1 da quinta faixa experimental) e também ponto 21 (método 1 da última faixa experimental) possuem notas mais elevadas que todos os demais pontos. Os pontos 18, 19 e 20 pertencem à quinta faixa experimental e se agrupam aos pontos experimentais com maiores altitudes.

Esse resultado sugere que o café processado apenas com água, por meio da fermentação espontânea, conhecida como *washed*, pode ter permitido a ação dos microrganismos presentes nos grãos a partir da ação de degradação da mucilagem, que é rica em pectina que adere aos grãos de café, agindo assim como a principal fonte de alimentação das leveduras durante a fermentação do café (MASOUD et al., 2004). Agate e Bhat (1966) isolaram leveduras identificadas como *K. marxianus*, *S. bayanus*, *S. cerevisiae* e *Schizosaccharomyces spp*, que apresentaram forte atividade pectinolítica, produzindo metabolitos que se espalham para o interior dos grãos de café, favorecendo a formação do sabor da bebida (EVANGELISTA et al., 2014b).

Fica evidente que as especificidades da microbiota de cafés de regiões mais elevadas devem ser frutos de estudos futuros, para que talvez seja possível a aplicação de microrganismos potencializadores da qualidade em áreas mais baixas e menos favorecidas para fermentações espontâneas.

Gonzalez-Rios et al. (2007) detectaram que a retirada da mucilagem por meio da degradação em água com a fermentação espontânea proporcionou cafés com mais atributos e particularidades de frutado, floral e caramelo, ao passo que a remoção de mucilagem mecanicamente proporcionou bebidas mais secas e neutras, ou seja, a mucilagem presente no mesocarpo constitui-se em um produto de alavancagem para o processo de fermentação do café arábica.

Quintero e Molina (2015) relataram que as características dos cafés fermentados são oriundas das interações bioquímicas que ocorrem em detrimento das enzimas que se formam por meio de leveduras e bactérias, sendo que as mesmas acabam degradando o açúcar, os lipídeos, as proteínas, que estão presentes na mucilagem, transformando-os em compostos mais simples, como o etanol, o ácido láctico, ácido acético e butírico.

Para Rendón et al. (2014), as fermentações espontâneas podem ocasionar sabores distintos, lembrando a suavidade de alguns chás. Os frutos de café ao serem processados permitem o surgimento de uma fermentação espontânea ou selvagem.

A formação do grupo B, por intermédio dos métodos de fermentações espontâneas, indicam a ocorrência e ação dos microrganismos naturais, sendo estes capazes de gerar ganhos qualitativos a estas três áreas. Essa interação entre o meio ambiente e o resultado final do café já foi brevemente discutida por Joët et al. (2010), indicando o fato de que a maioria das mudanças que ocorrem no café e no processamento pode ser interpretada por processos fisiológicos, bem como os efeitos da temperatura durante a formação dos frutos, seguidos das condições de hipóxia durante o processamento via-úmida.

Somporn et al. (2012) explicam que o sombreamento exerce uma influência na formação de açúcares, ácidos clorogênicos e fenólicos totais. Da Matta (2004) discute que nos frutos que são formados sob condições de temperaturas mais elevadas, a maturação acontece antecipadamente, impedindo a completa translocação de compostos responsáveis pelas características de aroma e sabor típicos do café.

Esses compostos que são influenciados pelo meio (clima) precisam ser mais bem evidenciados. Porém, estes resultados mostram que o método de fermentação espontânea no processamento via-úmida através do método *washed* pode ser mais promissor que o uso de leveduras em zonas de maior altitude, respeitando o *terroir* característico de cada região, e que as leveduras, em especial, a *saccharomices cerevisiae*, pode ser aplicada em áreas com maior incidência de radiação solar na região Serrana do Espírito Santo, áreas prejudicadas naturalmente pelas condições climáticas em que as aplicações biotecnológicas podem prover

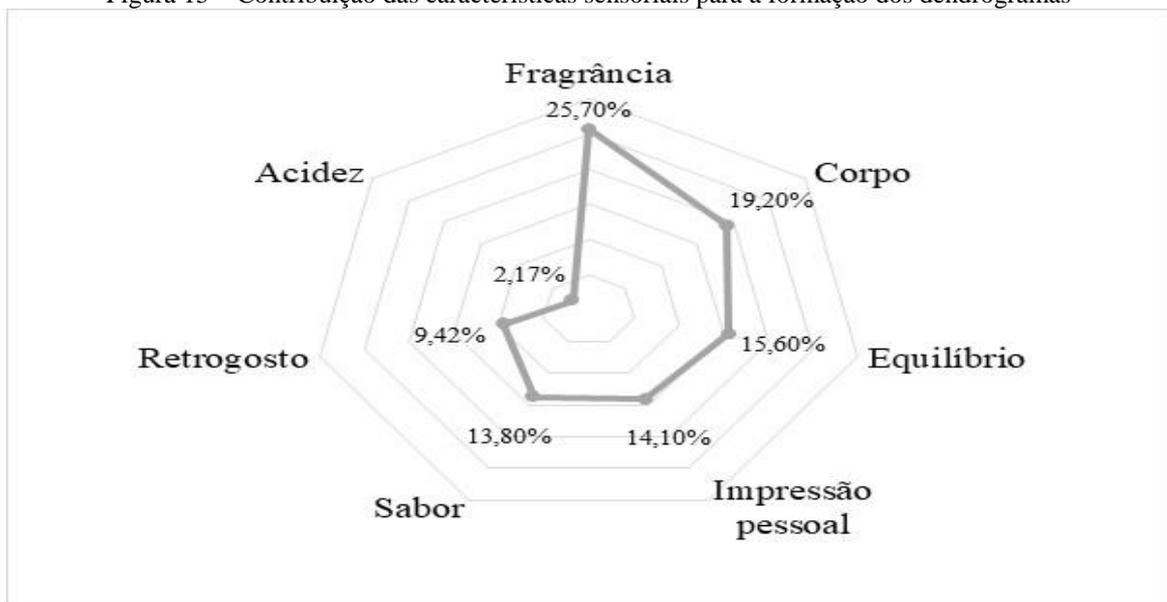
ganhos de qualidade. Essa última recomendação, todavia, necessita de maiores estudos e comprovações científicas antes de sua aplicação em campo.

No grupo A, tem-se o agrupamento de todos os cafés com menores *scores* de notas globais, não indicando uma tendência, como observada na formação do grupo B. Esse resultado pode ser compreendido em virtude da proximidade de notas sensoriais dos experimentos submetidos a essas faixas e reforça o ponto de corte para uso e aplicação de leveduras em zonas mais elevadas.

Os efeitos positivos da fermentação podem corroborar com novas rotas sensoriais, com a modificação do perfil de sabor do café, e, conseqüentemente, poderão gerar um processo contínuo que reforce o controle de qualidade em bebidas fermentadas. A partir do momento que se possa reproduzir os mesmos métodos e obter os mesmos resultados será possível elevar a curva de qualidade, com uso dos microrganismos corretos para gerar mais sabor, aroma, textura, etc.

A Figura 15 indica a contribuição relativa de cada atributo sensorial para a formação dos dendrograma. Esses dados indicam que alguns atributos são mais decisivos para que os Q-Graders elaborem e formulem sua tomada de decisão sobre a escolha de um café em detrimento do outro. As análises sensoriais têm sido uma ferramenta muito importante na caracterização dos diferentes atributos de bebidas na cadeia do café (OLIVEIRA et al., 2013).

Figura 15 – Contribuição das características sensoriais para a formação dos dendrogramas



Fonte: o autor.

Para Pereira et al. (2016), são necessárias mais pesquisas em muitos aspectos da ciência e da tecnologia para que as fermentações de café atinjam níveis semelhantes a outros alimentos

e bebidas fermentados. Os efeitos positivos do uso de culturas iniciais para fermentações de café, como a padronização da qualidade e a redução da perda econômica para o produtor, estão agora bem demonstrados pela literatura. Além disso, é claramente estabelecido que quando as culturas iniciais são implementadas, o perfil de composto aromático dos grãos de café é afetado.

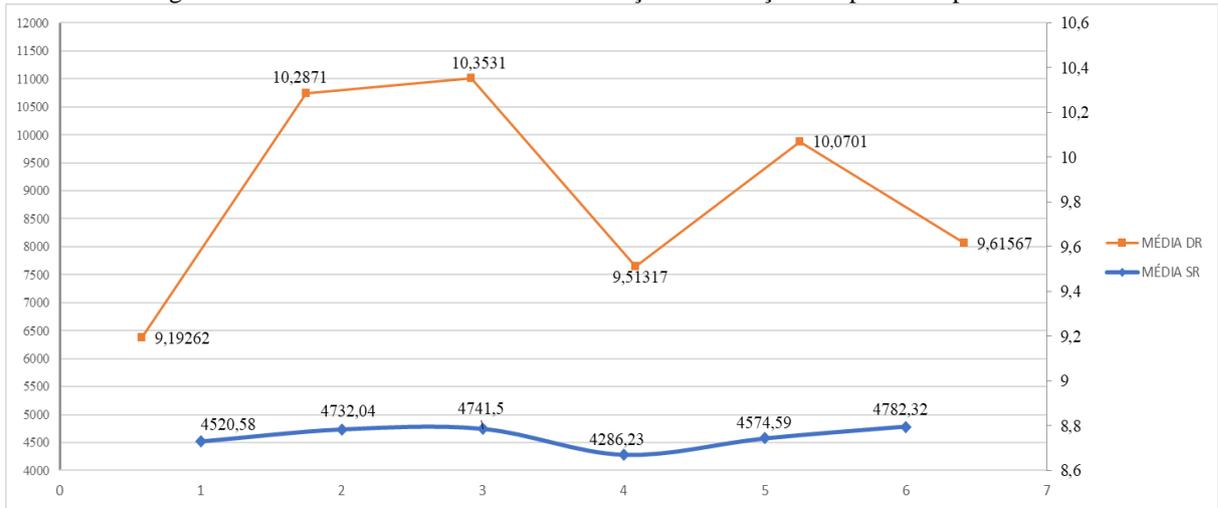
Na sequência, são apresentados os resultados obtidos por meio da classificação e quantificação da carga de energia sobre os pontos experimentais, abrindo-se uma nova fronteira de discussão, o efeito da radiação solar sobre a qualidade do café.

5.3 RESULTADOS DAS ANÁLISES MULTIVARIADAS DE RADIAÇÃO SOLAR E FACE DE SOLO

Objetivando entender o efeito da radiação solar associado à altitude e ao processamento via-úmida para o café arábica da variedade Catuaí vermelho, foram elaboradas análises com base no histórico da radiação solar média diária para o ano de 2016 (sr-13-WH/m²) e na duração média diária da radiação solar no ano de 2016 (dr13 -horas). Os dados foram tratados por meio da análise de agrupamento hierárquico para que fosse possível observar a formação dos grupos em razão da similaridade.

Com base na observação da Figura 16, os dados de incidência de radiação solar e da duração média da radiação solar praticamente não apresentam diferenças. Quando observadas as linhas entre os pontos, observa-se que apenas a lavoura situada na faixa de 907 metros possui o menor índice de radiação e duração da radiação solar. Esperava-se então, que a qualidade dessa lavoura correspondesse com as proposições de Androcioli et al. (2003), que para os autores a qualidade depende da orientação de exposição da face de solo, ou seja, é afetada pelo microclima. Porém, se observar a Figura 17 e os resultados sensoriais, constrói-se uma nova fonte de questionamento, que será elucidada após a apresentação dos dendrogramas na Figura 17.

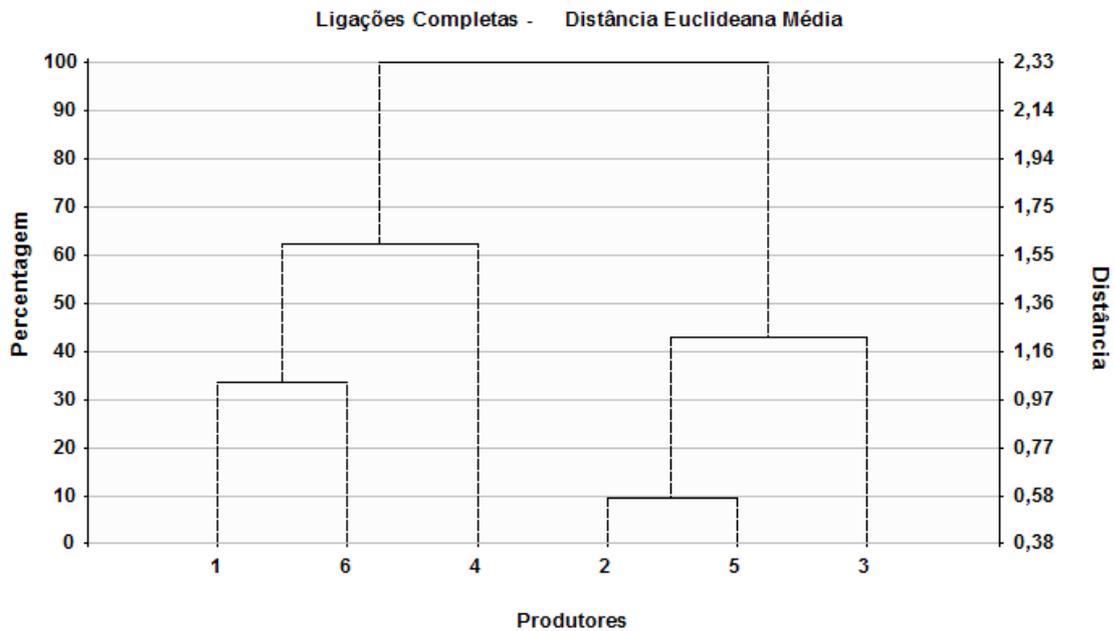
Figura 16 – Média anual da incidência e duração da radiação nos pontos experimentais



Fonte: Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo (2016).

O dendrograma da Figura 17 sugere a existência de dois grupos homogêneos: Grupo A – formado pelos pontos 1, 4 e 6, e o Grupo B – formado pelos pontos 2, 3 e 5, referentes ao dendrograma.

Figura 17 – Dendrograma da radiação solar média entre as seis altitudes de estudo



Fonte: o autor.

O grupo A, formado pelos cafés 1, 6 e 4 possuem as seguintes faixas de orientações: Leste, Leste e Sul, com notas globais de 80,20, 83,48 e 80,98 na média de todos os métodos

aplicados para essas áreas de altitude. O grupo B, formado pelos cafés 2, 5 e 3 possuem as mesmas faixas de orientações: Leste, Leste e Sul, com notas globais de 79,09, 86,08 e 83,06.

Os resultados apresentados na Figura 17 indicam mudanças entre grupos em consequência dos parâmetros incidência da radiação solar, se comparada à duração da radiação solar, corroborando que a qualidade não pode ser definida simplesmente pela relação *quanto mais alto* (altitude da lavoura) *melhor*, mas devem ser aprofundados os aspectos microclimáticos e fenológicos nas diferentes faces de orientação da lavoura, pois esses fatores, aliados ao método de processamento, podem ser determinantes para a qualidade.

O café que apresentou os melhores resultados sensoriais em média possui uma orientação de face de solo a Leste e está situado na primeira zona mais elevada dos experimentos (altitude de 1.004 m), apresentado nas figuras 16 e 17, sendo possível inferir que a duração da radiação solar no ponto 5 se agrupa com os cafés das regiões mais quentes. Se a hipótese de quanto mais elevado e mais frio for o local onde a lavoura está implantada, logo, melhor será a qualidade, os resultados passam a ser não tão simples de explicação, necessitando de maiores compreensões sobre as modificações metabólicas que podem ocorrer internamente nos frutos do cafeeiro.

Isso sugere que além da face de exposição da lavoura, deve ser analisada a amplitude térmica, pois recentemente passou a se defender que quanto maior a amplitude térmica, maior o declínio da qualidade (LUZ, 2014), sendo a altitude determinante para alteração do metabolismo do cafeeiro (SILVEIRA, 2014). Isso corroboraria com a relação do estresse metabólico. Para Bytof et al. (2007), o estresse que ocorre com o metabolismo é responsável por mudanças significativas na composição das substâncias presentes nos grãos de café e, portanto, pela sua qualidade.

Conforme as proposições de Bosselmann et al. (2009) e Vaast et al. (2006), os cafés cultivados em maiores altitudes o desenvolvimento dos grãos é mais lento, resultando em maior tamanho e em aumento de sacarose e acidez da bebida. Porém, Joët et al. (2010) indicam que seja pouco provável uma explicação plausível em grande medida que determine o melhor sabor e aroma dos cafés somente em razão da altitude.

Sabe-se que a altitude é importante para a obtenção de cafés especiais, mas a altitude sozinha não é o único fator que define a qualidade do produto. As encostas orientadas para o noroeste, os campos com altitudes mais baixas e os climas mais quentes produzem cafés de qualidade mais baixa do que os campos com altitudes mais elevadas e temperaturas amenas (SILVA et al., 2015).

Tal situação reforça a importância de se entender a fundo os fatores climáticos e como eles podem afetar a qualidade, condicionados ao processamento mais adequado, com uso ou não de microrganismos, pois sem o entendimento mais preciso de como todas essas variáveis interagem entre si, a qualidade de um produto tão nobre fica relativizada sempre a um *terroir* característico de zonas mais ou menos propícias. Cabe, assim, às tecnologias de processo disponíveis modificarem esse cenário.

Zaidan et al. (2017) verificaram que os maiores valores dos atributos da qualidade do café em função da encosta ou face de solo foram encontrados em lavouras situadas na faixa de altitude abaixo de 700 m, na encosta Noruega da montanha.

Com base nos resultados observados neste estudo e as recentes demonstrações a respeito do efeito do microclima sobre a qualidade, reforça-se a necessidade de se entender o efeito da amplitude térmica e os efeitos do estresse oxidativo sobre a qualidade final da bebida do café em lavouras que são cultivadas a pleno sol.

5.4 RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Nesta seção são apresentados os resultados referentes às análises físico-químicas de compostos fenólicos totais, acidez titulável total e pH. Seguindo a mesma lógica dos resultados sensoriais, foi feita uma discussão breve dos resultados para que, no último capítulo, os dados possam convergir para a conclusão desta tese.

A crescente demanda por cafés de melhor qualidade vem direcionando o mercado e a indústria para a introdução de normas que possam aferir maior segurança alimentar. Neste contexto, novas metodologias estão sendo testadas concomitantemente à análise sensorial, para avaliação da qualidade final do café.

Essa trinca de análises físico-químicas foi aplicada nas pesquisas de Malta et al. (2002), Siqueira et al. (2005), Somporn et al. (2012) e García et al. (2015), na tentativa de correlacionar os compostos citados com a qualidade global. Existe apenas um indicativo de que os resultados para cafés de baixa qualidade possuem maiores índices de compostos fenólicos, porém, nos trabalhos citados, esses resultados mostram-se relativamente divergentes, reforçando assim a necessidade de se entender detalhadamente a matriz química do café arábica e como essa matriz pode ser afetada no decurso do campo para a xícara.

As análises de compostos fenólicos, acidez titulável total e pH são apresentadas na Tabela 15. Logo após, discutem-se os resultados obtidos. Para os compostos citados, não foram

observadas relações funcionais significativas entre componentes fenólicos e altitude, acidez e altitude e entre pH e altitude, para todos os quatro métodos.

Tabela 15 – Médias da característica físico-químicas referentes a compostos fenólicos, acidez titulável e pH, avaliadas em quatro métodos e em seis altitudes

Características dos compostos fenólicos nas faixas estudadas														
Métodos	Altitude (m)										Média			
	774	788	893	907	1004	1033								
1	4,99	a	6,28	a	5,15	a	4,87	a	5,66	a	4,77	b	5,29	b
2	5,23	a	5,65	a	5,75	a	5,13	a	5,41	a	6,01	a	5,53	ab
3	5,06	a	5,64	a	5,56	a	4,97	a	5,43	a	5,52	a	5,36	ab
4	5,55	a	5,81	a	5,33	a	5,11	a	5,70	a	5,93	a	5,57	a
Média	5,21		5,84		5,45		5,02		5,55		5,56			
<i>Compostos fenólicos = g de equivalente de ácido gálico por 100g de amostra de café em base seca.</i>														
Características da acidez titulável nas faixas estudadas														
Métodos	Altitude (m)										Média			
	774	788	893	907	1004	1033								
1	284,84	b	232,30	a	234,28	bc	234,11	c	316,91	a	254,32	c	259,46	b
2	295,76	a	234,36	a	238,18	ab	259,99	b	270,18	c	270,69	b	261,53	b
3	296,81	a	238,57	a	243,62	a	240,22	c	253,74	d	262,58	bc	255,92	c
4	289,70	ab	236,12	a	226,29	c	272,02	a	290,91	b	291,51	a	267,76	a
Média	291,78		235,34		235,59		251,58		282,93		269,78			
<i>Acidez Titulável Total = mL NaOH 0,1N, 100 g-1 de amostra.</i>														
Características do pH dos cafés nas faixas de altitude														
Métodos	Altitude (m)										Média			
	774	788	893	907	1004	1033								
1	5,22	a	5,07	a	5,02	b	5,09	b	5,25	a	5,16	c	5,14	a
2	5,08	c	5,06	ab	5,12	a	5,13	ab	5,02	c	5,27	b	5,11	b
3	5,15	b	5,02	b	4,95	c	5,16	a	5,12	b	5,37	a	5,13	ab
4	5,17	b	5,06	ab	5,03	b	5,12	b	5,00	c	5,07	d	5,07	c
Média	5,15		5,05		5,03		5,13		5,10		5,22			
<i>Valores (%) com base em (AOAC, 1990).</i>														

Fonte: o autor.

¹ Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5.4.1 Compostos fenólicos

Comparando as médias dos resultados dos compostos fenólicos totais para cada faixa de forma individualizada, os resultados indicam que apenas na faixa experimental de 1.033 metros os processos se diferem. O processamento 1 se difere dos demais métodos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Contudo, quando analisada a média de experimentos, o método 4 é superior ao método 1, entretanto, não se difere dos métodos 2 e 3.

Durante o processo de torrefação, esses compostos fenólicos são intensamente degradados, originando pigmentos e componentes voláteis que proporcionam o aroma do café. Os compostos fenólicos após o produto da torrefação podem ser associados à adstringência da bebida (DUARTE et al., 2010).

Os resultados obtidos nesta tese corroboram com os de Malta et al. (2002), em que os autores verificaram diferença de compostos fenólicos (valores médios) entre cultivares de café arábica. Na pesquisa de Siqueira et al. (2006), os valores dos compostos fenólicos não diferiram significativamente entre os três tipos de processamentos. Os dados observados na Tabela 15 foram diferentes dos resultados apresentados por Siqueira et al. (2006), indicando que os compostos fenólicos apresentam diferença entre os processamentos submetidos aos experimentos.

Pinto et al. (2001) e Abrahão et al. (2010) afirmam que existem indícios de ocorrência de maior concentração de compostos fenólicos totais em cafés de pior qualidade. Para os autores, existe a indicação de que para o café arábica torrado, do tipo bebida Rio, foi observada a concentração de 4,83% de compostos fenólicos totais.

Por outro lado, Fernandes et al. (2003) encontraram teores de polifenóis iguais a 4,31%, em café arábica do tipo bebida dura, sendo que essa bebida se destacou com maior teor de fenólicos totais, e, no mesmo estudo, o autor indica que o café de bebida riada apresentou valores elevados, 6,18% de compostos fenólicos totais, o que indica uma possível inconsistência entre correlação dos fenólicos totais com a prova de xícaras descritiva pelo método COB¹⁴, uma vez que o método COB apenas descreve a bebida sem criar um padrão numérico para que a qualidade seja quantificada sensorialmente.

Os dados apresentados na Tabela 15, referentes aos compostos fenólicos, indicam apenas diferenças estatísticas entre os processamentos quando analisada a média da análise conjunta. Os resultados sugerem de que os valores encontrados não se relacionam com cafés de baixa qualidade. Todas as amostras de café foram consideradas especiais pela metodologia da SCAA e também pelo fato de esta tese não ter comparado a qualidade de café oriundos de outras fontes, que não fosse a dos experimentos realizados, para a obtenção dos dados.

Os resultados indicam duas novas interpretações: a primeira sugere que apenas os compostos fenólicos, quantificados em valores percentuais, não podem definir a qualidade de um café, dada a complexidade química, uma vez que esses compostos durante a torrefação, ao se degradarem em virtude da reação de pirólise, podem produzir lactonas ou quinídeos (MONTEIRO; TRUGO, 2005), pois as lactonas estão ligadas aos compostos aromáticos do café (RAMOS et al., 2009) e, apesar de ser conhecida sua relevância nos precursores do aroma, pouco se sabe sobre qual o real impacto dos quinídeos no café e qual a sua variação nas diferentes formas e processos e torrefação (FERRÃO et al., 2003).

¹⁴ Classificação Oficial Brasileira, conforme normativa do Ministério da Agricultura.

Assinala-se, então, que as medidas de análise de compostos fenólicos totais devam ser melhor desmembradas mediante o entendimento do ácido clorogênico, ou que as análises estejam interligadas à fermentação do café. Sabe-se que os compostos fenólicos presentes na polpa de café podem produzir uma menor absorção de aminoácidos e glicose. Esses compostos foram medidos no sólido residual após a fermentação do café em diferentes processos e foi encontrada uma concentração de 0,13g/100g de material seco. Em comparação com a concentração na polpa de café (2,6g/100g de matéria seca), pode-se notar uma diminuição substancial dos compostos fenólicos totais após a fermentação (BONILLA-HERMOSA et al., 2014). A partir disso, seria possível inferir como eles atuam sobre a qualidade, com base no histórico e monitoramento do processamento via-úmida, além dos fatores climáticos.

A segunda interpretação traz a reflexão sobre o fato de todos os trabalhos citados aplicarem a metodologia de análise sensorial, conforme a normativa do Ministério da Agricultura de 2003, para classificação oficial do café no Brasil, que descreve o café por padrões de bebida, que variam de rio zona a estritamente mole. Sabe-se que a análise sensorial de café é uma técnica subjetiva e que os melhores instrumentos para reduzir essa subjetividade são adotados por meio do protocolo da SCAA e da metodologia de treinamento dos Q-Graders, conforme indicado por Pereira et al. (2017b).

5.4.2 Acidez titulável total: apresentação dos resultados e discussões

Embora não esteja claro quais compostos são responsáveis pela acidez percebida, sabe-se que o ácido cítrico, málico, acético, quínico e, principalmente, os clorogênicos são responsáveis em grande parte pela característica organoléptica do café (BALZER, 2001).

Para a acidez titulável total, os resultados indicam que na altitude de 774 metros, os métodos 2 e 3 não se diferem do método 4, mas se diferem do método 1, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey e os métodos 1 e 4 não possuem diferença estatística entre si, respectivamente.

Para a altitude de 788 metros, os métodos não apresentaram diferenças estatísticas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Na altitude de 893 metros, os métodos 3 e 2 não se diferem entre si, porém são superiores aos métodos 4 e 1 pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na faixa de 907 metros, o método 4 difere de todos os demais, o método 2 apresenta diferença dos métodos 1 e 3 pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e os métodos 1 e 3 não se diferem estatisticamente. Na penúltima faixa, a 1.004 metros de altitude, todos os métodos

apresentam diferenças estatísticas entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, sendo que o método 1 apresenta os maiores valores de ATT. Por fim, o último experimento indica que o método 4 se difere de todos os demais pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e apresenta os maiores valores absolutos para essa altitude, os métodos 2 e 3 não diferem estatisticamente e os métodos 1 e 3 não se diferem a 5% de probabilidade.

Pela média geral de experimentos, o método 4 foi superior aos demais, os métodos 1 e 2 não se diferem e são superiores ao método 3, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados gerais das análises de acidez titulável foram diferentes dos resultados citados nos trabalhos da literatura (FERNANDEZ et al., 2003; SIQUEIRA et al., 2005; FERREIRA et al., 2013), em que os pesquisadores não observaram diferenças entre ATT entre cafés processados por via-úmida. Porém, se correlacionam com os de Malta et al., (2002), no qual os autores encontram diferenças entre os índices de acidez titulável total.

O valor mínimo encontrado de acidez titulável total para a variedade Catuaí vermelho foi de 226,29 mL e o valor máximo observado foi de 316,91 mL, entre as seis faixas estudadas nos experimentos desta tese. Esses dados estão de acordo com valores descritos por Malta et al. (2002).

Existe uma indicação de que a acidez deve aumentar e o pH deve diminuir à medida que a qualidade do café diminui (FRANCA; MENDONÇA; OLIVEIRA, 2005). Todavia, os mesmos autores não detectaram diferenças significativas entre os tratamentos café de bebida “dura” e “rio”, em seus estudos.

Carvalho et al. (1994) concluíram que os cafés de qualidade inferior apresentam maiores índices de acidez titulável total, resultado também encontrado por Clemente et al. (2015). Entretanto, todos esses estudos propuseram correlações entre o método Classificação Oficial Brasileira (COB) e os resultados físico-químicos, já que a classificação COB, que é baseada na prova da xícara, gustativa, por meio de Q-Graders, é considerada muito mais subjetiva que o método de escalas proposto pela SCAA (PINTO et al., 2001; MOLIN et al., 2008).

O método COB não possui uma forma de quantificar a qualidade em escalas numéricas, para se estabelecer um limite de corte para a qualidade e os defeitos, o que torna o método ainda mais complexo de ser usado em pesquisas científicas.

Evidências mais robustas, propostas por Vaast et al. (2006) e Bolssemann et al. (2009) indicaram que cafés cultivados em maiores altitudes resultam em maior tamanho dos grãos e em aumento de sacarose, na acidez titulável e na acidez da bebida.

Voilley et al. (1981) sugerem uma boa correlação entre intensidade de aroma e acidez (bebida), confirmando que quanto maior a acidez titulável total, melhor a qualidade do café.

Essas indicações de literatura se correlacionam com os resultados dos experimentos, visto que todos os cafés avaliados sensorialmente apresentam notas de cafés especiais, acima dos 80 pontos propostos pelo protocolo da SCAA. Porém, Gloess et al. (2013) não encontraram correlação do valor do pH, nem da acidez titulável com o aspecto sensorial dos cafés avaliados na Guatemala, e não comprovaram correlações entre o aumento da acidez e o declínio da qualidade.

Foi relatado por Wang et al. (2016), que o pH e a acidez titulável do café arábica possuem correlação com a acidez da bebida do café, percebida mediante análise sensorial. Já Silva et al. (2014) relataram que a variedade Catuaí vermelho 144 apresentou correlação entre acidez titulável e pH com a qualidade do café. Os resultados dos autores citados estão parcialmente em conformidade com os resultados descritos na Tabela 16, já que não foram observadas correlações significativas entre as variáveis sensoriais com o pH.

Tabela 16 – Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis sensoriais e as físico-químicas

Variáveis Sensoriais	Variáveis Físico-químicas		
	Compostos Fenólicos	Acidez Titulável Total	pH
Fragrância	0,0379 ^{ns}	0,2232**	0,0559 ^{ns}
Sabor	-0,0078 ^{ns}	0,2292**	-0,0217 ^{ns}
Retrogosto	-0,0339 ^{ns}	0,3215**	0,0247 ^{ns}
Acidez	0,0198 ^{ns}	0,3104**	0,0472 ^{ns}
Copor	0,0345 ^{ns}	0,3139**	0,0328 ^{ns}
Equilíbrio	-0,0285 ^{ns}	0,3205**	0,0359 ^{ns}
Impressão pessoal	0,0306 ^{ns}	0,2468**	0,0054 ^{ns}
Nota global	0,0051 ^{ns}	0,2984**	0,0336 ^{ns}

Fonte: o autor.

* e ** Significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente; ^{ns} Não significativo.

Porém, observadas correlações significativas a 1% de probabilidade entre ATT e todos os atributos sensoriais do protocolo da SCAA. Os dados da Tabela 16 comprovam a existência de correlações entre a análise sensorial e a acidez titulável do café, sugerindo que a nota de um café especial se correlaciona com a acidez titulável total.

O próximo passo desta investigação é observar como os ácidos presentes no café poderiam se associar com a percepção dos Q-Graders. Os dados deste estudo trazem novas observações sobre os parâmetros físico-químicos e sensoriais com o uso do protocolo da SCAA.

A acidez titulável em grãos de café pode variar de acordo com os níveis de fermentações que ocorrem nos grãos, servindo como uma análise auxiliar para a avaliação da qualidade da bebida do café (MALTA et al., 2002). Tai et al. (2014) estudaram a relação do pH e da acidez titulável em cafés processados a partir de extratos de enzimas, para indução à fermentação e em cafés com fermentações espontâneas (*Washed*). Após o tratamento com o extrato de enzima, o café apresentou um acréscimo no valor de pH quando comparado ao café produzido a partir de

fermentações tradicionais e a acidez titulável foi reduzida pela metade (0,56% de ácido láctico) com o método da fermentação tradicional.

É possível inferir com base nos resultados apresentados até aqui, que a acidez titulável total não pode ser simplesmente correlacionada com o tipo da bebida do café (boa ou ruim), mas com as características sensoriais que o café pode ter, pois os atributos sensoriais transmitem os indicativos norteadores para que os Q-Graders possam definir a qualidade de um produto.

É necessário discutir sobre as mudanças que podem ocorrer durante o processamento via-úmida, uma vez que foi evidenciado nos resultados da Tabela 15 que todos os processamentos sofreram modificações na carga de ácidos (ATT). Os próximos passos de investigação científica precisam indicar qual o limite dessas fermentações e como as culturas externas que dão início à fermentação irão agir.

Seria limitante concluir que isso possui uma correlação com o declínio da qualidade. Este indicativo demonstra as rotas metabólicas e sensoriais que podem ser criadas com o uso de culturas de arranque. No entanto, além das possíveis alterações que ocorrem durante o processamento via-úmida, diferentes ácidos orgânicos apresentam distintos níveis de acidez percebida em combinações de pH e acidez titulável total, para os ácidos cítrico, málico e tartárico, a interação do juiz em relação à acidez titulável foi medida e estatisticamente significativa, indicando que as diferenças de acidez percebidas variaram entre os degustadores (COSETENG et al., 1989).

Se há uma variação entre degustadores e se a análise sensorial do café é uma técnica subjetiva, deve ser considerado, então, que os ácidos orgânicos são melhores entendidos em relação à análise sensorial, tendo em vista que a acidez sozinha é suficiente para explicar a quantidade/intensidade do ácido (LUGAZ et al., 2005). Ainda, para Lugaz et al. (2005), os mecanismos da ação dos ácidos sobre a percepção do sabor não devem ser considerados de forma independente, uma vez que quando os degustadores avaliam o café, a saliva ajuda a proteger as células receptoras do sabor de agressões mecânicas, térmicas, bacterianas e virais, transportando moléculas de gosto para os receptores de gosto. Ou seja, o tipo de ácido presente no café pode ser agradável ou desagradável ao palato, elevando o nível de subjetividade para os Q-Graders, uma vez que os avaliadores possuem suas preferências em relação a suas escolhas, e que, em muitos casos, existem avaliadores que priorizam cafés mais ácidos em detrimento de cafés menos ácidos.

5.4.3 Análise do pH das amostras de café estudadas

A última característica físico-química mensurada foi o pH, que possui por definição o potencial hidrogeniônico e é estimado em uma escala logarítmica para medir o grau de acidez, neutralidade ou alcalinidade de determinada solução. Este conceito foi introduzido em 1909 pelo químico dinamarquês Søren Peter Lauritz Sørensen. Para os cafés submetidos à experimentação, os valores de pH variaram entre 4,95 e 5,37, fora da faixa de cafés comerciais indicados pela OIC (1992), porém, estão em concordância com os valores encontrados por Scholz et al. (2011).

Segundo Sivetz e Desrosier (1979) e Fernandez et al. (2003), as variações de pH são de extrema importância na aceitação do produto pelo consumidor e os autores indicam que o pH ideal é de 4,95 a 5,20 para tornar o café palatável.

Para a faixa experimental de 774 metros, o método 1 se difere de todos os demais métodos a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, indicando ter o pH mais elevado para essa faixa que os demais métodos, seguido pelos métodos 3 e 4, que não possuem diferença estatística entre si, e pelo 2, que apresentaram pH mais ácidos.

O experimento situado na faixa de 788 metros apresenta diferença estatística entre o método 1 e 3, porém, o método 1 não se difere dos métodos 2 e 4, respectivamente, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Na faixa de 893 metros, o método 2 possui diferença estatística de todos os demais, com maior valor de pH, sendo que o método 1 e 4 não possuem diferenças entre si, mas se diferem do método 3 a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na quarta faixa de altitude a 907,80 metros, os métodos 3 e 2 não possuem diferenças estatísticas entre si, sendo que o método 3 apresenta pH superior aos do método 1 e 4, respectivamente, e o método 2 não se difere do método 1 e 4, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na penúltima faixa experimental, o método 1 possui pH superior ao dos demais, seguido do método 3, que se difere dos métodos 2 e 4, e estes dois métodos não apresentaram diferenças estatísticas entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Na última faixa experimental, todos os métodos possuem diferenças estatísticas entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, com o método 3 apresentando o maior valor de pH seguido, respectivamente, pelos métodos 2, 1 e 4.

Os valores médios obtidos nos experimentos demonstram que não existem diferenças estatísticas entre o método 1 e 3, porém o método 1 se difere dos demais a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey e o método 4 apresenta o menor valor de pH.

Como já citado, na revisão de literatura vários trabalhos tentam correlacionar o nível de pH com a qualidade final do café, reforçando a necessidade de se associar os níveis de pH com as fermentações, que são implementadas durante o processamento via-úmida, visando maior controle de processo. Para Massoud et al. (2006), durante as fermentações com leveduras os valores de pH variam de 5,5 e 5,0 respectivamente, o que corrobora com os dados desta tese.

Para Nasanit e Satyawut et al. (2015), os valores médios de pH e as temperaturas de quatro tanques de fermentação sofrem drásticas modificações, o pH pode diminuir gradualmente durante o período de fermentação de 48 horas de 6,27 a 4,00, dependendo do tipo de levedura que for adicionada ao café. Esse indicativo reforça os resultados obtidos na faixa de 774 e 1.033, onde a aplicação de leveduras modificou os níveis de pH se comparados aos demais métodos.

Os resultados citados indicam com clareza as modificações de ATT obtidas entre os métodos submetidos nos experimentos, observando-se mudanças de acidez titulável e pH durante a fermentação do café pela via-úmida, seja por fermentações induzidas, seja por fermentações espontâneas.

O monitoramento de pH pode ser empregado para acelerar a transição de um estágio de um processo de fermentação, para outra etapa do processo (aeróbica e anaeróbica), alterando as condições de fermentação, como temperatura, pH, composição do mosto, aumentando ou suprimindo o crescimento de alguns microrganismos para dar mais consistência ao processo de fermentação (SANDHYA et al., 2016). Essas técnicas já são aplicadas em fermentações de cacau. Além deste ponto, é de conhecimento que algumas das interações microbianas que ocorrem nas fermentações são caracterizadas pelo fato de que alguns microrganismos criam condições estressantes para os outros, por exemplo, competindo por nutrientes e/ou produzindo metabolitos inibitórios (SCHWAN; FLEET, 2015).

Sobre os indicativos de correlação, quando analisada a correlação de ATT com compostos fenólicos e pH com compostos fenólicos, ambos os parâmetros não apresentaram correlações significativas, porém os dados de pH e ATT indicam correlação positiva, indicando associação positiva às duas variáveis, o aumento do pH está associado ao aumento da acidez titulável do café, conforme apresentado na Tabela 17.

Tabela 17 – Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis físico-químicas

Variáveis	Acidez	pH
Compostos Fenólicos	-0,0056 ^{ns}	-0,0912 ^{ns}
Acidez		0,3452**

Fonte: o autor.

* e ** Significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente; ^{ns} Não significativo.

A correlação entre acidez titulável total e pH foi significativa a 1% de probabilidade pelo teste t. Tal resultado evidencia uma nova perspectiva, indicando a necessidade destas duas variáveis na fermentação, para que se possa definir o exato momento de interrupção ou modificações durante os estágios das fermentações, dado que, atualmente, já se pode realizar a leitura em tempo real destas duas características por meio de sensores. Isso auxiliaria os produtores no controle da qualidade do café, no processo de fermentação por via-úmida.

5.4.4 Análise multivariada dos compostos voláteis

Os últimos resultados apresentados nesta tese são relativos à análise da cromatografia gasosa, com base na identificação dos compostos voláteis dos cafés submetidos aos experimentos. No total, 98 compostos foram encontrados nos cafés torrados. Do total de voláteis encontrados, 28 foram identificados. Após a apresentação dos compostos, segue-se com as análises multivariadas por meio dos dendrogramas, seguidos dos respectivos impactos destes compostos sobre a qualidade do café, finalizando com os modelos de regressão observados entre métodos e altitude para os compostos.

Seguindo a mesma estratégia das demais análises já descritas, foi realizada uma discussão a respeito dos compostos e suas relações com os diferentes processamentos, para que no penúltimo capítulo as considerações gerais pudessem convergir com os objetivos desta tese.

Tabela 18 – Descrição dos compostos voláteis identificados nas diferentes zonas de altitude (continua)

Tempo de Retenção (minutos)	Compostos	Característica aromática
3,467	Piridina	Caramelo, torrada
5,200	2-metiltetrahydrofuranofuran-3-ona	Manteiga, noz, malte, caramelo
5,725	2-metilpirazina	Amendoim nozes, assado
6,183	Furfural	Amêndoas, caramelo
7,333	2-furilmetanol	Doce - Caramelo - nozes
9,700	3,5-dimetilpirazina	Batata crua
11,683	2,5-dimetil-3(2H)furanona	Caramelo – Açúcar queimado – framboesa,
12,45	5-metilfurfural	Doce, caramelo, picante, amêndoa
15,875	2-hidroxi-1-metilciclopenten-3-ona	Doce e caramelo
18,567	2,5-dimetil-3-etilpirazina	Fermentação
20,592	2-acetil-3-metilpirazina	Batata doce assada e noz
21,95	2,3-didro-3,5-dihidroxi-6-metil-4H-piran-4-ona	Doce, caramelo, nozes
23,375	Furoato de alila	Caramelo - frutado
23,917	N-furfurilpirrol	Cereal
25,992	Diidrobenzofurano	Borracha e áspero
26,492	5-hidroximetilfuraldeído	Caramelo, amanteigado

Tabela 18 – Descrição dos compostos voláteis identificados nas diferentes zonas de altitude (conclusão)

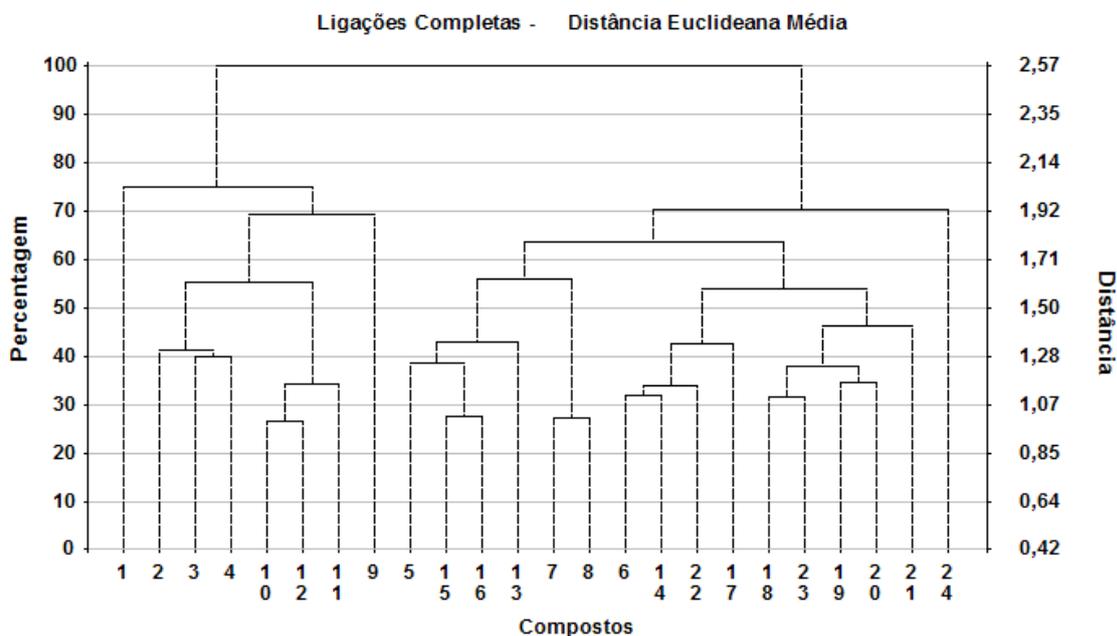
27,592	1,8-naftilpiridin-4-ol	*NI
30,283	4-etenil-3-metoxifenol	Picante, baunilha,
33,725	Octadec-9-eno	*NI
34,783	1-furfuril-2-formilpirrol	Ácido queimado
37,817	2,4-di-tert-butilfenol	Fenólico
39,442	Nonadec-1-eno	*NI
43,392	Cafeína	Amargo, inodora,
44,067	Palmitolato de metila	Manteiga
44,583	Ácido palmítico	Manteiga, denso
44,808	Palmitolato de etila	Frutado
45,117	Octadecanal	Oleoso, Denso,
45,750	Octadecan-1-ol	Floral – Citros - Gordo

Fonte: *Não identificado. Figueiredo et al. (2015); Pereira et al. (2015); Moreira e Trugo (2005); Amanpour e Selli (2015); Lee et al. (2015); Moon e Shibamoto (2009); Rowe (2005); Blank et al. (1992); Quarta e Anese (2012); Asikin et al. (2016); Fisher et al. (2016).

Objetivando entender a relação dos compostos voláteis que foram gerados após os diferentes tipos de processamento via-úmida, por meio das fermentações espontâneas e induzidas, sob a perspectiva das diferentes faixas de altitude, tem-se a Figura 18, com a análise de agrupamento hierárquico. Os resultados apresentam uma visão geral dos 28 compostos que foram identificados entre os 98 observados.

A Figura 18 sugere a existência de dois grupos homogêneos: o Grupo A formado pelos pontos (altitude/método) 1, 2, 3, 4, 9, 10, 11 e 12 e o Grupo B formado pelos demais pontos. Para o Grupo A observou-se similaridades entre todos os métodos das altitudes 1 e 3.

Figura 18 – Dendrograma com 24 pontos (6 altitudes e 4 métodos) sobre os compostos voláteis observados



Fonte: o autor.

Analisando os resultados da Figura 18, com base na formação dos grupos, é possível inferir que a lavoura mais baixa 774 metros, situada a leste se agrupa com a lavoura da terceira faixa a 893 metros, situada na face sul, ambas possuem similaridade de agrupamento entre os compostos químicos, seguido dos processamentos.

Os compostos que mais contribuíram para a formação dos modelos foram: ¹⁵C5 - 2-furilmetanol com 14,1%, seguido dos compostos C27 - octadecanal com 8,33% e C11 - 2-acetil-3-metilpirazina com 8,33% , C12 - 2,3-didro-3,5-dihidroxi-6-metil-4H-piran-4-ona e C23 - cafeína, com 7,61% cada.

Analisando os compostos relativos à construção do dendrograma, o 2-furilmetanol é um importante composto associado ao aroma do café e sua presença tem sido relacionada por meio do processo de fermentação a partir das observações de Evangelista et al. (2014b). Sabe-se que a torração médio-clara dos cafés possibilita a elevação da carga de 2-furilmetanol, presente em cafés frescos (AMANPOUR; SELLI, 2015; MOON; SHIBAMOTO, 2009).

O segundo composto que mais colaborou para a formação do dendrograma na Figura 18 pertence à classe dos aldeídos, o octadecanal possui uma cadeia longa de 18 carbonos e é um derivado do ácido esteárico.

¹⁵ Os compostos voláteis estão dispostos da letra C, seguidos do código referente ao tempo de retenção da amostra na análise cromatografia.

Embora não seja comumente citado como um composto volátil presente no café, os ácidos gordurosos são conhecidos como componentes importantes que podem conferir sabor e aroma, porém, poucos estudos descrevem a relação e o efeito de tais compostos sobre a qualidade do café (FLAMENT, 2001; FIGUEIREDO et al., 2015).

A explicação lógica para a formação deste composto pode ser dada pela hidrogenação do ácido linoleico em ácidos graxos, liberando o ácido esteárico (ZOCK; KATAN, 1992), pois o ácido esteárico quando reduzido passa a liberar o octadecanal e, em seguida, a principal via de reação ocorre com a descarbonilação do octadecânico no heptadecano (LI et al., 2017).

Na pesquisa recente de Figueiredo et al. (2015), os autores identificaram uma contribuição positiva do ácido esteárico com o aumento da qualidade do café arábica, sendo que os cafés com maior presença deste ácido possuíam mais corpo e sabor nas notas sensoriais.

Esse fato corrobora com os dados relativos à análise sensorial, pois na análise multivariada, na Figura 14, o atributo corpo foi a segunda variável sensorial mais importante para a formação dos dendrogramas (19,20%). Esse resultado indica uma ligação entre a formação do octadecanal com maior intensidade de corpo ao café.

Joët et al. (2010) concluíram em sua pesquisa que existe uma possível correlação entre a quantidade de ácido esteárico com as condições climáticas onde as lavouras do cafeeiro estão plantadas, discutindo a respeito da ação do clima na formação deste ácido. Para o octadecanal não foram observadas relações funcionais significativas entre a área do sinal referente ao composto e a altitude para todos os métodos.

O terceiro composto relativo à formação do dendrograma está classificado dentro do grupo das pirazinas, o 2-acetil-3-metilpirazina é um composto volátil caracterizado pelo aroma da batata-doce e a forte presença de nozes e cereais. No café torrado, já foram identificadas mais de 80 pirazinas (DE MARIA; MOREIRA; TRUGO, 1999; AMANPOUR; SELLI, 2015). Algumas cetonas podem participar posteriormente de reações que levam à formação de pirazinas ou de aldeídos de Strecker (MOREIRA; TRUGO, 1999). Para 2-acetil-3-metilpirazina não foram observadas relações funcionais significativas entre a área do sinal do composto e a altitude para todos os métodos.

Os processos metabólitos gerados por meio da fermentação podem conferir algumas características diferenciadas ao café, a formação do 2,3-didro-3,5-dihidroxi-6-metil-4H-piran-4-ona pode ser explicada pela ligação direta com processos de fermentação (LEE et al., 2017) e, posteriormente, com a reação de Maillard (JIANG et al., 2013). Esse composto possui caracterização doce, caramelo e nozes. Para Yu et al. (2013), os açúcares castanhos constituem predominantemente aromas de caramelo e, em menor grau, características ácidas, em razão da

presença de componentes como ácido butanoico, bem como o 3-metil-butanoico, juntamente com 2,3-didro-3,5-dihidroxi-6-metil-4H-piran-4-ona, 5-metil-2-pirazinilmetanol e 2,5-dimetil-pirazina (ASIKIN et al., 2016).

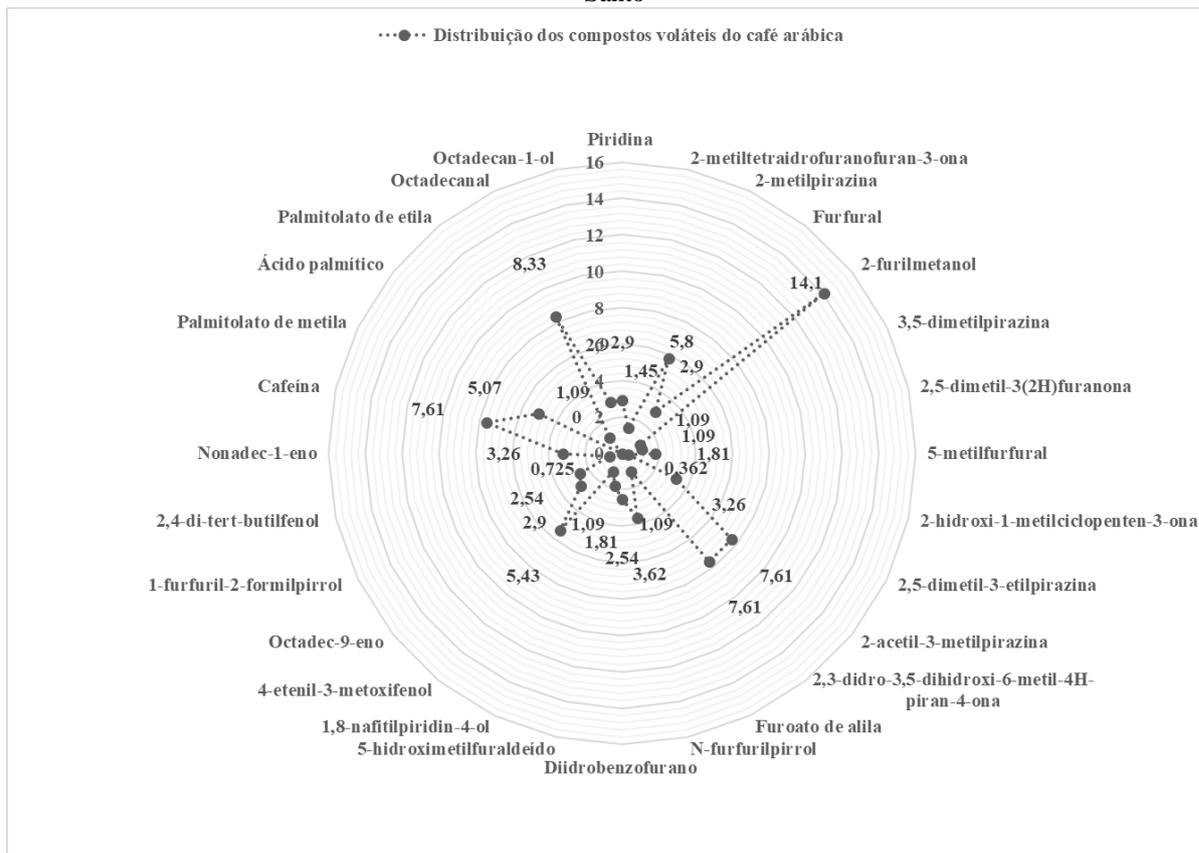
A presença deste composto não tem sido detectada facilmente no café arábica. Para 2,3-didro-3,5-dihidroxi-6-metil-4H-piran-4-ona foram observadas relações funcionais significativas entre a área do composto e a altitude para o método fermentação a seco ou *Fully-washed*, discutido após a apresentação da Figura 21.

Por fim, o último composto volátil a contribuir com peso relativo sobre a construção do dendrograma é a cafeína ou 1,3,7-trimetilxantina. É um alcaloide farmacologicamente ativo, pertencente ao grupo das xantinas e sua principal fonte alimentar é o café.

A cafeína é inodora e possui sabor amargo bastante característico, contribuindo com uma nota de amargor importante para o sabor e aroma da bebida do café (MONTEIRO; TRUGO, 2005). A volatilização da cafeína chega a 3% de seu total. A matéria graxa e os óleos etéreos se decompõem, em grande parte, dentro das paredes das células (MENEZES JÚNIOR; BICUDO, 1960). O processo de separação da cafeína pode ser dividido em duas partes: uma é separada com temperaturas abaixo de 200 °C, e a outra é separada com ácido gordo (por exemplo, ácido palmítico) a 200-250 °C (CHEN et al., 2016). Para a cafeína não foram observadas relações funcionais significativas entre a área do composto e a altitude para todos os métodos.

A Figura 19 apresenta a distribuição radial dos 28 compostos em todas as áreas e em todos os métodos, indicando o peso de cada variável sobre os cafés.

Figura 19 – Média Geral da distribuição dos compostos voláteis do café arábica na região serrana do Espírito Santo

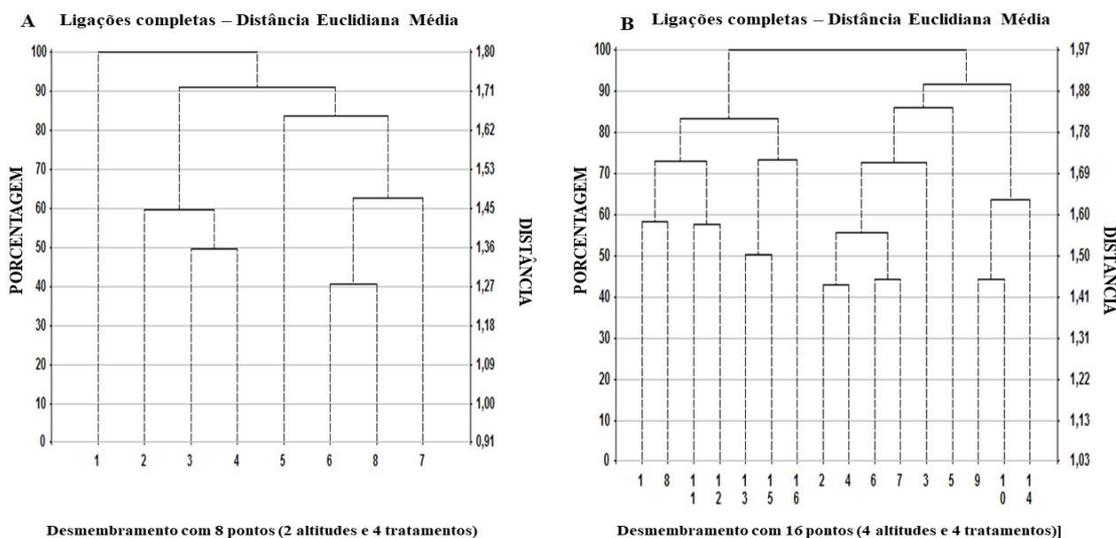


Dos compostos observados na Figura 19, o 2-furilmetanol, o octadecanal, a cafeína, o 2,5-dimetil-3-etilpirazina, o 2-acetil-3-metilpirazina, o 4-etenil-3-metoxifenol e palmitato de metila foram os compostos mais representativos entre todos os cafés. Porém, quando analisada a Figura 18, os resultados carecem de mais explicações em relação aos compostos e seus respectivos impactos na formação dos grupos e de suas similaridades.

Portanto, a partir dos resultados obtidos na Figura 18, geraram-se outras duas análises multivariadas para decompor dos dois grupos majoritários de agrupamentos dos compostos voláteis.

A Figura 20 apresenta as novas distribuições dos agrupamentos dos compostos voláteis em virtude das altitudes e processamentos. Com base na formação dos dois grupos, foram geradas as análises apresentadas no dendrograma a seguir.

Figura 20 – Desdobramento dos grupos formados no primeiro dendrograma dos compostos voláteis do café arábica



Fonte: o autor.

É possível observar na Figura 20, na parte A, que o dendrograma sugere a existência de quatro grupos homogêneos:

O grupo C formado pelo ponto 1, seguido do grupo D, pelos pontos 2, 3 e 4, o grupo E pelo ponto 5 e, finalmente, o grupo F pelos demais pontos.

Com base nesse dendrograma, é possível inferir que o método de fermentação espontânea – *washed*, observado no ponto 1, relativo à altitude 1 e no ponto 5, para a altitude 3, diferem-se dos demais métodos. Isso indica que as fermentações espontâneas com água podem conferir suas características distintas na formação de compostos voláteis sobre os demais processamentos adotados nos experimentos.

Esse resultado reforça a necessidade de entendimento de como os processos via-úmida podem reagir em razão da altitude, da intensidade de radiação solar, da microbiota presente em cada microrregião.

Tal situação indica uma grande lacuna de pesquisa, visando à obtenção da otimização do processamento via-úmida para o café arábica, pois para os métodos de fermentação espontânea com água – *washed*, os resultados sensoriais com esse método em zonas mais baixas apresentaram os piores resultados. A explicação para esse resultado sensorial e químico pode ser dada pela relação com a microbiota, por meio da ação de leveduras e bactérias, que podem ser diferentes em virtude das diferentes áreas de altitude (NIELSEN et al., 2015).

Na parte B apresentam-se os desmembramentos dos cafés agrupados no lado direito do primeiro dendrograma sobre os compostos voláteis; após a análise destes grupos, é possível observar a formação de dois grupos e seis subgrupos.

O primeiro grupo é o G, composto pelos pontos 1 e 8, interligado às altitudes 2 e 4, seguidos do processamento 1 e do processamento 4. Sensorialmente esses dois métodos não apresentaram diferenças estatísticas na faixa 1 e 4 na média da análise conjunta de experimentos. Na sequência tem-se o grupo H, com os pontos 11 e 12, ambos na altitude 5, com processamentos 3 e 4. Nos resultados sensoriais, esses dois métodos apresentaram os piores resultados para essa faixa de altitude, no dendograma da Figura 20, ambos métodos se agrupam nessa mesma faixa. A formação do grupo I agrupa os pontos 13, 15 e 16, todos na altitude 6, com a ligação dos métodos 1, 3 e 4, seguidos do grupo J: com os pontos 2, 4, 6 e 7, com as altitudes 2, 4 e métodos 2, 4, 2 e 3. No mesmo grupo J, tem-se um subgrupo, formado pelo ponto 3, com o método 3. O grupo L: com o ponto 5, altitude 4, método 1, distingue-se dos demais grupos. O melhor resultado sensorial também foi observado no método 1 para essa faixa. Finalizando com o grupo H: tem-se os pontos 9, 10, com o agrupamento na faixa de altitude 5 para os métodos 1 e 2 e o subgrupo com o ponto 14, na altitude 6, seguido do método 2.

Os efeitos sensoriais do uso de levedura *Saccharomyces cerevisiae* sp. na altitude apresentaram redução na qualidade sensorial percebida pelos Q-graders, porém, observam-se os agrupamentos dos processamentos que utilizaram água entre os compostos voláteis.

A partir destes resultados é necessário discutir as diferenças entre estes compostos, em virtude das altitudes e dos processamentos, para que se possa inferir ou não como cada tipo de processamento modificou o perfil sensorial, por intermédio das rotas metabólicas que podem ter conferido diferentes atributos, que, conseqüentemente, impactaram nas notas finais do café. A condição de atuação dos microrganismos nas modificações de rotas metabólicas pode ocasionar em modificações na estrutura dos processos de fermentação (PEREIRA et al., 2015).

A Tabela 19 apresenta a distribuição das ligações e dos pontos dos dendrogramas apresentados na Figura 20, de forma a elucidar sobre como cada agrupamento ocorreu em razão da altitude e processos.

Tabela 19 – Pontos e altitudes relativos às ligações nos dendrogramas da Figura 20 (continua)

Distribuição das ligações nos dendrogramas em relação a altitude e métodos

Pontos	Altitude	Métodos	Pontos	Altitude	Métodos
1	1	1	1	2	1
2	1	2	2	2	2
3	1	3	3	2	3
4	1	4	4	2	4
5	3	1	5	4	1
6	3	2	6	4	2
7	3	3	7	4	3
8	3	4	8	4	4
			9	5	1

Tabela 19 – Pontos e altitudes relativos às ligações nos dendrogramas da Figura 20 (conclusão)

10	5	2
11	5	3
12	5	4
13	6	1
14	6	2
15	6	3
16	6	4

Fonte: o autor.

A discussão a respeito das rotas sensoriais por meio da fermentação tem sido idealizada por Velmourougane et al. (2011); Ribeiro et al. (2014) e Lee et al. (2015, 2017), sendo que Evangelista et al. (2014a) enfatizaram que comparando o café lavado e não lavado, observaram que o perfil volátil se distinguiu; mostrando que lavar o café alterou as características finais do produto, o que indica e reforça a necessidade de revisão destas formas de processamento para a melhoria da qualidade ou criação de novas rotas sensoriais.

A relação sobre qual tipo ou forma de processamento via-úmida tem sido pouco abordada na literatura, discute-se apenas sobre as alterações físico-químicas (SIQUEIRA et al., 2006). Em virtude dos genótipos, armazenagem e secagem, é necessário conhecer melhor os efeitos específicos de cada forma de processamento, para conferir melhores notas de sabor, textura, corpo e acidez aos cafés produzidos em regiões montanhosas.

As variações nos impactos das fermentações com aplicações de leveduras nos grãos de café, podem favorecer mudanças nos voláteis a partir de diferentes vias fermentativas exibidas pela ação dos microrganismos que modificaram os precursores de aromas e perfis dos voláteis de cafés durante a fermentação (LEE et al., 2017).

5.4.5 Modelos de regressão dos compostos voláteis do café arábica

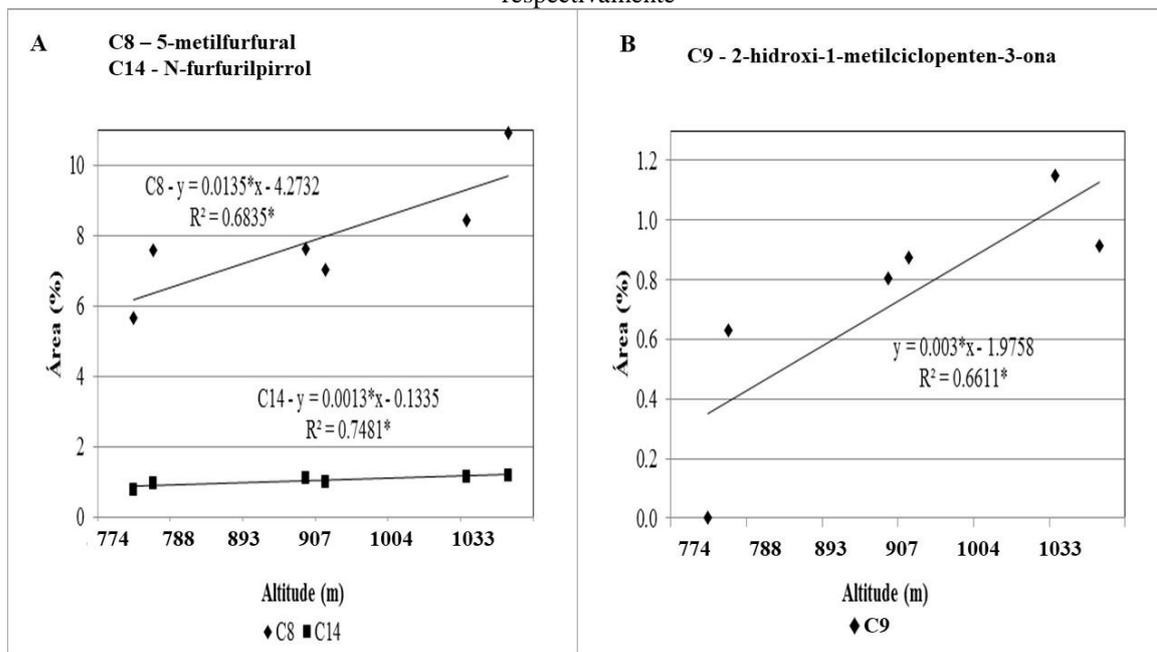
Os últimos resultados apresentam os modelos de regressão que foram observados sobre os compostos voláteis do café. Portanto, a partir da perspectiva dos processamentos e devido à altitude, constrói-se a discussão final dos dados.

São apresentados, portanto, os modelos de regressão para os métodos *Washed* (fermentação espontânea com água) na Figura 21; *Fully-Washed* (fermentação a seco) na Figura 22; e *Semi-dry* na Figura 23.

- Compostos voláteis observados no processamento via-úmida pelo método *washed* (fermentação com água):

Na Figura 21, é possível observar que o composto volátil C8 5-metilfurfural, C14 N-furfurilpirrol e C9 2-hidroxi-1-metilciclopenten-3-ona aumentam linearmente com a altitude, para o método *washed* (fermentação espontânea com água). Não foram verificadas relações funcionais significativas entre os compostos supracitados para os demais métodos e altitude.

Figura 21 – Equações de regressão dos compostos voláteis (5-metilfurfural), (N-furfurilpirrol), (2-hidroxi-1-metilciclopenten-3-ona) em razão de seis altitudes e respectivos coeficientes de determinação R², para o método *washed* (fermentação com água). Significativos aos níveis de 5% e 1% de probabilidade pelos testes t e F, respectivamente



Fonte: o autor.

Os aldeídos são encontrados em grande quantidade no café torrado fresco, sendo perdidos em quantidades elevadas durante a fase de armazenamento. São oriundos da oxidação de lipídios, degradação de Strecker e da reação de Maillard. Possuem características sensoriais bem diversificadas; por exemplo, o metanal, o etanal e o piruváldido apresentam aromas acres e pungentes, sendo indesejáveis em altas concentrações. Por outro lado, os aldeídos de cadeia longa normalmente apresentam um aroma agradável e suave de frutas e flores (DE MARIA; MOREIRA; TRUGO, 1999).

O 5-metilfurfural foi relatado como um importante composto volátil do café arábica, com característica de caramelo, doce e picante, nos trabalhos de Vázquez-Araújo et al. (2009) e Zheng et al. (2016).

Os aldeídos furânicos furfural, 5-metilfurfural e 5-hidroximetil-furfural, provenientes da caramelização, podem conferir sabores e aromas agradáveis quando presentes em baixas concentrações (AZEVEDO et al., 2007). Para Petisca et al. (2013), a velocidade da torrefação

aumenta a formação de 2-furfural e 5-metil-furfural, indicando assim melhor controle dos processos de torrefação, que ainda são desenvolvidos por controle manual. Na Figura 20, tem-se a relação de aumento da concentração de 5-metil-furfural em razão da altitude, para o processamento *washed* (fermentação com água), o que indica uma possível ação climática ou da microbiota na formação destes compostos.

O composto *N*-furfurilpirano, pertencente à classe dos piranos, tem sido relatado e muito descrito na literatura como um composto volátil presente no café arábica. No caso dos voláteis, como furanos, pirroles e tiazóis, sabe-se que estes possuem forte atividade antioxidante (LIU et al., 2012), e característica de sabor cereal (ASIKIN et al., 2016). Tressl et al. (1986) sugeriram um caminho para a produção de *N*-furfurilpirrol em alimentos com base em reações de seu modelo de observação. Para os autores, seu caminho mostra a hidroxiprolina reagindo com uma dicetona de cinco carbonos, que foi descrita pelas reações de pentoses com aminoácidos durante o aquecimento no processo de torra.

Na pesquisa de Santos (2013) o *N*-furfurilpirano foi encontrado em grande concentração tanto em torras escuras, médias e claras. Para Lee et al. (2016), a formação do *N*-furfurilpirano foi atribuída aos cafés que sofreram fermentação induzida com microrganismos (leveduras e bactérias). Isso sugere certa inconsistência sobre as rotas metabólicas que podem ser ou não criadas a partir de uma ou mais fermentações. A partir dos resultados observados, pode-se enfatizar que os microrganismos presentes no café podem ser responsáveis pela formação de importantes compostos aromáticos do café.

A formação cicloteno ou 2-hidroxi-1-metilciclopenten-3-ona, pertencente ao grupo dos álcoois é formado pela reação de Maillard, podendo ser derivado do aldeído láctico, neste caso, o cicloteno pode ter sido formado principalmente a partir de aldeído láctico, resultante da oxidação e/ou da degradação da frutose (CUTZACH et al., 1999). Lee et al. (2016b) identificaram em cafés fermentados com leveduras a presença deste composto, indicando uma relação entre a fermentação e formação do 2-hidroxi-1-metilciclopenten-3-ona. Mais uma vez, os relatos de Lee et al. (2016) reforçam a temática a respeito do conhecimento dos microrganismos endofíticos, considerando a necessidade de estudo detalhado das leveduras presentes no cafeeiro antes do início da fermentação.

Harada et al. (2017) reforçaram, sugerindo que as bactérias formadoras do ácido láctico podem influenciar na produção desses constituintes, além da reação de Maillard. Além disso, o 2-hidroxi-1-metil-2-ciclopenten-3-ona (cicloteno), também aumentou na presença de bactéria lácticas nas fermentações empregadas pelos autores. Este composto possui característica de aroma semelhante ao do caramelo, muito adocicado.

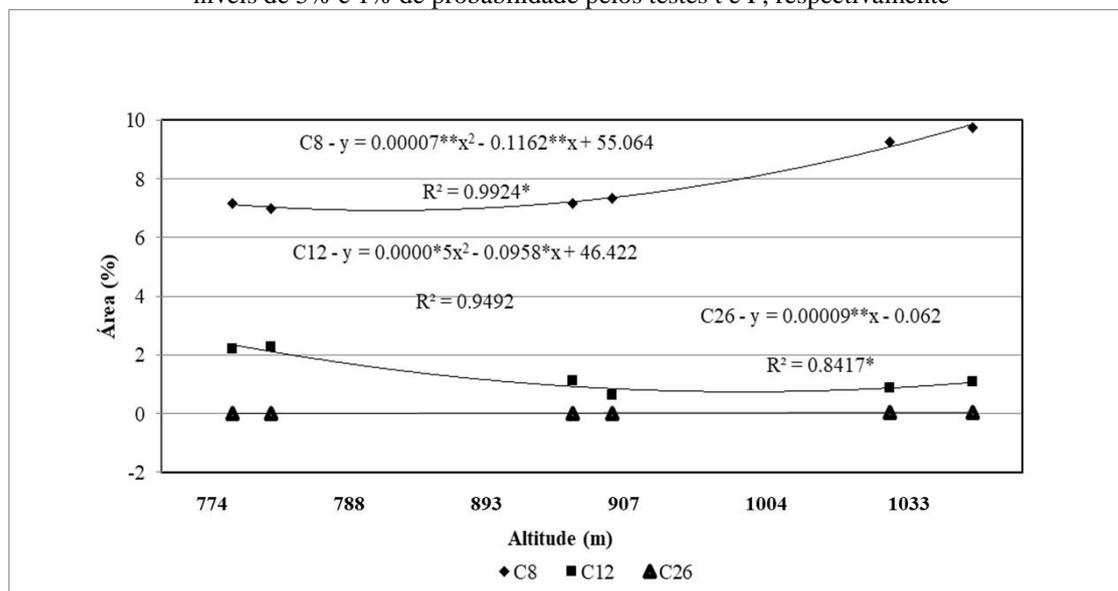
Ou seja, não são apenas as leveduras responsáveis pela formação dos compostos, mas uma gama de bactérias que criam variáveis que afetam as rotas metabólicas que se juntam aos processos químicos e bioquímicos.

A partir do conhecimento a respeito do impacto que a fermentação pode gerar sobre a formação dos aromas e sabores do café, enfatiza-se a necessidade de desdobramento mais detalhado sobre quais produtos e subprodutos podem ser potencializados por meio da fermentação, com ou sem microrganismos *starts*.

- Compostos voláteis observados no processamento via-úmida pelo método *fully washed* (fermentação a seco):

Na Figura 22 são apresentados os modelos de regressão que foram observados em virtude do método *fully-washed* (fermentação a seco) em razão das altitudes.

Figura 22 – Equações de regressão dos compostos voláteis C8, C12 e C26 em razão das seis altitudes e respectivo coeficiente de determinação R², para o método *fully-washed* (fermentação a seco). Significativos aos níveis de 5% e 1% de probabilidade pelos testes t e F, respectivamente



Fonte: o autor.

Verificam-se as relações funcionais quadráticas significativas entre os compostos voláteis C8 - 5-metilfurfural C12 - 2,3-didro-3,5-dihidroxi-6-metil-4H-piran-4-ona, entretando, o C8 aumenta com a altitude e o C12 diminui.

Os compostos 5-metilfurfural já foram descritos por lembrar o odor de caramelo, indicando que tanto para a fermentação induzida com leveduras quanto para a fermentação a seco, o composto aumenta em virtude da altitude, o que reforça a discussão sobre o clima, sobre

o impacto das zonas mais temperadas ou as características do *terroir* que possa existir onde o café está inserido, dada a característica natural de cada microbiota local.

Contudo, os resultados para a fermentação a seco ou *Fully-washed* indicam os problemas relativos ao não controle da fermentação, como relatado por Lee et al. (2017), colocando que a formação do 2,3-didro-3,5-dihidroxi-6-metil-4H-piran-4-ona pode ser explicada pela ligação direta com processos de fermentação induzida. Nesse caso, fermentar o café sem qualquer controle pode gerar modificações indesejáveis para a formação dos compostos voláteis, uma vez que este volátil é um poderoso antioxidante (YU et al., 2013).

No caso da fermentação pelo método *Fully-washed*, os microrganismos naturais do café são encarregados por todo o trabalho de degradação da mucilagem e da ação dos processos metabólitos, isso se reflete nos resultados sensoriais desta tese, na medida em que variaram drasticamente os resultados sensoriais em todas as altitudes onde foram realizados os experimentos com este método.

Por fim, verificou-se também que o composto fenólico C26 - Palmitato de etila aumenta linearmente com a altitude, para o método *Fully-washed* (fermentação a seco). O ácido palmítico ou palmitato de etila é relatado na literatura por dar origem a atributos frutados ao café. Lee et al. (2016) só identificaram o palmitato de etila em cafés torrados que sofreram fermentações. Para os autores, a aplicação de *Rhizopus oligosporus* à fermentação possibilitou a formação deste composto. Os autores concluíram que o palmitato de etila foi detectado exclusivamente em cafés fermentados com terra mediana.

Portanto, a detecção de palmitato de etila em cafés verdes fermentados pode ser atribuída à transesterificação de triglicerídeos contendo ácido palmítico com etanol ou esterificação direta de ácido palmítico livre com etanol, uma vez que o ácido palmítico é um dos ácidos graxo predominantes em grãos de café verde (LEE et al., 2016).

Figueiredo et al. (2015) encontraram uma correlação entre cafés especiais e teores de ácido palmítico, relacionando este composto à densidade do café, quanto à análise sensorial. Para os tratamentos desta tese, não foram observadas relações funcionais significativas entre a área do composto e a altitude para todos os métodos em relação ao ácido palmítico.

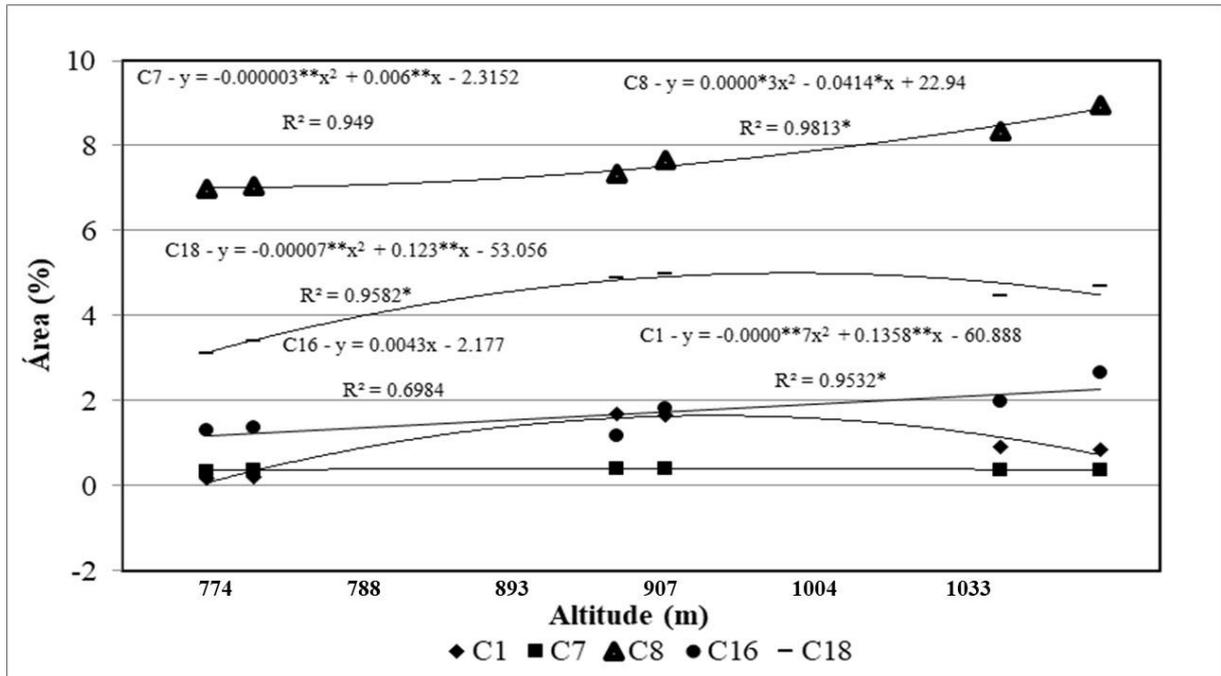
Para os demais métodos, não foram verificadas relações funcionais significativas entre os compostos voláteis e a altitude.

- Compostos voláteis observados no processamento via-úmida pelo método *Semi-dry* (sem fermentação – desmucilado):

O último conjunto de regressões relativas aos compostos voláteis é apresentado na Figura 23, com os compostos piridina, 3-2H-furanone, 2,5-dimetil-3-etilpirazina, 5-metilfurfural, 4-etenil-3-metoxifenol e 5-hidroximetilfuraldeído.

Não foram verificadas relações funcionais significativas entre os demais métodos (1, 2 e 3) para estes compostos em razão da altitude.

Figura 23 – Equações de regressão dos compostos voláteis C1, C7, C8, C16 e C18 em razão de seis altitudes e respectivo coeficiente de determinação R2, para o método *semi-dry* – desmucilado. Significativos aos níveis de 5% e 1% de probabilidade pelos testes t e F, respectivamente



Com base na Figura 23, existem relações funcionais quadráticas significativas entre os compostos fenólicos C1- piridina, C7 - 3(2H)-furanone, 2,5-dimetil-3-etilpirazina, C8 - 5-metilfurfural, C16 – 5-hidroximetilfuraldeído e o C18 – 4-etenil-3-metoxifenol.

Para os compostos C18 e o C1, o modelo de regressão sugerem que ambos compostos aumentam com a altitude até aproximadamente 920 m de altitude e depois decrescem.

O composto C7 diminui em virtude da altitude, seguindo a mesma tendência para o composto C18 - 4-etenil-3-metoxifenol aumenta até aproximadamente 950 m e depois diminui. O C8 - 5-metilfurfural aumenta com a altitude, confirmando sua condição de formação em função do clima e do tipo de processamento que é empregado ao café.

Por fim, verificou-se também que o composto fenólico C16 - 5-hidroximetilfuraldeído aumenta linearmente com a altitude, para o método *Semi-dry*.

Sabe-se que a formação das piridinas ocorre por degradação térmica da trigonelina, por pirólise de aminoácidos, por degradação de Strecker ou, ainda, via reação de Maillard. Para Amanpour e Selli (2015), as piridinas podem sofrer alterações em virtude das condições de tempo e temperatura na formação de aroma durante a torrefação de café. Para os autores, foi necessário o emprego da alta temperatura para iniciar reações que levaram a piridina à alta concentração, sendo que o composto continuou aumentando durante a torrefação.

No estudo de Petisca et al. (2013), os autores observaram que a porcentagem de piridina diminuiu com a velocidade de torrefação, o que sugere a importância dos parâmetros de torra para a manipulação da composição dos compostos voláteis do café. Para Toci e Farah (2008), a composição química do café é complexa. Segundo os autores, a formação de piridina tem uma característica picante, lembrando odor ligeiramente amoniacal, para os degustadores.

Os resultados apresentados na Figura 21 confirmam essa necessidade de maior controle de processo na torra, que ainda é realizado de forma manual, com base na percepção humana sobre a cor e desenvolvimento dos grãos de café durante a torração.

O composto volátil 3(2H)-furanona, 2,5-dimetil-3-etilpirazina ou 2,5-dimetil-3(2H)furanona, pertencente à classe das furanonas, tem sido observado com um composto responsável pela formação de um aroma de caramelo e açúcar queimado (DE MARIA; MOREIRA; TRUGO, 1999), sendo que Pickenhagen et al. (1981) reforçam que esse composto transmite notas de açúcar queimado, porém, quando encontrado em concentrações mais elevadas, torna-se frutado, semelhante ao aroma das framboesas. Esse composto somente foi identificado no processamento *Semi-dry*, que ocasionalmente possui um processo de secagem onde a mucilagem fica completamente aderida ao pergaminho, gerando um café com excesso de açúcares ao pergaminho, com base nas observações experimentais na fase de secagem dos cafés. Porém, essa observação carece de maiores entendimentos científicos.

Os compostos C8 5-metilfurfural e 5-hidroximetilfurfural, provenientes da caramelização, podem conferir sabores e aromas agradáveis quando presentes em baixas concentrações (AZEVEDO et al., 2007). Para Petisca et al. (2013), a velocidade da torrefação aumenta a formação de 2-furfural e 5-metilfurfural, requerendo assim melhor controle dos processos de torrefação. O composto segue a mesma tendência do método de fermentação com levedura em água, conforme Figura 20.

O penúltimo composto apresentado nos modelos de regressões da Figura 23 foi o C18 - 4-etenil-3-metoxifenol ou 4-vinilguaiacol. Este composto tem sido descrito pela degradação do ácido clorogênico, sendo que, particularmente, o 4-etilguaiacol possui um aroma fenólico picante (SUNARHARUM; WILLIANS; SMYTH, 2014).

Para Dorfner et al. (2003), a formação de 4-vinilguaiacol ocorre rapidamente já nos estágios iniciais da torração do café, onde a temperatura dos grãos é acelerada para aumentar de forma constante até cerca de 100 °C. Os autores relataram em suas observações que os grãos atingem 100 °C, e a maior parte da energia térmica foi absorvida pela água nos grãos, transferindo o calor para a evaporação da água. Isso continuou por cerca de 100s, impedindo, momentaneamente, um aumento adicional da temperatura do café. Durante esta fase de torra, a taxa de formação de 4-vinilguaiacol aumentou um pouco e uma vez que os grãos perderam a maior parte da sua água livre (300s), a temperatura do café aumentou de novo, elevando a taxa de formação de 4-vinilgua-iacol para valores ainda maiores.

Lee et al. (2017) ampliaram a discussão sobre a formação do 4-vinilguaicol, indicando que a presença de *Y. lipolytica* nos grãos de café verde proporcionaram a formação deste composto e que um dos efeitos da fermentação, como a geração de fenóis voláteis (4-vinilguaiacol e 4-vinilfenol), foi ocasionado pela rota fermentativa com a aplicação da *Y. lipolytica*.

No caso do processamento *Semi-dry*, o método não emprega a adição de qualquer microrganismo que não sejam os já presentes no fruto do cafeeiro. Como não foram quantificados os microrganismos endofíticos e periféricos dos frutos processados e a ocorrência desse volátil se faz presente apenas nesse método, isso indica, portanto, que esse composto pode estar presente também em cafés que não sofreram alterações por processos fermentativos.

O último composto volátil presente na Figura 23 foi o C16 5-hidroxiacetilfuraldeído ou 5-hydroxymethylfurfural. Esse composto é formado durante o processamento térmico de alimentos por desidratação catalisada por ácido de açúcares redutores e reação de Maillard (QUARTA; ANESE, 2012). Pode iniciar o desenvolvimento de compostos de polifenóis relacionados com antioxidantes, bem como derivados de reação de Maillard, como furosina e hidroxiacetilfurfural, que são preferencialmente formados pelo aumento da temperatura do processo até certos níveis (ASIKIN et al., 2015).

Para Moon e Shibamoto (2009), a concentração de 5-hidroxiacetilfurfural (5-HMF) diminui significativamente com o aumento da intensidade da condição de torrefação de 26,8% (torra clara) e cai para 0% (torrefação escura do tipo francesa), também confirmado por Gloess et al. (2014). Isso sugere que esse composto é muito sensível a torras excessivas. Para o 5-HMF não foram observadas relações funcionais significativas entre a área do composto e a altitude para os métodos 1, 2 e 3, porém para o método 4 foi observada relação funcional linear significativa entre as variáveis área do composto e altitude.

A observação a respeito do aumento do nível de 5-HMF em relação à altitude para o processamento 4 reforça o indício que os açúcares residuais do pergaminho podem ser incorporados ao café, em razão das observações sensoriais dos Q-Graders, sendo que o método *Semi-dry* proporciona cafés mais suaves e doces. Esses resultados abrem uma nova lacuna de estudo, se ocorre ou não a translocação dos açúcares presentes na polpa para os frutos.

Mais recentemente surgiu a discussão referente à formação de acrilamida através da via HMF, de forma mais eficiente do que a glicose na reação de Maillard Gökmen et al. (2012). Isso indica que a contribuição do HMF e outros carbonilos na desidratação do açúcar deve ser considerada como um contribuidor potencial para a formação de acrilamida e que este composto é um provável carcinógeno. Tal fato gera preocupação do ponto de vista de segurança alimentar, uma vez que o café é um alimento e devem-se priorizar processos que evitem riscos à saúde humana. Akillioglu et al. (2013) realizaram ensaios para avaliar os níveis de redução do HMF no café torrado com uso de leveduras em diferentes formas de processamento via-úmida e conseguiram verificar a eficácia de *Saccharomyces cerevisiae sp*, fato que foi observado nos resultados desta tese, tendo em vista que para este composto não foram verificadas relações funcionais significativas entre o método *Yeast fermentation* para este composto em razão da altitude.

No entanto, para o método *Semi-dry* observou-se uma relação funcional linear entre composto e altitude. Os resultados indicam que o tipo de processamento aplicado ao café pode ser determinante para a formação de alguns compostos químicos. É necessário explorar os níveis de HMF e seus derivados em virtude do processamento via-úmida, visando ao equilíbrio entre segurança alimentar e qualidade sensorial.

6 SUMÁRIO DOS RESULTADOS

6.1 SUMÁRIO DOS RESULTADOS ORIUNDOS DAS ANÁLISES SENSORIAIS E SEUS IMPACTOS SOBRE OS PROCESSAMENTOS

As considerações finais desta tese estão divididas entre partes antes da conclusão final e proposições para trabalhos futuros. Foi adotado o mesmo esquema apresentado para a discussão dos resultados.

A qualidade final do café depende do método, porém as alterações de processamento podem levar a rotas sensoriais distintas, fazendo com que os Q-Graders possuam suas considerações pessoais e prioridades quanto ao conjunto de atributos que formam a qualidade do café.

É possível observar e entender que os cafés processados por via-úmida demonstram potencial de qualidade em todas as faixas estudadas, situando-se dentro da classificação de cafés especiais pela metodologia da SCAA.

Os métodos mais promissores em valores absolutos para as três faixas: baixa, média e alta são:

- Fermentação com leveduras (*Yeast Fermentation*) para as faixas de 774 e 788.
- Fermentação espontânea com água: *Washed/Semi-dry*, na faixa intermediária de 893 a 907.
- Fermentação espontânea com água: *Washed/Semi-dry*, nas duas faixas de 1004 e 1033.

Para regiões de altitudes mais baixas, onde naturalmente a qualidade tende a ser desfavorecida, a tecnologia de fermentação com cultura de levedura *Saccharomyces cerevisiae* sp. mostrou-se promissora, com potencial de melhoria de qualidade dos cafés.

Esses resultados reforçam as discussões a respeito dos estudos mais aprofundados sobre a ação dos microrganismos presentes nos frutos do café e como estes agentes podem modificar as rotas metabólicas, conseqüentemente, a composição sensorial, química e bioquímica.

Nas regiões mais baixas, as fermentações espontâneas, com água, apresentaram os piores resultados para a qualidade global do café, ou seja, a nota final.

Parte destes resultados pode ser atribuída à própria composição da microbiota dos cafés, oriundos das áreas experimentais. Apesar de não ter sido quantificada a população de microrganismos periféricos e endofíticos nos materiais de experimento a observação empírica por meio da realização dos experimentos indica que a elevada carga adicionada de levedura nas áreas mais quentes, onde naturalmente a população de microrganismos é mais intensa, pode ter

favorecido o meio para a ação da *Saccharomyces cerevisiae sp.* do que nas zonas de altitude, onde os resultados com levedura derrubaram as notas dos cafés. Estudos preliminares indicam que a população de microrganismos é distinta, ou seja, fazendo com que a ação desta levedura fosse tão efetiva quanto nas zonas mais quentes.

Essa observação abre uma nova perspectiva de estudo, estabelecendo novos critérios para uso e seleção de culturas na fase de fermentação do café. Defende-se uma zona de corte (até 850 metros) para uso da levedura (*Saccharomyces cerevisiae sp.*) na fase de fermentação com intervalo de 36 horas, mantendo-se intacta a ação dos microrganismos em zonas mais elevadas, favorecendo, assim, a ação da microbiota local durante a fase de fermentação dos cafés.

Em relação ao método de fermentação espontânea com água – *Washed*, sabe-se que essa metodologia é comumente adotada por diversos produtores que estão situados em zonas de altitude, bem como em países, como Colômbia, Guatemala, Costa Rica, Quênia e Honduras. No caso da região Serrana do ES, os produtores normalmente deixam os cafés imersos em água em períodos de 12 a 48 horas. A adoção do tempo de 36 horas ocorreu em virtude de experimentos e resultados preliminares, realizados em formas de pré-teste, onde foi observada que toda mucilagem foi solubilizada e degradada em água após as 36 horas e que acima deste tempo, os cafés perdiam rendimento de peso.

Outra observação sobre o método de fermentação espontânea é que os cafés que são colhidos no início da safra em regiões mais baixas apresentam notas sensoriais mais fracas. Essa observação muito descrita pelos Q-Graders ocorre em razão da ação edafoclimática e pela não translocação ou formação de açúcares na polpa do fruto. Já nas regiões onde os cafés sofrem uma maturação mais lenta, a carga de mucilagem tende a ser mais elevada, potencializando o processo de fermentação com água, gerando cafés com notas sensoriais mais distintas, com uma acidez mais elevada, marcante, semelhante às notas cítricas de um limão, maçã. Esse fator pode ser determinante para o sucesso de fermentações espontâneas em áreas mais sombreadas ou com maturações mais lentas de frutos.

Portanto, com base nos resultados sensoriais, em zonas de maturação mais tardia ou de altitude mais elevada, o método *Washed*, de fermentação espontânea, mostrou-se mais promissor para elevação de notas sensoriais. Tal resultado foi confirmado pelos modelos de regressão para todos os atributos sensoriais apresentados nos resultados (Capítulo 5).

Sobre o método *Semi-dry*, as considerações mais relevantes indicam que este método possui potencial de qualidade tanto quanto os demais. Nas faixas de altitude de 774, 893, 907 e 1004, os resultados obtidos com o *semi-dry* não se distinguem estatisticamente dos demais

resultados. As observações mais secundárias sobre este método indicam que a mucilagem aderente ao pergaminho pode agir na formação de um café mais doce, leve e equilibrado.

As observações empíricas durante a fase de preparo das amostras para a torra indicam que após o processo de limpeza ou pilagem do café, os frutos possuem maior intensidade de película prateada ou (perisperma). Essa película quando atinge colorações caramelo ou marrom, o café passa a ser conhecido como *Foxy beans*, neste caso, atribui-se a fermentações indesejáveis ou a problemas de secagem.

Isso sugere uma atribuição equivocada, tendo em vista que sua função (formação do perisperma) no fruto do cafeeiro não foi descrita pela ciência, observou-se também, que esta película foi facilmente removida durante a torração dos frutos e em nada impediu o processo de torração das amostras.

Durante todo o período de processamento e preparo das amostras, na fase de classificação e torra, foi possível observar que a película aderente ao café processado por *Semi-dry* é apenas mais escura do que a película observada nos cafés lavados que são fermentados com água ou microrganismos. A coloração da película pode ser resultante da mesma ação de polifenoloxidase que ocorre na parte externa do pergaminho. Porém, para afirmar é necessário explorar com maior precisão as mudanças que ocorrem no decurso da secagem nos frutos processados por este método.

Foi possível observar que o processo de torração dos cafés oriundos do processamento *Semi-dry* notadamente leve a não abertura da película prateada, abrindo assim duas observações relevantes. Primeira, que os açúcares presentes na polpa possam translocar para o fruto, seja no tecido conhecido como película prateada (perisperma); segunda, que os cafés processados por este método apresentem maior densidade celular ao fruto, em virtude de não sofrerem ação de solubilização dos açúcares em água, exigindo mais atenção no ato da torração.

A última observação sobre os cafés processados pelo método *Semi-dry* indica que as colorações da mucilagem que seca junto ao pergaminho podem sofrer alterações, formando cafés distintos que são procurados por mercados especiais, como cafeterias ou *coffee hunters*.

As observações durante os dois anos de experimentos indicaram que as colorações dos frutos podem variar entre vermelho, preto ou amarelo, sendo mais comumente o amarelo. Para estes cafés, o mercado tem os denominados de *Red-Honey*, *Black Honey* e *Yellow Honey*. Até onde se sabe e se defende, estes frutos mudam de coloração em virtude do processo de secagem que é afetado pela ação da polifenoloxidase ou escurecimento enzimático. Tais observações podem ser vistas na Figura 24.

Figura 24 – Diferentes colorações do método Semi-dry, Red Honey (esquerda), Black Honey (meio) e Yellow Honey (direita)



Fonte: o autor.

O último método de processamento via-úmida aplicado nesta tese, de fermentação a seco ou *Fully-washed* apresentou os resultados menos promissores em 4 das 6 faixas estudadas. O método de fermentação a seco tem sido aplicado em larga escala nos últimos anos em regiões montanhosas, sem qualquer estudo sobre seu impacto a respeito da qualidade final do café.

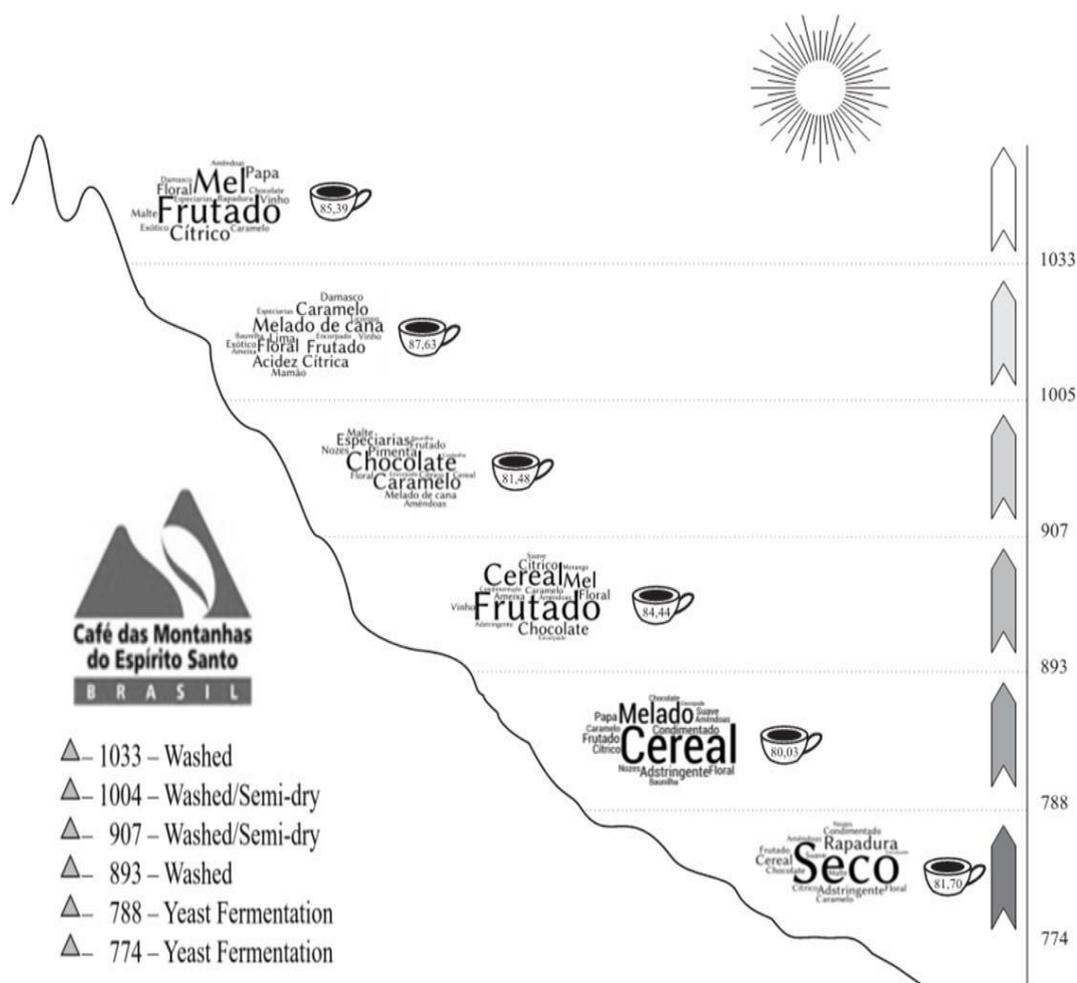
As observações científicas indicaram que neste método as notas sensoriais das repetições oscilavam mais que nos demais métodos. Tais oscilações são explicadas e entendidas em razão do não controle do meio ou pela falta de água para que ocorra a solubilização da mucilagem, composto fundamental para o início da fase de fermentação dos cafés, bem como pela intensa competição dos microrganismos no meio de fermentação na fase de estado sólido. Isso não quer dizer que o método deva ser descartado, porém, para a adoção de 36 horas de fermentação, na região Serrana do ES, este método é menos recomendado.

Através da água, esses processos catabólicos de oxidação de substâncias orgânicas, principalmente os açúcares, são transformados em energia e em compostos mais simples, como ácido lático e ácido cítrico, por meio da atuação das bactérias e leveduras, sendo o resultado final da fermentação dependente do conjunto de bactérias e leveduras presentes durante estas fases de processamento. A falta de água no meio do mosto pode dificultar a metabolização de tais compostos, ou até mesmo inibir a ação de alguns microrganismos, porém tais observações necessitam de estudos mais aprofundados.

Para exemplificar e demonstrar os melhores resultados obtidos com os processamentos por intermédio das análises sensoriais, a Figura 25 apresenta e indica a descrição dos atributos sensoriais e os melhores resultados em virtude do método que foi aplicado para cada faixa do estudo.

Na Figura 25 tem-se a formação de uma nuvem de palavras com as principais características sensoriais descritas pelos Q-graders. Para a construção das nuvens, utilizou-se a frequência que cada atributo foi citado no campo de observações do protocolo. Cada Q-Grader poderia descrever 5 a 10 atributos para cada café que foi degustado.

Figura 25 – Métodos mais promissores e principais resultados por altitude, sob a perspectiva da análise sensorial



Fonte: o autor.

A análise sensorial, técnica conhecida como subjetiva, mostrou-se fundamental na condução do estudo. As observações pontuais dos especialistas sobre cada tipo de processo e como a qualidade poderia ser modificada, indicaram novas perspectivas e estudos.

Para verificar a calibração de cada Q-Grader, foi adotada de forma inédita uma simulação com o método Bootstrap, para se validar e determinar um número mínimo de Q-Graders que seriam utilizados ao longo dos experimentos.

Outro fator relevante sobre a técnica de análise sensorial indicou que a fadiga ou o turno em que esta análise foi realizada não prejudicou a qualidade dos resultados. Porém, um ambiente com ruído é altamente prejudicial para a realização e emprego desta técnica. Dessa forma, os estudos sensoriais foram conduzidos em ambientes controlados, livres de tais interações para proporcionar as melhores condições de estudo.

A definição e separação das amostras de forma aleatória também foi fundamental para que fosse possível evitar um tendenciamento das avaliações sensoriais, assim, foram preparadas duas equipes para este estudo, uma de suporte com 4 membros e outra de 6 Q-Graders que estiveram presentes em todos os estudos. Nenhum dos Q-Graders teve acesso aos tipos de processamento empregado nos materiais oriundos dos experimentos.

Como observações finais, os resultados sensoriais indicaram preferência para os cafés processados pelo método *Washed* e *Semi-dry* para zonas intermediárias e mais elevadas para as zonas mais baixas. Os cafés processados com cultura de arranque, com levedura, apresentaram os melhores resultados, indicando uma nova perspectiva tecnológica para produtores que são desfavorecidos pelas condições de clima e relevo. Os próximos passos empreendidos tendem à transferência de microrganismos isolados nas áreas mais promissoras (com melhor resultado sensorial), para aplicação nestas áreas, a fim de potencializar a qualidade final dos cafés.

As condições de higiene são fundamentais para os bons resultados, a começar pela limpeza diária do equipamento de descascamento, higienização dos terreiros suspensos a cada rodada de secagem, seguida do armazenamento adequado das amostras, evitando a atividade de água ou contaminação dos frutos após este processo.

6.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE OS RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS

A relação entre as análises físico-químicas e a qualidade do café indicaram certos apontamentos, mostrando que os metabólitos secundários podem alterar a composição química dos frutos, indicando a dificuldade de se exercer controle sobre o processo do café arábica.

Os compostos fenólicos estão relacionados a um grupo de hidrocarboneto aromático. Alguns estudos tentam correlacionar os índices de compostos fenólicos totais à qualidade final do café. No caso desta tese, não se observaram correlações sob tais condições; apenas que para um processamento os compostos fenólicos foram modificados em virtude de um método. A

questão mais relevante sobre a composição de compostos fenólicos totais diz respeito a suas derivações, que são complexas de serem descritas. Os compostos fenólicos do café são conhecidos pelo ácido clorogênico. Dessa forma, não se pode concluir que a qualidade do café diminui ou aumenta simplesmente pelo nível de compostos fenólicos.

Indicadores sobre os níveis de compostos fenólicos totais vêm sendo utilizados como modo de predição ou correlação com a qualidade final do café. Porém, fatores, como intensidade da torra, tipo de processamento, condições de secagem e tempo de armazenamento podem ser fatores cruciais às modificações químicas da matriz do café.

Das seis áreas estudadas, apenas uma indicou mudança na composição dos compostos fenólicos, na altitude de 1.033 metros, para o método 1 (*Washed*), apresentando o menor índice de compostos fenólicos. Faz-se necessário descobrir melhor as reações químicas que podem ocorrer no decurso do café verde para o torrado, com maior controle de colheita, processo, secagem, armazenagem e, principalmente, torra.

Na sequência dos dados físico-químicos, a acidez titulável total apresentou modificações em cinco das seis áreas estudadas, além de diferenças estatísticas entre quase todos os métodos. Como estudos futuros, abre-se a possibilidade de estudo sobre a estrutura dos ácidos presentes em cada etapa do processamento e como o tratamento térmico da torra pode modificar esse sistema. Outro achado indica que o nível da acidez titulável em grãos de café pode variar conforme os níveis de fermentações que ocorrem nos grãos, servindo como uma análise auxiliar para a avaliação da qualidade da bebida do café.

Os indicadores da quantidade de acidez titulável trazem referências significativas, quando analisados pela ótica da análise sensorial. Empiricamente, os Q-Graders sempre descrevem em suas análises que os cafés mais ácidos possuem as notas mais elevadas, por possuírem uma diferença mais marcante no momento da análise sensorial. Por essa observação, o processamento que ocasionou na maior nota sensorial (87,63), também possui também a maior titulação de acidez, na faixa de 1004 metros com índices de 316,91 mL NaOH 0,1N, g-1 de amostra de nota sensorial mais baixa (77,14) na faixa de 788 com valores de 232,30 mL NaOH 0,1N, g-1 por amostra. Esse resultado justifica a necessidade de se conhecer a fundo a matriz dos ácidos orgânicos que podem se formar durante a torra, trazendo dois novos questionamentos. O primeiro: eles podem ser modificados com a fermentação? Ou já estão consolidados em virtude da formação do fruto e entregarão os resultados finais independentemente do processamento aplicado?

A última etapa da análise físico-química encerra-se com as análises de pH. Como todos os cafés sofreram fermentações, sejam induzidas, sejam espontâneas, os dados indicam

consistência com a literatura neste quesito. Para três faixas experimentais, situadas a 774, 1004 e 1033 o pH foi reduzido onde ocorreu aplicação de culturas de leveduras.

Ficou comprovada a correlação de que o aumento do pH está associado ao aumento da acidez titulável do café, conforme apresentado na Tabela 17, já discutido anteriormente.

Novas tecnologias vêm sendo discutidas recentemente, visando maiores níveis de controle e precisão dos processos, objetivando sempre a melhoria e elevação da qualidade. O monitoramento do pH na fase de fermentação em estado líquido pode ser feito por qualquer produtor, como um indicativo relevante, pois a temperatura, o pH e a atmosfera gasosa são três dos mais importantes fatores físicos que influenciam o crescimento e sobrevivência dos microrganismos. Em muitos casos, o pH do meio de fermentação situou-se na faixa ótima para crescimento de microrganismos acidófilos, conhecidos pela literatura por atuarem em pH abaixo de 7. Mais um indicativo de que fermentações sempre ocorreram nos frutos do cafeeiro.

6.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE OS RESULTADOS DAS ANÁLISES DE CROMATOGRAFIA GASOSA

Os dados de cromatografia gasosa proporcionaram o refinamento e ajustamento dos processos empreendidos, objetivando maior precisão e fortalecimento dos dados oriundos das análises sensoriais.

Com base nos resultados já discutidos e expressos, é possível inferir que para o composto 5-metilfurfural existem pequenas alterações nos cromatogramas em anexo (A), indicando que na faixa de 893 metros os índices para este composto mostram-se inferiores em comparação com as demais altitudes em todos os processos.

Nas faixas de 1004 e 1033, o 5-metilfurfural apresenta-se um pouco mais intenso para estas áreas em relação aos métodos, *washed*, *fully-washed* e *yeast fermentation*, indicando uma possível relação com a altitude.

As altitudes onde os cafés foram colhidos para experimentação indicaram um comportamento linear para esse composto, à medida que se elevou a altitude, aumentou-se a concentração do composto. Essa é a observação mais simples em relação aos resultados, porém, duas novas hipóteses surgem.

O teor de composto não aumenta em razão da altitude, mas em razão da quantidade de açúcares presente no fruto, uma vez que frutos mais tardios tendem a uma maturação lenta, como já discutido na revisão e nos resultados. Isso levaria a crer que o aumento linear ocorre

em virtude do aumento gradual dos açúcares. Como os níveis de açúcares nos frutos não foram mensurados, essa afirmação deve ser mais bem estudada em pesquisas futuras.

A segunda hipótese sobre o composto pode ter ligação com os índices de grau Brix, ou seja, em relação à quantidade de açúcares presentes na polpa do fruto (mucilagem). Para a faixa experimental de 839 metros de altitude, observa-se nos cromatogramas em anexo que essa faixa possui os menores índices ao longo de todo o espectro, se comparada com os demais pontos. É de conhecimento empírico que apesar de estar vermelho, o fruto não necessariamente está totalmente maduro, essas variações podem ser afetadas pelas condições climáticas, pela formação dos microrganismos endofíticos, pela ação das enzimas e pela própria condição de estresse do metabolismo do cafeeiro, que, dessa forma, pode modificar a formação dos açúcares na polpa. Porém, essas suposições carecem de maiores comprovações científicas, gerando uma nova hipótese sobre qual seria o estágio ideal para início da colheita nos frutos do cafeeiro em razão da formação dos açúcares presentes na polpa.

Esse fator confirmaria a redução do composto, pois a formação do 5-metilfurfural é oriunda da caramelização dos açúcares, e se os açúcares estão presentes em menor quantidade, podem ter ocasionado os baixos índices observados no cromatograma no anexo (A – tempo de retenção 12,45 minutos).

Geralmente, os compostos formados durante a torra possuem suas complexidades, em virtude das reações térmicas que ocorrem durante a torra do café. Embora o N-furfuripirrol tenha sido encontrado em cafés fermentados por cultura de arranque, observou-se relações funcionais lineares para esse composto, no método de fermentação espontânea, o que reforça que nas fermentações selvagens também ocorrem metabolização de compostos secundários, indicando que a microbiota dos frutos do café deve ser mais bem compreendida.

O N-furfuril pirrole é um composto largamente presente na matriz dos voláteis do café arábica, encontra-se apenas na literatura que a relação deste composto é acionada pela reação de Maillard, pois na formação de compostos voláteis responsáveis pelo cheiro característico do café, uma parte destes compostos é oriunda da degradação de Strecker, pois durante a torra dos grãos ocorre uma degradação considerável dos polissacarídeos, dos açúcares, dos ácidos clorogênicos e dos aminoácidos. Outra associação considerável para a formação deste composto seria pela rota da hidroxiprolina, por intermédio das enzimas atuantes na hidroxilação.

Conforme cromatograma em anexo (A), tempo de retenção de (23,96 minutos), o N-furfuril pirrole ligeiramente degradado pela fermentação com levedura (*Saccharomyces cerevisiae sp.*), sofrendo uma relação de alteração em razão do processo que é aplicado.

O último composto observado para o método de fermentação espontânea com água – *Washed*, o 2-hidroxi-1-metilciclopenten-3-ona (tempo de retenção 23,91 minutos), pertencente ao grupo dos álcoois e é formado pela reação de Maillard, podendo ser derivado do aldeído láctico. Nesse caso, o cicloteno pode ter sido formado principalmente a partir da metabolização do ácido láctico, indicando que durante a fermentação espontânea, bactérias lácticas podem ter atuado na formação deste composto. Sendo que, nos resultados, existe o indicativo de que este composto possui ocorrência em fermentações espontâneas, validando os dados deste modelo.

As observações oriundas dos cromatogramas no anexo (A) indicam que a faixa experimental situada em 893 metros possui o mesmo comportamento observado para o composto 5-metilfurfural. Trazendo a reflexão de que a relação aos açúcares presente no café, para essa faixa poderiam estar em menores concentrações, indicando tais diferenças.

As fermentações espontâneas observadas nos processos empregados neste estudo indicam que as transformações bioquímicas, químicas e sensoriais que ocorrem no café devem ser melhor estudadas. Ainda se desconhece o real papel e ação dos microrganismos endofíticos presentes internamente no cafeeiro. Além da ação das bactérias e leveduras, a ação das enzimas pode ter forte impacto sobre a formação desses compostos. Porém, esses fatores devem ser mais bem estudados e investigados.

A técnica de processamento via-úmida por fermentação a seco – *Fully-washed* vem sendo empregada em larga escala nas regiões montanhosas nos últimos anos. Embora este método venha sendo empregado em diversas áreas produtivas no Brasil, pouco se conhece a respeito do método de fermentação a seco e o que pode ocorrer no decurso do processo de fermentação. Relatos empíricos indicam que países, como Guatemala e Costa Rica aplicam este método na fase de fermentação, porém com indução de até 5 dias, em virtude das baixas temperaturas observadas no período de colheita.

Neste método, o composto 5-metilfurfural possui a mesma relação observada no processamento de fermentação espontânea com água – *Washed*, indicando que, possivelmente, em fermentações naturais sem indução, este composto possa ser influenciado pela microbiota e pelo clima. Isso reforça a discussão a respeito da ação dos microrganismos endofíticos do café, bem como sobre o impacto das zonas mais temperadas ou as características do *terroir* que possa existir onde a lavoura está inserida, dada a característica natural de cada microbiota local.

No caso da formação do 2,3-didro-3,5-dihidroxi-6-metil-4H-piran-4-ona (tempo de retenção 21,95 minutos), pode ser explicada pela ligação direta com os processos de fermentação, indicando que, nesse caso, fermentar o café sem qualquer controle pode gerar modificações indesejáveis para a formação dos compostos voláteis, ou que o processo de

torrefação pode ter afetado o composto, tendo em vista que as operações de torra são manuais e passíveis de erros. Não foi observado o mesmo comportamento para este composto em relação ao seu sinal quando analisados os cromatogramas.

Embora não tenha sido observado no método de fermentação espontânea com água – *Washed*, o palmitato de etila, em cafés verdes e fermentados, pode ser atribuída à transesterificação de triglicerídeos contendo ácido palmítico com etanol ou esterificação direta de ácido palmítico livre com etanol, uma vez que o ácido palmítico é um dos ácidos graxos.

Compostos relevantes foram observados neste método, porém, os resultados sensoriais indicaram baixa aceitação ou menor potencial. Estudos mais robustos devem ser empreendidos sobre este método com o objetivo de verificar a população de microrganismos presentes na fase inicial, no meio e no final da fermentação.

O último método aplicado no processamento, o *Semi-dry*, indica que os compostos piridina (tempo de retenção 3,46 minutos), e o 4-etenil-3-metoxifenol (tempo de retenção 30,28 minutos), respondem a um modelo de regressão quadrática, com relação à altitude de 920 metros os compostos foram reduzidos. Este fato indica uma possibilidade de relação sobre a percepção sensorial descrita pelos Q-graders no estudo, pois, quando observados os mapas sensoriais na Figura 24, têm-se notas mais intensas de adstringência, aspereza e notas de cereais, ocasionando em incômodo na percepção sensorial, tendo em vista que no caso específico das piridinas, são conhecidas como responsáveis pelo amargor intenso no café.

Conforme cromatograma no anexo (B), o comportamento das piridinas indica que em todos os métodos as altitudes alteram-se. Isso indica a complexidade do processo de torrefação do café, mostrando que uma torra pode ser um fator complexo na formação deste composto.

Porém o 4-etenil-3-metoxifenol indica aroma de baunilha, ocasionando notas sensoriais mais exóticas. Sua formação ocorre pela degradação do ácido clorogênico, sendo que, no caso dos resultados, o processo de torra pode ter ocasionado a redução do composto. Observando o cromatograma no anexo (B) o 4-etenil-3-metoxifenol (tempo de retenção 30,28 minutos) confirma o modelo de regressão, pois no método *Semi-dry* os picos do cromatograma para as faixas de altitude 907 metros apresentam o ponto máximo e depois decaem nas duas faixas subsequentes.

Outra observação importante de ser analisada é que a literatura descreve que este composto é formado por meio de fermentações induzidas, o método *Semi-dry* é o único processo que não possui cultura inicial de arranque ou mesmo degradação da mucilagem em água. Portanto, isso sugere que o composto pode ser formado em outras bases de processamento, possivelmente, pela ação interna dos microrganismos.

Para o composto 2,5-dimetil-3(2H)-furanona (tempo de retenção 11,68 minutos), não foram observadas mudanças drásticas entre os processos aplicados. Esse composto transmite notas de açúcar queimado, quando encontrado em concentrações mais elevadas torna-se frutado, semelhante ao aroma das framboesas. Esse composto está presente apenas no modelo de regressão para o processamento *Semi-dry*, que ocasionalmente possui um processo de secagem onde a mucilagem fica completamente aderida ao pergaminho, gerando um café com excesso de açúcares ao pergaminho. Novamente, este fator traz a reflexão de que é possível que os açúcares residuais possam translocar da polpa para o fruto. Essa informação final carece de estudos mais aprofundados sobre os metabólitos secundários que se formam no decurso do processamento, secagem e torra.

O último composto volátil observado para o método *Semi-Dry*, o 5-hidroximetilfuraldeído (tempo de retenção 26,49 minutos) indica uma relação linear para a altitude. Porém, este composto está amplamente presente no café torrado, e, recentemente, a discussão levantada indica que a formação de acrilamida através da via HMF possui uma forma mais eficiente do que a glicose na reação de Maillard.

Isso indica que a contribuição do HMF e de outros carbonilos na desidratação do açúcar deve ser considerada como um potencial contribuinte para a formação de acrilamida, sendo que este composto é um carcinógeno. Com base no anexo (C), o composto no tempo de retenção (26,49) indica um ligeiro aumento para as faixas de 1033, 788 e 907 metros para o processo *Semi-dry*, se comparado aos métodos com água. Nessas faixas este composto apresenta ligeira redução, quando comparado entre os processos que utilizam água na fase de fermentação. Tal indicador pode confirmar que a ação de solubilização e degradação da mucilagem em água ocorre e que estes compostos podem ser metabolizados pelos microrganismos presentes no café.

Como considerações finais, os resultados sensoriais, físico-químicos e químicos, indicaram que o tipo de processamento aplicado ao café por via-úmida pode ser determinante para a formação de alguns compostos químicos e para as notas sensoriais. Tais considerações permitirão que os produtores rurais possam adotar e aplicar tais estratégias para manutenção e melhoria da qualidade do café.

7 CONCLUSÕES

Os resultados sensoriais, físico-químicos de (pH e acidez titulável total), bem como os compostos voláteis do café sofrem alterações em virtude do tipo de processamento que é empregado, sendo que para altitudes mais elevadas, fermentações espontâneas com água no método *Washed* ou fermentações espontâneas no método *Semi-dry*, mostram-se mais promissoras.

O uso de cultura de levedura *Saccharomyces cerevisiae* sp. ocasionou melhoria na qualidade do café em relação a todos os demais métodos, nas duas faixas de estudo com menor altitude, indicando potencial para melhoria da qualidade por meio da fermentação induzida. Os modelos de regressão para as análises sensoriais indicaram que o método de fermentação espontânea com água – *Washed* – possui relação linear com a altitude para todos os atributos do protocolo da SCAA.

Com base nos diferentes tipos de processamento e formas de emprego das fermentações, foi possível criar rotas sensoriais e a possibilidade de aprofundamento dos efeitos da fermentação induzida e espontânea em razão das diferentes faixas de altitude, o que demonstra que a altitude não é o único fator determinante da qualidade do café arábica em regiões de montanha.

A incidência de radiação solar, seguida da face de orientação da lavoura, pode ocasionar uma mudança no ciclo de metabolização de compostos, que, conseqüentemente, afetará a qualidade, porém estes indícios necessitam de confirmações mais robustas, não sendo possível validar este objetivo neste estudo.

Foi perceptível a modificação da descrição das características dos cafés processados em diferentes áreas, indicando que nas zonas mais quentes os cafés possuem notas mais amadeiradas, de cereais e adstringentes ao paladar, enquanto em zonas mais extremas, as notas passam a variar com observações mais exóticas para a qualidade.

Demonstrou-se que os fatores de ordem de fadiga (turno), em que a análise sensorial é realizada, não afeta a qualidade e consistência do processo e sim que o efeito do ruído foi nocivo à qualidade e precisão do emprego da técnica, conforme artigo anexo.

Os compostos voláteis do café arábica para a variedade Catuaí Vermelho sofreram modificações em virtude dos processos adotados nesta tese, indicando, também, que os processos metabólicos que ocorrem no decurso das fermentações devem ser melhores compreendidos para manutenção e elevação da curva de qualidade.

Por meio do método de simulação Bootstrap foi possível estimar o número mínimo de 6 Q-Graders na condução das análises sensoriais, proporcionando maior consistência e acurácia para o processo de análise sensorial com o método da *Specialty Coffee Association of America*.

7.1 PROPOSIÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como recomendações para trabalhos e pesquisas futuras, sugere-se:

- a) Que estudos mais aprofundados para monitorar o grau Brix da polpa do café submetido a diferentes processamentos sejam empreendidos para que seja possível avaliar com mais precisão as mudanças que podem ocorrer durante a fase de fermentação;
- b) Monitorar a formação de açúcares na polpa do café em diferentes áreas de altitude, para verificar se é possível exercer aumento em virtude de sombreamento artificial com culturas arbóreas em consórcio com o cafeeiro;
- c) Isolar as enzimas presentes durante a fase de enchimento dos frutos para se observar a ocorrência de formação e degradação de compostos químicos, que podem estar associados aos efeitos do clima, principalmente, em zonas mais quentes;
- d) Desenvolver perfis de torra com base em um modelo que permita a mesma reprodução das curvas de torra, para observar com mais precisão como os compostos podem ser degradados ou formados em virtude do processamento adotado;
- e) Explorar os níveis de HMF e seus derivados em virtude do processamento por via-úmida, visando ao equilíbrio entre segurança alimentar e qualidade sensorial. Estudos recentes indicaram a degradação do HMF por meio do uso da levedura *Saccharomyces cerevisiae sp.*, fato comprovado nesta tese. Porém, informações adicionais devem ser observadas e estudadas para o método *Semi-dry*.

REFERÊNCIAS

- ABRAMOVAY, R. Agricultura familiar e desenvolvimento territorial. *Revista da Associação Brasileira de Reforma Agrária*, v. 29, p. 1-21, 1999.
- ABRAHÃO, S. A. et al. Coffee (*Coffea arabica* L.) bioactive compounds and antioxidant activity. *Ciência agrotécnica*, Lavras, v. 34, n. 2, p. 414-420, mar./abr. 2010.
- ADAMS, R. P. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry (No. Ed. 4). *Allured publishing corporation*. 2007.
- AKILLIOGLU, H. G.; GÖKMEN, V. Mitigation of acrylamide and hydroxymethyl furfural in instant coffee by yeast fermentation. *Food Research International*, v. 61, p. 252-256, July 2014.
- ALVES, B. H. P. et al. Composição química de cafés torrados do Cerrado e do Sul de Minas Gerais. *Ciência & Engenharia*, v. 16, n. 1/2, p. 9-15, jan./dez. 2007.
- ALVES, H. M. R. et al. Características ambientais e qualidade da bebida dos cafés do estado de Minas Gerais. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 32, n. 261, mar./abr. 2011.
- ALVARADO, R. A.; LINNEMANN, A. R. The predictive value of a small consumer panel for coffee-cupping Judgment. *British Food Journal*, v. 112, n. 9, p. 1023-1032, 2010.
- AMANPOUR, A.; SELLI, S. Differentiation of volatile profiles and odor activity values of Turkish coffee and french press coffee. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2015.
- 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, DF: Embrapa Café, 2003. p. 256-257.
- ANGNOLETTI, B. Z. *Avaliação das propriedades físico-químicas de café arábica (Coffea arabica) e conilon (Coffea canephora) classificados quanto à qualidade da bebida*. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)–Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015.
- ARANTES, P. B.; MENEZES, L. F. T.; PEIXOTO, A. L. Novas tendências do desenvolvimento rural: agricultura ecológica no Espírito Santo. *Natureza online*, v. 12, n. 3, p. 137-152, 2014.
- ASHIHARA, H. Metabolism of alkaloids in coffee plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18, n. 1, p. 1-8, 2006.
- ASHOK, P. K.; UPADHYAYA, K. Tannins are Astringent. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, v. 1, n. 3, 2012.
- ASIKIN, Y. et al. Effects of different drying–solidification processes on physical properties, volatile fraction, and antioxidant activity of non-centrifugal cane brown sugar. *LWT - Food Science and Technology*, v. 66, p. 340-347, March 2016.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. Washington, 1990. v. 2, ed. 15.

AVALLONE, S. J-P. et al. Polysaccharide Constituents of Coffee-Bean Mucilage. *Journal of Food Science*, v. 65, n. 8, 2000.

AVELINO, J. et al. Effects of slope exposure, altitude and yield on coffee quality in two altitude terroirs of Costa Rica, Orosi and Santa María de Dota. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 85, p. 1869-1876, 2005.

BALIZA, D. P. et al. Metabolismo da sacarose em cafeeiros submetidos a diferentes níveis de sombreamento. *Coffee Science*, Lavras, v. 9, n. 4, p. 445-455, out./dez. 2014.

BARHAM, E. Translating terroir: the global challenge of French AOC labeling. *Journal of Rural Studies*, v. 19, p. 127-138, 2003.

BRANDO, C. H. J.; BRANDO, M. F. P. Methods of coffee fermentation and drying. In: SCHWAN, R.; FLEET, G. H. (Ed.). *Cocoa and coffee fermentations*. Boca Raton: CRC, 2015.

BANE'SIO, F. N. *Disevrsio sobre a salybe 'rrima bebida chamada cahve ov café*. Edição do Departamento Nacional do Café. Rio de Janeiro, 1942.

BACHA, E. Belíndia 2.0. *Fábulas e ensaios sobre o país dos contrastes*. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2012.

BAGTZOGLOU, A. C.; ANID, N. A.; CHEVRAY, R. Effect of chaotic mixing on enhanced biological growth and implications for wastewater treatment: A test case with *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Hazardous Materials*, v. 136, p. 130-136, 2006.

BARY, A. de. Morphologie Physiologie der Pilze. Flechten, und Myxomyceten. *Holmeister's Handbook of Physiological Botany*, Leipzig, 1866. v. 2.

BALZER, H. H. Acids in coffee. In: CLARKE, R. J.; VITZTHUM, O. G. (Ed.). *Coffee. Recent developments*. Oxford: Blackwell Science, 2001. p. 18-30.

BERGAMIM, M. C. Agricultura familiar no Espírito Santo: concentração fundiária e recomposição socioeconômica. In: CONGRESSO DA SOBER, 43., 2005, São Paulo. *Anais...* São Paulo: SOBER, 2005. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/2/441.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

BERGAMIM, M. C. A pequena propriedade rural no espírito santo. *Anais da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER)*, 2006.

BERTRAND, E. et al. Comparison of bean biochemical composition and beverage quality of Arabica hybrids involving Sudanese- Ethiopian origins with traditional varieties at various elevations in Central America. *Tree Physiology*, Heron Publishing, Victoria, Canada, v. 26, p. 1239-1248, 2006.

BHUMIRATANA, N.; ADHIKARI, K.; CHAMBERS, E. Evolution of sensory aroma

attributes from coffee beans to brewed coffee. *LWT - Food Science and Technology*, v. 44, p. 2185-2192, 2011.

BONILLA-HERMOSA, V. A.; DUARTE, W. F.; SCWAN, R. F. Utilization of coffee by-products obtained from semi-washed process for production of value-added compounds. *Bioresource Technology*, v. 166, p. 142-150, 2014.

BORÉM, F. M. Processamento do café. In: BORÉM, F. M. *Pós-colheita do café*. Lavras: UFLA, 2008. cap. 5, p. 129-158.

BORÉM, F. M.; MARQUES, E. R.; ALVES, A. Ultrastructural analysis of drying damage in parchment Arabica coffee endosperm cells. *Biosystems Engineering*, v. 99, p. 62-66, 2008.

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.

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, p. 253-260, 2009.

BOTERO, C. J.; MARTINEZ, H. E. P.; SANTOS, R. H. S. Característica do café (*Coffea arabica* L.) sombreado no norte da América Latina e no Brasil. *Coffee Science*, Lavras, v. 1, n. 2, p. 94-102, jul./dez. 2006.

BRANDO, C. H. J. Harvesting and green coffee processing. In: WINTGENS, J. N. (Ed.). *Coffee: growing, processing, sustainable production*. 2. ed. Weinheim: Wiley-VCH, 2009. p. 610-723.

BYTOF, G. et al. Transient occurrence of seed germination processes during coffee post harvest treatment. *Annals of Botany*, v. 100, p. 61-66, 2007.

BYTOF, G. et al. Influence of processing on the generation of g-aminobutyric acid in green coffee beans. *European Food Research and Technology*, v. 220, p. 245-250, 2005.

BUFFON, J. A. *O café e a urbanização no Espírito Santo: aspectos econômicos e demográficos de uma agricultura familiar*. Dissertação (Mestrado em Economia)– Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1992.

BRUYN, F. D. et al. Exploring the impact of post-harvest processing on the microbiota and metabolite profiles during a case of green coffee bean production. *Applied and Environmental Microbiology*. AEM 28, October 2016. doi:10.1128/AEM.02398-16.

CARVALHO, V. D. et al. Relação entre a composição físico-química 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.

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

CAMPOS, M. A. *Turco Pobre, Sírío Remediado, Libanês Rico: A trajetória do Imigrante Libanês no Espírito Santo. 1910/1940*. Vitória: Instituto Jones dos Santos Neves, 1987.

CHEN, N. et al. Kinetics of coffee industrial residue pyrolysis using distributed activation energy model and components separation of bio-oil by sequencing temperature-raising pyrolysis. *Bioresource Technology*, v. 221, p. 534-540, December 2016.

CLARKE, R. J.; VITZTHUM, O. G. *Coffee Recent Developments*. Blackwell Science, 2001.

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

CLIFFORD, M. N. Phenols and Caffeine in Wet-Processed Coffee Beans and Coffee Pulp. *Food Chemistry*, v. 40, p. 35-42, 1991.

CLIFFORD, M. N.; WILLSON, K. C. *Coffee: botany, biochemistry and production of beans and beverage*. American Edition Published by the Avi Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut, 1985.

COLLINS, C. H. I. Michael Tswett e o “nascimento” da Cromatografia. *Scientia Chromatographica*, v. 1, n. 1, 2009.

COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO. *Conab. Levantamento de Safra 2016*, v. 2, n. 1, 2016. Disponível em:

<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_01_20_17_01_56_boletim_cafe_-_janeiro_2016.pdf>. Acesso em: 01 ago. 2016.

_____. *Conab. Séries Históricas. Café arábica. 2014*. Disponível em:

<<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2>>. Acesso em: 01 ago. 2016.

COSTA, F. L. Brasil: 200 anos de Estado; 200 anos de administração pública; 200 anos de reformas. *Revista de Administração Pública*, Rio de Janeiro, v. 42, n. 5, p. 829-874, set./out. 2008.

COSTA, E. B.; GARCIA, R. D. C.; TEIXEIRA, S. M. Custos de produção da cafeicultura de montanha do Espírito Santo em diversos sistemas de produção. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória. *Resumos*. Brasília, DF: Embrapa Café, 2001. 181p.

CORREA, E. C. et al. Advanced Characterisation of a Coffee Fermenting Tank by Multi-distributed Wireless Sensors: Spatial Interpolation and Phase Space Graphs. *Food Bioprocess Technology*, v. 7, p. 3166-3174, 2014.

CORRÊA, V. G. et al. Estimate of consumption of phenolic compounds by Brazilian population. *Revista Nutrição*, Campinas, v. 28, n. 2, p. 185-196, mar./abr. 2015.

COSETENG, M. Y.; MCLELLAN, M. R.; DOWNING, D. L. Influence of Titratable Acidity and pH on Intensity of Sourness of Citric, Malic, Tartaric, Lactic and Acetic Acids Solutions and on the Overall Acceptability of Imitation Apple Juice. *Con. Insl. Food Sci. Technol. J.*, v. 22, p. 46-51, 1989.

CZERNY, M.; MAYER, F.; GROSH, W. Sensory Study on the Character Impact Odorants of Roasted Arabica Coffee. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 47, p. 695-699, 1999.

DAMATTA, F. M. Exploring drought tolerance in coffee: a physiological approach with some insights for plant breeding. *Brazilian Journal Plant Physiology*, v. 16, n. 1, p. 1-6, 2004.

DE CASTRO, R.; MARRACCINI, P. Cytology, biochemistry and molecular changes during coffee fruit development. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v. 18, n. 1, p. 175-199, 2006.

DE MARIA, C. A. B.; MOREIRA, R. F. A.; TRUGO, L. C. Componentes voláteis do café torrado. Parte I: compostos heterocíclicos. *Química Nova*, São Paulo, v. 22, n. 2, Mar./Apr. 1999. dx.doi.org/10.1590/S0100-40421999000200013.

DELLA LUCIA, S. M. et al. Fatores da embalagem de café orgânico torrado e moído na intenção de compra do consumidor. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, v. 27, n. 3, p. 485-491, jul./set. 2007.

DIAS, E. C. et al. Amino acid profiles in unripe Arabica coffee fruits processed using wet and dry methods. *Eur Food Res Technol*, v. 234, p. 25-32, 2012. DOI 10.1007/s00217-011-1607-5.

DI DONFRANCESCO, B. D.; GUZMAN, N. G.; CHAMBERS, E. Comparison of results from cupping and descriptive sensory analysis of Colombian brewed coffee. *Journal of Sensory Studies*, 2014.

DOIN, J. E. de M. et al. A *Belle Époque caipira*: problematizações e oportunidades interpretativas da modernidade e urbanização no Mundo do Café (1852-1930) - a proposta do Cemumc. *Revista Brasileira de História*, São Paulo, v. 27, n. 53, p. 91-122, 2007.

DORFNER, R. et al. Real-Time Monitoring of 4-Vinylguaiacol, Guaiacol, and Phenol during Coffee Roasting by Resonant Laser Ionization Time-of-Flight Mass Spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 51, p. 5768-5773, 2003.

DUARTE, G. S.; PEREIRA, A. A.; FARAH, A. Chlorogenic acids and other relevant compounds in Brazilian coffees processed by semi-dry and wet post-harvesting methods. *Food Chemistry*, v. 118, p. 851-855, 2010.

DZUNG, N. H.; DZUAN, L. *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 em: 10 maio 2017.

ETTRE, L. S.; SAKODYNSKII, K. I. M. S. Tswett and the Discovery of Chromatography I: Early Work (1899-1903). *Chromatographia*, v. 35, n. 3-4, February, 1993.

EVANGELISTA, S. R. et al. Improvement of coffee beverage quality by using selected yeasts strains during the fermentation in dry process. *Food Research International*. v. 61, p. 183-195, 2014a.

EVANGELISTA, S. R. et al. Inoculation of starter cultures in a semi-dry coffee (*Coffea arabica*) fermentation process. *Food Microbiology*, v. 44, p. 87, 95, 2014b.

ESQUIVEL, P.; JIMÉNEZ, V. M. Functional properties of coffee and coffee by-products. *Food Research International*, v. 46, p. 488-495, 2012.

FARAH, A. et al. Chlorogenic Acids and Lactones in Regular and Water-Decaffeinated Arabica Coffees. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 54, p. 374-381, 2006a.

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

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

FISHER, A. et al. The effect of temperature, heating rate, and ZSM-5 catalyst on the product selectivity of the fast pyrolysis of Spent Coffee Grounds. *Royal Society of Chemistry Advances*, v. 1, p. 1-9, 2015.

FISCHER, M. et al. Evolution of Volatile Flavor Compounds During Roasting of Nut Seeds by Thermogravimetry Coupled to Fast-Cycling Optical Heating Gas Chromatography-Mass Spectrometry with Electron and Photoionization. *Food Anal. Methods*, 2016. DOI 10.1007/s12161-016-0549-8.

FERNANDES, S. M. et al. Constituintes químicos e teor de extrato aquoso de cafés arábica (*Coffea Arábica* l.) E Conilon (*Coffea Canephora pierre*) torrados. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, v. 27, n. 5, p. 1076-1081, set./out. 2003.

FERRÃO, M. F. et al. Técnica não destrutiva de análise de tanino em café empregando espectroscopia no infravermelho e algoritmo genético. *Tecnológica*, Santa Cruz do Sul, v. 7, n. 1, p. 9-26, jan./jun. 2003.

FERNANDES, S. M. et al. Constituintes químicos e teor de extrato aquoso de cafés arábica (*Coffea arabica* L.) e conilon (*Coffea canephora* Pierre) torrados. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 27, n. 5, p. 1076-1081, 2003.

FERIA-MORALES, A. M. Examining the case of green coffee to illustrate the limitations of grading systems/expert tasters in sensory evaluation for quality control. *Food Quality and Preference*, v. 13, p. 355-367, 2002.

FERREIRA, G. F. P. et al. Fungos associados a grãos de café (*Coffea arabica* L.) beneficiados no sudoeste da Bahia. *Summa Phytopathol*, v. 37, n. 3, Botucatu, July/Sept. 2011.

FLAMENT, I. *Coffee flavor chemistry*. Chichester, UK: John Wiley & Sons Ltd., 2001.

FLORES, G. B.; ANDRADE, F.; LIMA, D. R. Can coffee help fighting the drug problem? Preliminary results of a Brazilian youth drug study. *Acta Pharmacol. Sin.*, v. 21, n. 12, p. 1059-1070, 2000.

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

FREDERICO, S. Globalização, competitividade e regionalização: a cafeicultura científica globalizada no território brasileiro. *GEOUSP – Espaço e Tempo*, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 55-70, 2014.

FONSECA, J. J. S. *Metodologia da pesquisa científica*. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

FUNGARO, M. H. P. et al. A molecular method for detection of *Aspergillus carbonarius* in coffee beans. *Current Microbiology*, v. 49, p. 123-127, 2004.

FURTADO, C. *Formação Econômica do Brasil*. 24. ed. São Paulo: Nacional, 1991.

GALEANO, E. V. Mudança estrutural e diversificação da produção agropecuária no Espírito Santo. *Revista Geografares*. Programa de Pós-Graduação em Geografia do Departamento de Geografia da UFES. jan./jun. 2016.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. *Métodos de pesquisa*. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2009.

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GEROMEL, C. et al. Effects of shade on the development and sugar metabolism of coffee (*Coffea arabica* L.) fruits. *Plant Physiology and Biochemistry*, v. 46, n. 9, p. 569, 572, 2008.

GLOESS, A. N. et al. Comparison of nine common coffee extraction methods: instrumental and sensory analysis. *European Food Research and Technology*, v. 236, p. 607-627, 2013.

GLOESS, A.N. et al. Evidence of different flavour formation dynamics by roasting coffee from different origins: On-line analysis with PTR-ToF-MS. MASPEC-15125. *International Journal of Mass Spectrometry*, 2014.

GÖKMEN, V. et al. Model studies on the role of 5-hydroxymethyl-2-furfural in acrylamide formation from asparagine. *Food Chemistry*, v. 132, p. 168-174, 2012.

GONZALEZ-RIOS, O. et al. Impact of “ecological” post-harvest processing on coffee aroma: II. Roasted coffee. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 20, p. 297-307, 2007.

GUYOT, B. et al. Influence de l’altitude et de l’ombrage sur la qualité des cafés Arabica. *Plantations, recherche, développement*, Juillet, Août 1996.

HAIR, J. F. et al. *Análise multivariada de dados*. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

HWANG, C. F., CHEN, C. C., HO, C. T. Contribution of coffee proteins to roasted coffee volatiles in a model system. *International Journal of Food Science and Technology*, 2012. doi:10.1111/j.1365-2621.2012.03078.x

IBGE. *Cidades*. Disponível em:

<<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=320334&idtema=39&search=espírito-santo|marechal-floriano|producao-agricola-municipal-lavoura-permanente-2005>>. Acesso em: 17 ago. 2017.

IBGE. *Economias*. Disponível em: <<http://seculoxx.ibge.gov.br/economicas.html>>. Acesso em: 30 jul. 2016.

IBGE. *Século XX*. Disponível em: <<http://seculoxx.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 30 jul. 2016.

IBGE. *Série Histórica. Tabelas Setoriais*. Disponível em:

<<http://seculoxx.ibge.gov.br/economicas/tabelas-setoriais/agropecuaria>>. Acesso em: 30 jul. 2016.

INNOCENTINI, M. Política brasileira do agronegócio do café Desafios e propostas. *Revista Política Agrícola*, ano 24, n. 52, abr./jun. 2015.

INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES. *IJSN. Microrregiões*. Disponível em:

<http://www.ijsn.es.gov.br/?searchword=microrregi%C3%B5es&searchphrase=exact&limit=&ordering=popular&view=search&Itemid=99999999&option=com_search>. Acesso em: 29 jun. 2016.

INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES. *Espírito Santo em Mapas. Micro-região Sudoeste Serrana*. Disponível em:

<http://www.ijsn.es.gov.br/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=186>. Acesso em: 15 nov. 2011.

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION. *Domestic consumption by all exporting countries*. 2016a. Disponível em:

<http://www.ico.org/pt/new_historical_p.asp?section=Estat%EDstica>. Acesso em: 30 jul. 2016.

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION. *Série Histórica*. 2016b. Disponível em:

<http://www.ico.org/monthly_coffee_trade_stats.asp>. Acesso em: 30 jul. 2016.

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION. *Total exports by all exporting countries*. 2016c. Disponível em:

<http://www.ico.org/pt/new_historical_p.asp?section=Estat%EDstica>. Acesso em: 30 jul. 2016.

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION. *Total production by all exporting countries*. 2016d. Disponível em:

<http://www.ico.org/pt/new_historical_p.asp?section=Estat%EDstica>. Acessado em: 30 jul. 2016.

JOËT, 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, p. 693-701, 2010.

- JIANG, L. et al. Effective Hydrodeoxygenation of Stearic Acid and Cyperus Esculentus Oil into Liquid Alkanes over Nitrogen-Modified Carbon Nanotube-Supported Ruthenium Catalysts. *Chemistry Select*, v. 2, p. 33-41, 2017.
- JÚNIOR, P. C. A.; CORRÊA, P.C. Influência do tempo de armazenagem na cor dos grãos de café pré-processados por “via seca” e “via úmida”. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, v. 27, n. 6, p. 1268-1276, nov./dez. 2003.
- KESEN, S.; KELEBEK, H.; SELLI, S. Characterization of the Key Aroma Compounds in Turkish Olive Oils from Different Geographic Origins by Application of Aroma Extract Dilution Analysis (AEDA). dx.doi.org/10.1021/jf4045167. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. v. 62, p. 391-401, 2013.
- KLEINWÄCHTER, M.; SELMAR, D. Influence of drying on the content of sugars in wet processed green Arabica coffees. *Food Chemistry*. v. 119, p. 500-504, 2010.
- KNOPP, S.; BYTOF, G.; SELMAR, D. Influence of processing on the content of sugars in green Arabica coffee beans. *European Food Research and Technology*. v. 223, p. 195-201, 2006.
- KRUG III, H. P. Cafés Duros III. Relação entre a porcentagem de microrganismos e qualidade do café. *Revista do Instituto do Café*, v. 27, p. 1827-1831, 1940.
- 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.
- LEE, L. W. et al. Modulation of the volatile and non-volatile profiles of coffee fermented with *Yarrowia lipolytica*: II. Roasted coffeeLiang. *LWT - Food Science and Technology*, v. 80, 32, 42, 2017.
- LEE, L. W. et al. Coffee fermentation and flavor – An intricate and delicate relationship. *Food Chemistry*. v. 185, p. 182-191, 2015.
- LEE, L. W. et al. Modulation of coffee aroma via the fermentation of green coffee beans with *Rhizopus oligosporus*: I. Green coffee. *Food Chemistry*, 2016. doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.076
- LEONARDO, F. A. P. et al. Tamanho ótimo da parcela experimental de abacaxizeiro Vitória. *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal*, v. 36, n. 4, p. 909-916, 2015.
- LUZ, M. P. S. Estudo da relação de fatores climáticos com a qualidade do café na Mantiqueira de Minas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)–Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.
- LEVI, M. S. F. O papel da migração internacional na evolução da população Brasileira. *Revista Saúde Pública*, São Paulo, v. 8 (supl), p. 49-90, 1974.
- LIN, C. C. Approach of Improving Coffee Industry in Taiwan-Promote Quality of Coffee Bean by Fermentation. *The Journal of International Management Studies*, v. 5, n. 1, April 2010.

LUDWIG, I. A. et al. Contribution of volatile compounds to the antioxidant capacity of coffee. *Food Research International*, 2014. dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2014.03.045.

LUGAZ, O. et al. Time-Intensity Evaluation of Acid Taste in Subjects with Saliva High Flow and Low Flow Rates for Acids of Various Chemical Properties. *Chem. Senses*, v. 30, p. 89-103, 2005.

MACHADO, L. et al. Coffee consumption associated with physical activity, age, sex, and intake of high-energy, protein-rich foods among workers in the city of Belém, Pará, Brazil. *The Internet Journal of Nutrition and Wellness*, v. 7, n. 2, 2008.

MALTA, M. R. et al. Alterações na qualidade do café submetido a diferentes formas de processamento e secagem. *Reveng. Engenharia na agricultura*, Viçosa, v. 21, n. 5, p. 431-440, set./out. 2013.

MALTA, M. R.; SANTOS, M. L.; SILVA, F. A. M. Qualidade de grãos de diferentes cultivares de cafeeiro (*Coffea Arabica L.*). *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1385-1390, 2002.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. *Metodologia Científica*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MARQUESE, R. de B. The origins of Brazil and Java: compulsory labor and the reconfiguration of the coffee world economy in the Age of Revolutions, 1760-1840. *História*, São Paulo, v. 34, n. 2, p. 108-127, jul./dez. 2015.

MARTIN, A. J. P.; SYNGE, R. L. M. A new form of chromatogram employing two liquid phases a theory of chromatography. 2. Application to the micro-determination of the higher monoamino-acids in proteins. *From the Wool Industries Research Association*, Torrington, Headingley, Leeds, 1941.

MARTINEZ, A. E. P. *Estudio de la remoción del mucílago de café através de fermentación natural*. Maestria em Desenvolvimento Sustentável y Medio Ambiente. Universidad de Manizales, II Cohorte, Manizales, Caldas, 2010.

MASOUD, W. et al. Yeast involved in fermentation of *Coffea arabica* in East Africa determined by genotyping and by direct denaturing gradient gel electrophoresis. *Yeast*. V. 21, p. 549-556, 2004.

MASOUD, W.; JESPERSEN, L. Pectin degrading enzymes in yeasts involved in fermentation of *Coffea arabica* in East Africa. *International Journal of Food Microbiology*, v. 110, p. 291-296, 2006.

MASSAWE, G. A.; LIFA, S. J. Yeasts and lactic acid bacteria coffee fermentation starter cultures. *Int. J. Postharvest Technology and Innovation*, v. 2, n. 1, 2010.

MATIELLO, J. B. et al. *Cultura do Café no Brasil. Novo Manual de Recomendações*. Rio de Janeiro: Bom Pastor, 2005.

MAZZAFERA, P. Chemical composition of defective coffee beans. *Food Chemistry*, v. 64, p. 547-554, 1999.

MCNAIR, H. M.; MILLER, J. M. *Basic Gas Chromatography. Techniques in analytical chemistry series*. John Wiley & Sons, Inc. 1998.

MENEZES JÚNIOR, J. F.; BICUDO, B. A. A. 1958. Sobre um método microscópico para contagem de cascas no café em pó. *Rev. Inst. Adolfo Lutz*, v. 11, p. 13-48, 1958.

MOLIN, R. N. D. et al. Caracterização física e sensorial do café produzido nas condições topoclimáticas de Jesuitas, Paraná. *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 30, n. 3, p. 353-358, 2008.

MONDELLO, L. et al. Reliable characterization of coffee bean aroma profiles by automated headspace solid phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry with the support of a dual-filter mass spectra library. *Journal of Separation Science*, v. 28, p. 1101-1109, 2005.

MONTE, E. Z.; TEIXEIRA, E. C. Determinantes da Adoção da Tecnologia de Despolpamento na Cafeicultura. *RER*, Rio de Janeiro, v. 44, n. 2, p. 201-217, abr./jun. 2006.

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

MOON, J. K.; SHIBAMOTO, T. Y. Role of roasting conditions in the profile of volatile flavor chemicals formed from coffee beans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 57, p. 5823-5831, 2009. DOI:10.1021/jf901136e.

MORAIS, S. A. L. et al. Compostos bioativos e atividade antioxidante do café conilon submetido a diferentes graus de torra. *Química Nova*, v. 32, n. 2, p. 327-331, 2009.

MOREIRA, C. F. et al. *Certificação na cafeicultura brasileira: panorama, potencial e limitações*. Disponível em: <<http://www.sbicafe.ufv.br/handle/10820/1942>>. Acesso em: 03 maio. 2016.

MOREIRA, R. F. A.; TRUGO, L. C. Componentes voláteis do café torrado. Parte II. Compostos alifáticos, alicíclicos e aromáticos. *Química Nova*, v. 23, n. 2, 2000.

MOREIRA, R. F. A.; TRUGO, L. C. Componentes voláteis do café torrado. Parte II. Compostos alifáticos, alicíclicos e aromáticos. *Química Nova*, v. 23, n. 2, 1999.

MUSCHLER, R.G. Shade improves coffee quality in a sub-optimal coffee-zone of Costa Rica. *Agroforestry Systems*, v. 85, p. 131-139, 2001.

MUYZER, G.; DE WALL, E. C.; UITTERLINDEN, A.G. Profiling of complex microbial populations by Denaturing Gradient Gel Electrophoresis analysis of polymerase chain reaction – amplified genes coding for 16S rRNA. *Applied and Environmental Microbiology*, v. 59, p. 695-700, 1993.

NASANIT, R.; SATAYAWUT, K. Microbiological Study During Coffee Fermentation of *Coffea arabica* var. *chiangmai 80* in Thailand. *Kasetsart J. Nat. Sci.* v. 49, n. 1, p. 32-41, 2015.

- NIELSEN, D. S.; ARNEBORG, N.; JESPERSEN, L. Cocoa and coffee fermentation. In: SCHWAN, R. F.; FLEET, G. H. *Cocoa and coffee fermentation*. By Taylor & Francis Group, LLC. CRC Press, 2015.
- NETO, J. N. P. et al. Efeito das variáveis ambientais na produção de café. *Coffee Science*, Lavras, v. 9, n. 2, p. 187-195, abr./jun. 2014.
- NETO, P. A. S. P.; AZEVEDO, J. L.; ARAÚJO, W. L. Microrganismos Endofíticos. Interação com plantas e potencial biotecnológico. *Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento*, n. 29, 2002.
- NOBRE, G. W. et al. Alterações químicas do café-cereja descascado durante o armazenamento. *Coffee Science*, Lavras, v. 2, n. 1, p. 1-9, jan./jun. 2007.
- NOGUEIRA, V. S. O agroturismo como forma de inserção da mulher rural no mercado de trabalho: um estudo de caso sobre o município de Venda Nova do Imigrante, Espírito Santo. In: Encontro Nacional de Estudos Populacionais, 14., 2004, Caxambu. *Anais... Caxambu*, 2004.
- NUNEZ, L. O. Narrativas históricas: construção da memória do café no Espírito Santo. *Revista Outras Fronteiras*, Cuiabá, v. 3, n. 1, jan./jun. 2016.
- OLIVEIRA, J. T. *História do Estado do Espírito Santo*. 3. ed. Vitória: Arquivo Público do Estado do Espírito Santo: Secretaria de Estado da Cultura, 2008.
- OLIVEIRA, P. D. et al. Aspectos fisiológicos de grãos de café, processados e secados de diferentes métodos, associados à qualidade sensorial. *Coffee Science*, Lavras, v. 8, n. 2, p. 211-220, abr./jun. 2013.
- ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL CAFÉ. *El despulpado del café por medio de desmucilaginas mecánicas sin proceso de fermentación y su efecto en la calidad de bebida de café producido en la región de Apucarán en el estado de Paraná en Brasil*. [S.l.], 1992.
- PAIM, A (Org.). *História Econômica do Brasil*. Centro de documentação do Pensamento Brasileiro – CDPB, 2011.
- PAVIA, K.; ENGEL, L. *Introduction Laboratory Techniques: Small scale approach*, 1998.
- PEREIRA, G. V. M. et al. Conducting starter culture-controlled fermentations of coffee beans during on-farm wet processing: Growth, metabolic analyses and sensorial effects. *Food Research International* v. 75, p. 348-356, 2015.
- PEREIRA, G. V. M. et al. Isolation, selection and evaluation of yeasts for use in fermentation of coffee beans by the wet process. *International Journal of Food Microbiology*. v. 188, p. 60-66, 2014a.
- PEREIRA, G. V. M.; SOCCOL, V. T.; SOCCOL, C. R. Current state of research on cocoa and coffee fermentations. *Current Opinion in Food Science*, v. 7, p. 50-57, February 2016.

PEREIRA, L. L. et al. Tamanho ótimo do número de Q-Graders de café com uso do protocolo SCAA. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL: ACTUALIDAD Y NUEVAS TENDENCIAS, 9., 2016. *Anais...* Porto Alegre. Outubro 19, 20 y 21, 2016.

PEREIRA, L. L. et al. Los caminos de la qualidade: um estudio sobre la visión de expertos e produtores rurales a respeito e processos y tecnologias. *Ijkem, Int. J. Knowl. Eng. Manage.*, Florianópolis, v. 6, n. 15, jul./out. 2017a.

PEREIRA, L. L. et al. Tamanho ótimo do número de Q-Graders de café com uso do protocolo SCAA. Simposio Internacional de Ingeniería Industrial: Actualidad y Nuevas Tendencias, 9., 2016. Porto Alegre, Brasil. *Anais...* Outubro 19, 20 y 21, 2016.

PEREIRA, L. L. et al. The consistency in the sensory analysis of coffees using Q-graders. *European Food Research and Technology*, v. 243, n. 9, p. 1545–1554, September 2017b.

PEREIRA, M. C. et al. Multivariate analysis of sensory characteristics of coffee grains (*Coffea arabica*L.) in the region of upper Paranaíba. *Acta Scientiarum. Agronomy*, Maringá, v. 32, n. 4, p. 635-641, 2010.

PEREIRA, R. G. F. A. *Efeito da inclusão de grãos defeituosos na composição química e qualidade do café (Coffea arabica L.) “Estritamente Mole”*. 1997. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos)–Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.

PETISCA, C. et al. Furans and other volatile compounds in ground roasted and espresso coffee using headspace solid-phase microextraction: Effect of roasting speed. *Food and Bioproducts Processing*, v. 91, n. 3, p. 233-241, July 2013.

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

PICKENHAGEN, W. et al. Estimation of 2,5-Dimethyl-4-hydroxy-3(2H)-furanone (FURANEOL) in Cultivated and Wild Strawberries, Pineapples and Mangoes. *J. Sci. Food Agric.*, v. 32, p. 1132-1134, 1981.

PONCIANO, N. J.; SOUZA, P. M.; NEY, M. G. *Ajustamentos na cadeia agroindustrial do café brasileiro após a desregulamentação*. 2008. Disponível em: <http://www.ufrj.br/cpda/ideas/revistas/v03/n02/IDeAS-v03_n02-Artigo_NIRALDO_PAULO_e_MARLON.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2016.

PREDY, V. R. *Coffee in health and disease prevention*. Department of Nutrition and Dietetics, King’s College London, UK. Copyright. Elsevier, 2015.

QUARTA, B.; ANESE, M. Furfurals removal from roasted coffee powder by vacuum treatment. *Food Chemistry*, v. 130, p. 610-614, 2012.

QUINTERO, G. I. P. Evaluación de la calidad del café colombiano procesado por vía seca. *Cenicafé*, v. 47, n. 2, p. 85-90, 1996.

- QUINTERO, G. I. P. Influencia del proceso de beneficio en la calidad del Café. *Cenicafé*, v. 50, n. 1, p. 78-88, 1999.
- QUINTERO, G. I. P.; MEJÍA, J. M.; BETANCUR, G. A. O. Microbiología de la fermentación del mucílago de café según su madurez y selección. *Cenicafé*, v. 63, n. 2, p. 58-78, 2012.
- QUINTERO, G. I. P.; MOLINA, J. G. E. Fermentación controlada del café: Tecnología para agregar valor a la calidad. *Avances Técnicos. Cenicafé*. abr. 2015.
- RAMOS, P. H. et al. Produção e caracterização de carvão ativado produzido a partir do defeito preto, verde, ardido (PVA) do café. *Química Nova*, v. 32, n. 5, p. 1139-1143, 2009.
- REINATO, C. H. R. et al. Qualidade do café secado em terreiros com diferentes pavimentações e espessuras de camadas. *Coffee Science*, Lavras, v. 7, n. 3, p. 223-237, set./dez. 2012.
- RENDON, M. Y.; SALVA, T. J. G.; BRAGAGNOLO, N. Impact of chemical changes on the sensory characteristics of Coffee beans during storage. *Food Chemistry*, v. 147, p. 279-286, 2014.
- RIBEIRO, B. B. et al. Avaliação química e sensorial de blends de Coffea Canephora pierre e Coffea Arabica L. *Coffee Science*, Lavras, v. 9, n. 2, p. 178-186, abr./jun. 2014.
- RIBEIRO, L. R. et al. Controlled fermentation of semi-dry coffee (Coffea arabica) using starter cultures: A sensory perspective. *LWT - Food Science and Technology*. v. 82, p. 32, 38, 2017.
- RIKXOORT, H.V. et al. Carbon footprints and carbon stocks reveal climate-friendly coffee production. *Agronomy for Sustainable Development*, 2014. DOI 10.1007/s13593-014-0223-8.
- ROWE, D. J. *Chemistry and Technology of Flavors and Fragrances*. Blackwell Publishing Ltd., 2005.
- SALDAÑA, M. D. A.; MAZZAFERA, P.; MOHAMED, R. S. Extração dos alcalóides: cafeína e trigonelina dos grãos de café com c supercrítico. *Ciência e Tecnologia dos Alimentos*, Campinas, v. 17. n. 4, Dec. 1997.
- SANDHYA, M. V. S. et al. Inoculum of the starter consortia and interactive metabolic process in enhancing quality of cocoa bean (Theobroma cacao) fermentation. *LWT - Food Science and Technology*, v. 65, p. 731-738, January 2016.
- SANTOS, J. A., SIMÃO, J. B. P. Avaliação de conformidade da agricultura do Caparaó Capixaba nos processos de produção integrada visando à certificação de café. *Revista Verde*, Pombal – PB, v. 10, n. 2, p. 261-270, abr./jun. 2015.
- SANTOS, M. A.; CHALFOUN, S. A.; 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 agrotécnica*, Lavras, v. 33, n. 1, p. 213-218, jan./fev. 2009.

- SANTOS, T. M. A. *Diversidade genética de bactérias endofíticas associadas a frutos de café (Coffea arabica L.)*. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola)—Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2008.
- 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, jan./mar. 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, p. 245-255, set./dez. 2011.
- SCHWAN, R. F.; FLEET, G. H. *Cocoa and coffee fermentation*. By Taylor & Francis Group, LLC. CRC Press, 2015.
- SEDIYAMA, G. C. et al. Zoneamento agroclimático do cafeeiro (*Coffea arábica L.*) para o estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Passo Fundo, v. 9, n. 3, Ed. Especial: Zoneamento Agrícola, p. 501-509, 2001.
- SELMAR, D. et al. Germination of Coffee Seeds and its Significance for Coffee Quality. *Plant Biol.* v. 8, p. 260-264, 2006. DOI 10.1055/s-2006-923845.
- SEO, H. S.; LEE, S. Y.; HWANG, Y. Development of sensory attribute pool of brewed Coffee. *Journal of Sensory Studies*, n. 24, 2009.
- SERAPIONI, M. Métodos qualitativos e quantitativos na pesquisa social em saúde: algumas estratégias para a integração. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 5, n. 1, p. 187-192, 2000.
- SHULER, J. D. *Effect of the Presence of the Pericarp on the Chemical Composition and Sensorial Attributes of Arabica Coffee*. Dissertação (Mestrado acadêmico)—Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.
- SILVA, A. S. de et al. Mapping the potential beverage quality of coffee produced in the Zona da Mata, Minas Gerais, Brazil. *J Sci Food Agric*, v. 96, p. 3098-3108, 2016.
- SILVA, C. F. et al. Succession of bacterial and fungal communities during natural coffee (*Coffea Arabica L.*) fermentation. *Food Microbiology*. v. 25, p. 951-957, 2008.
- SILVA, C. F.; BATISTA, L. R.; SCHWAN, R. F. Incidence and distribution of filamentous fungi during fermentation, drying and storage of coffee (*Coffea Arabica L.*) beans. *Brazilian Journal of Microbiology*, v. 39, p. 521-526, 2008.
- SILVA, C. F.; SCHWAN, R. F.; ABREU, L. M. Microbiota de frutos maduros de café (*Coffea Arabica L.*) na fase inicial de secagem. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000. *Anais...* 2000. Disponível em: <http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/spcb_anais/simposio1/Indust26.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2016.
- SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. *Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação*. 3. ed. rev. e atual. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

SILVA, R. F. et al. Qualidade do café-cereja descascado produzido na região Sul de Minas Gerais. *Ciência agrotécnica*, Lavras, v. 28, n. 6, p. 1367-1375, nov./dez. 2004.

SILVEIRA, H. R. P. Variação sazonal de atributos ecofisiológicos e metabólicos de café arábica em três altitudes. Tese (Doutorado em Agronomia)–Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

SIMONSEN, R. C. *História econômica do Brasil: 1500-1820*. Brasília, DF: Senado Federal, Conselho Editorial, 2005. 589 p. (Edições do Senado Federal; v. 34).

SIQUEIRA, H. M.; SOUZA, P. M.; PONCIANO, N. J. Café convencional versus café orgânico: perspectivas de sustentabilidade socioeconômica dos agricultores familiares do Espírito Santo. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 58, n. 2, p. 155-160, mar./abr. 2011.

SISTEMA INTEGRADO DE BASES GEOESPACIAIS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. *Geobases*. 2016. Disponível em: <<http://www.geobases.es.gov.br/portal/>>. Acesso em: 10 abr. 2016.

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 agrotécnica*, Lavras, v. 30, n. 1, p. 112-117, jan./fev. 2005.

SIVETZ, M.; DESROSIER, N. W. Physical and chemical aspects of coffee. *Coffee Technology*, Westpor, p. 527-575, 1979.

SNYDER, L. R.; KIRKLAND, J. J.; DOLAN, J. W. *Introduction to modern liquid chromatography*. 3. ed. John Wiley & Sons, Inc., 2010.

SOMPORN, C. et al. Effect of shading on yield, sugar content, phenolic acids and antioxidant property of coffee beans (*Coffea Arabica* L. cv. Catimor) harvested from north-eastern Thailand. *Journal of Science and Food Agriculture*, v. 92, p. 1956-1963, 2012.

SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICAN. *Protocols*. January, 23, 2013. Disponível em: <<http://www.scaa.org/PDF/resources/cupping-protocols.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2017.

SPEER, K. Lipids. Coffee Recent Developments. In: CLARKE, R. J.; VITZTHUM, O. G. *Blackwell Science*, 2001.

SPERS, E. E.; SAES, M. S. M.; SOUZA, M. C. M. Análise das preferências do consumidor brasileiro de café: Um estudo exploratório dos mercados de São Paulo e Belo Horizonte. *Revista Administração*, São Paulo, v. 39, n. 1, p. 53-61, 2004.

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

TASCÓN, C. E. O. et al. Tecnología de bajo impacto ambiental para el lavado del café en proceso com fermentación natural. *Cenicafé*, v. 65, n. 1, p. 44-56, 2014.

- TRESS, R. et al. Formation of Pyrroles and Tetrahydroindolizin-6-ones as Hydroxyproline-Specific Maillard Products from Erythrose and Arabinose. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 34, p. 347-350, 1986.
- TOMAZ, M. A. et al. *Tecnologia para a Sustentabilidade da Cafeicultura*. Alegre: Caufes, 2011.
- TOPIK, S. The World Coffee Market in the Eighteenth and Nineteenth Centuries, from Colonial To National Regimes. London School of Economics: *Working Papers of the Global Economic History Network*, n. 4, May 2004.
- TOCI, A. T.; FARAH, A. Volatile compounds as potential defective coffee beans' markers. *Food Chemistry*, v. 108, p. 1133-1141, 2008.
- TEIXEIRA, T. D. A expansão estratégica para a cafeicultura brasileira. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DO CAFÉ NO BRASIL, 1., 2002. Anais.... 2002. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/10820/24/166699_Art08f.pdf?sequence=1>. Acesso em: 31 maio 2016.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. *USDA*. Coffee: World Markets and Trade. Foreign Agricultural Service June 2017. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/coffee.pdf>>. Acesso em: 05 jul. 2017.
- UKERS, W. H. *All About Coffee*. Inter-American Copyright Union. By Burr Pirnting House. First Edition, 1922.
- VAAST, P. et al. Fruit thinning and shade improve bean characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea arabica* L.) under optimal conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 86, p. 197-204, 2006. DOI: 10.1002/jsfa.2338.
- VELMOUROUGANE, K. et al. Impact of delay in processing on mold development, ochratoxin-A and cup quality in arabica and robusta coffee. *World Journal Microbiol Biotechnology*, v. 27, p. 1809-1816, 2011.
- VELMOUROUGANE, K. Impact of Natural Fermentation on Physicochemical, Microbiological and Cup Quality Characteristics of Arabica and Robusta Coffee. *Proc. Natl. Acad. Sci., India*, v. 83, n. 2, p. 233-239, 2013.
- VILELA, D. V. et al. Molecular ecology and polyphasic characterization of the microbiota associated with semi-dry processed coffee (*Coffea arabica* L.). *Food Microbiology*, v. 27, p. 1128, 1135, 2010.
- VOILLEY, A.; SAUVAGEOT, F.; SIMATOS, D. Influence of some processing conditions on the quality of coffee brew. *Journal of Food Processing and Preservation*, v. 5, p. 135-143, 1981.
- WANG, X. et al. Effects of Capsule Parameters on Coffee Extraction in Single-Serve Brewer. *Food Research International*. v. 89, Part 1, p. 797-805, November 2016.

WEI, F. et al. Roasting Process of Coffee Beans as Studied by Nuclear Magnetic Resonance: Time Course of Changes in Composition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 60, p. 1005-1012, 2012. dx.doi.org/10.1021/jf205315r.

WINTGENS, J. N. The coffee plant. In: WINTGENS, J. N. (Ed.). *Coffee: growing, processing, sustainable production*. Weinheim: Wiley– VCH Verlag GmbH & Co, KGaA, p. 3-24, 2004.

WU, X.; SKOG, K.; JAGERSTAD, M. Trigonelline, a naturally occurring constituent of green coffee beans behind the mutagenic activity of roasted coffee? *Mutation Research*. v. 391, p. 171-177, 1997.

YAMADA, C. M. *Detecção de microrganismos endofíticos em frutos de café*. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola)–Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 1999.

YU, X. et al. Identification of 2,3 dihydro-3,5-dihydroxy-6methyl-4h-pyran-4-one as a strong antioxidant in glucose-histidine Maillard reaction products. *Food Research International*, v. 51, p. 397-403, 2013.

ZAIDAN, U. R. et al. Ambiente e variedades influenciam a qualidade de cafés das matas de Minas. *Coffee Science*, Lavras, v. 12, n. 2, p. 240-247, abr./jun. 2017.

ZHANG, Y. et al. Preparation and Aroma Analysis of Chinese Traditional Fermented Flour Paste. *Food Science and Biotechnology*, v. 23, n. 1, p. 49-58, 2014. DOI 10.1007/s10068-014-0007-6.

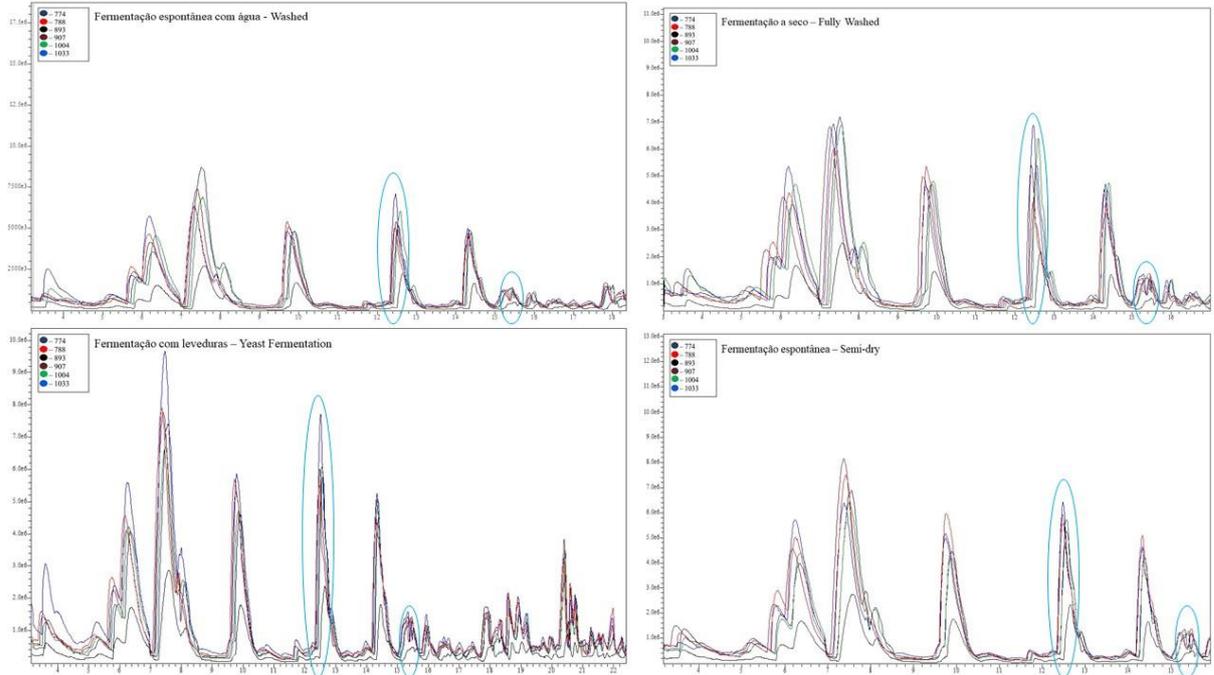
ZHENG, Y. et al. Characterization of the Key Odorants in Chinese Zhima Aroma-Type Baijiu by Gas Chromatography–Olfactometry, Quantitative Measurements, Aroma Recombination, and Omission Studies. *Journal of Agricultura and Food Chemistry*, v. 64, p. 5367-5374, 2016.

ZOCK, P. L.; KATAN, M. B. Hydrogenation alternatives: effects of trans fatty acids and stearic acid versus linoleic acid on serum lipids and lipoproteins in humans. *Journal of Lipid Research*, v. 33, 1992.

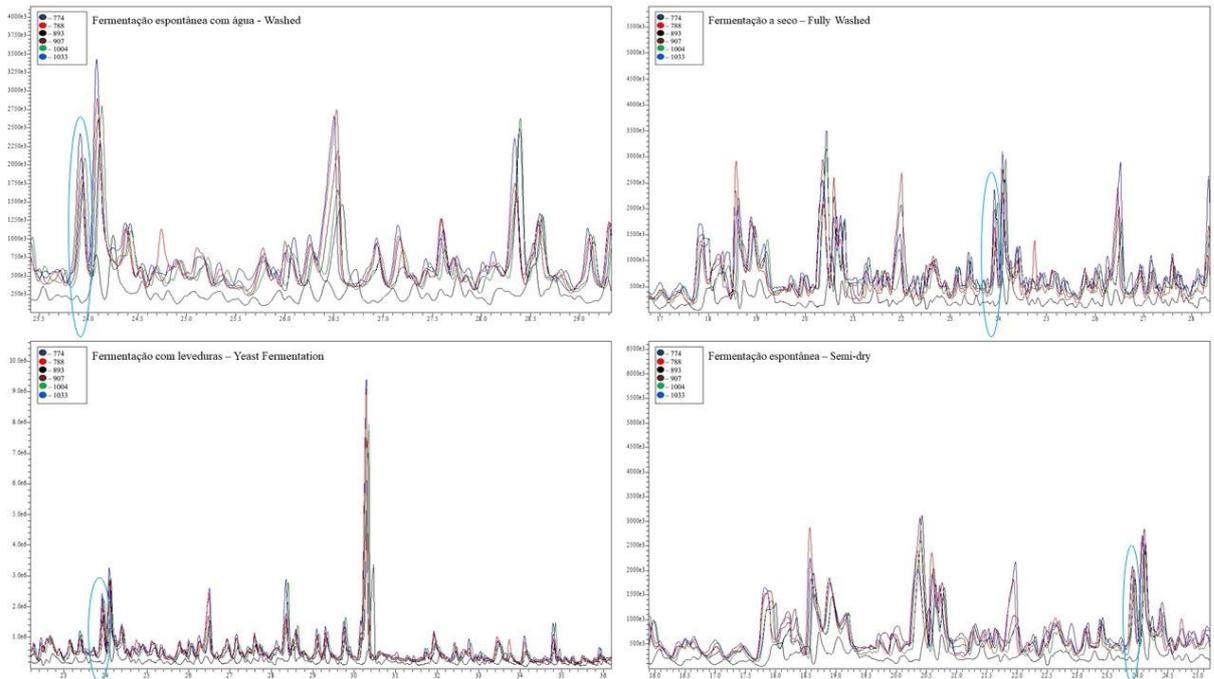
ZYLBERSZTAJN, D. *O Sistema agroindustrial do café*. Porto Alegre: Ortiz, 1993.

ANEXO A – Cromatograma dos compostos oriundos ao método de fermentação espontânea com água – Washed

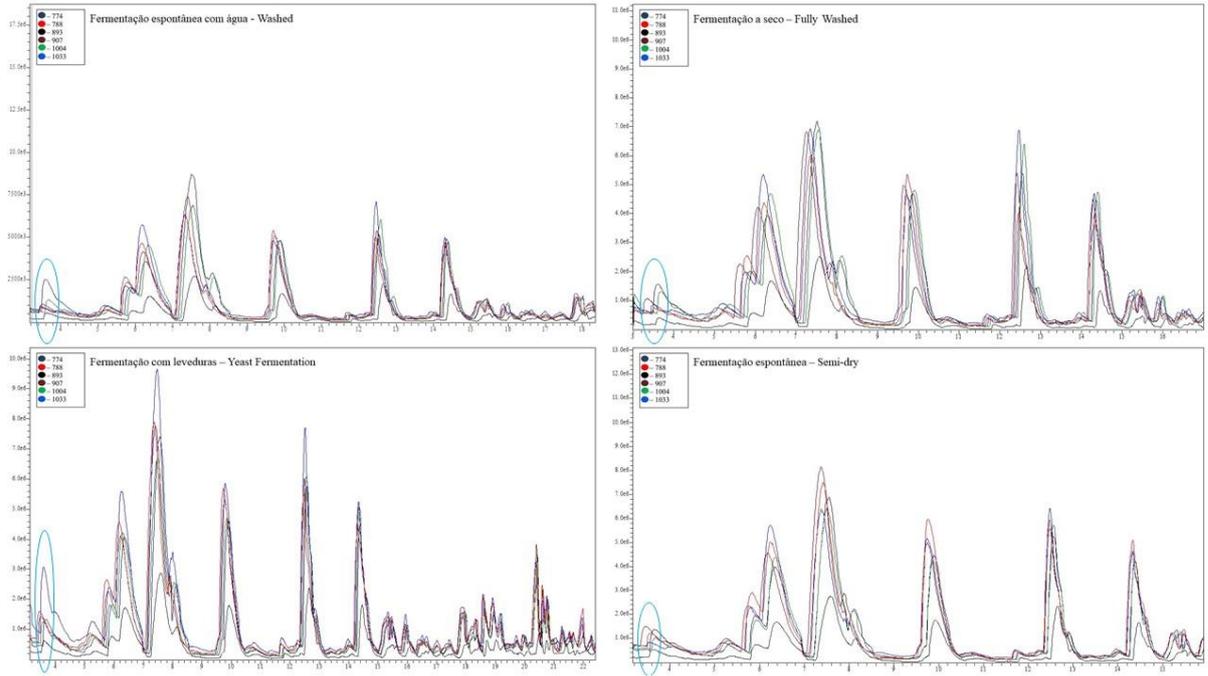
Compostos voláteis relativos aos modelos de regressão da figura 21: 5-metilfurfural e 2-hidroxi-1-metilciclopenten-3-ona



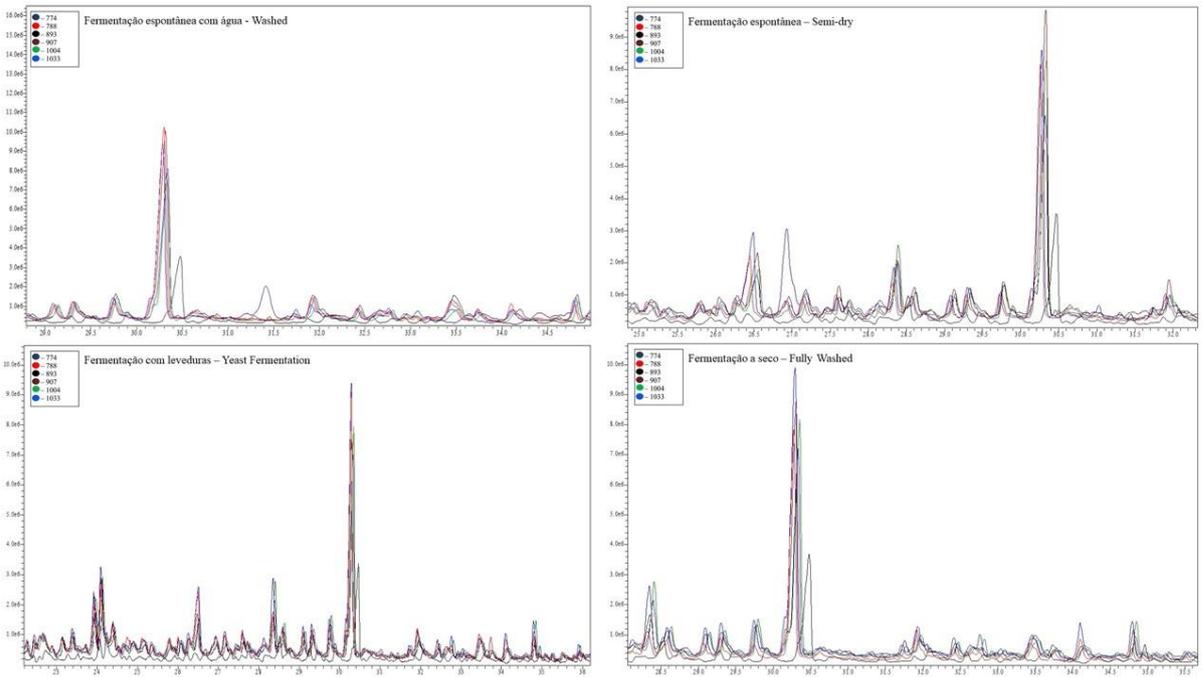
Compostos voláteis relativos aos modelos de regressão da figura 21: N-furfurilpirrole



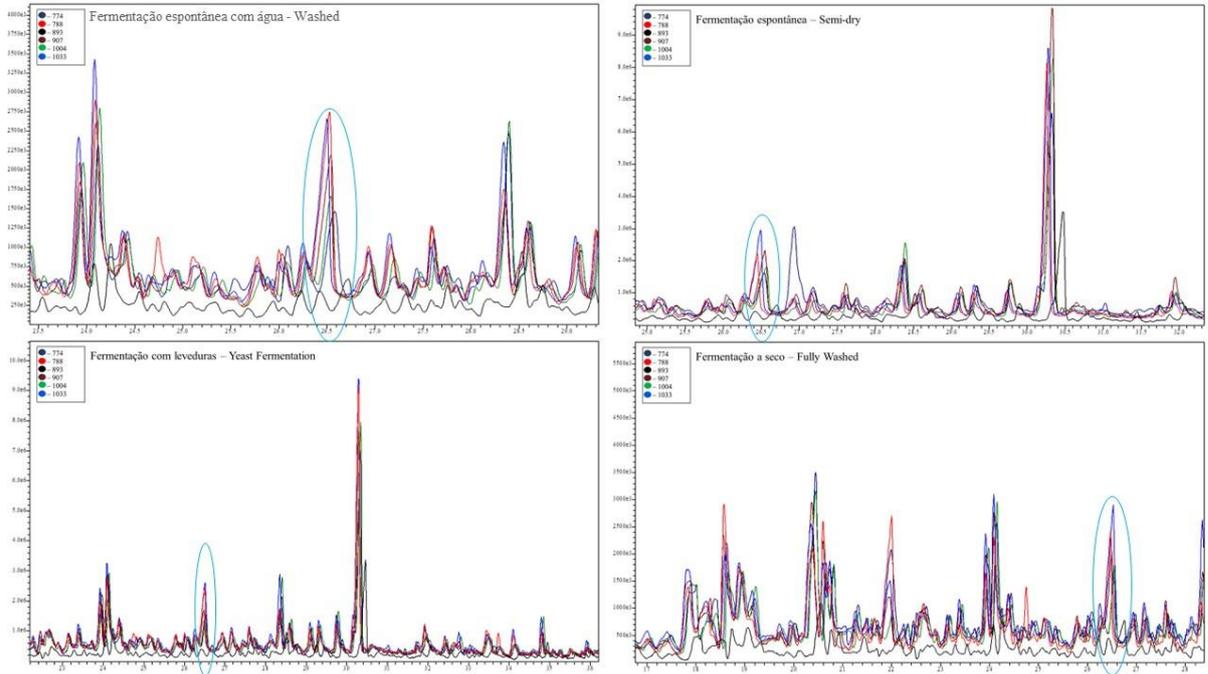
ANEXO B – Composto volátil piridina - tempo de retenção 3,467



Composto volátil - 4-etnil-3-metoxifenol, tempo de retenção 30,28.



ANEXO C – Composto volátil – 5-hidroximetilfuraldeído (tempo de retenção 26,49)



ANEXO D – Artigo *Los caminos de la calidad: um estúdio sobre la visión de [...]*

• IJKEM, INT. J. KNOWL. ENG. MANAGE., v.6, n.15 • FLORIANÓPOLIS, SC • JUL/OUT. 2017 • ISSN 2316-6517 •
 Submissão: 03 abr. 2017. Aceitação: 06 jun. 2017. Sistema de avaliação: às cegas dupla (double blind review).
 UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA (UFSC)
 Patricia de Sá Freire e João Artur de Souza (Ed.), p. 72-89.

LOS CAMINOS DE LA CALIDAD: UN ESTUDIO SOBRE LA VISIÓN DE EXPERTOS Y PRODUCTORES RURALES A RESPETO DE PROCESOS Y TECNOLOGÍAS

LUCAS LOUZADA PEREIRA

*Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. - Universidade
 Federal do Rio Grande do Sul
 Doutorando em Engenharia de Produção,
 lucaslozada@hotmail.com.*

ROGÉRIO CARVALHO GUARÇONI

*Departamento de Estatística - Instituto Capixaba de Assistência Técnica,
 Pesquisa e Extensão
 Doutor em Produção Vegetal.
 rogerio.guarconi@incaper.es.gov.br.*

MARIA AMÉLIA GAVA FERRÃO

*Departamento de Melhoramento Genético - Empresa Brasileira de
 Pesquisa Agropecuária
 Doutora em Melhoramento Genético.
 maria.ferrao@embrapa.br.*

AYMBIRÉ FRANCISCO ALMEIDA DA FONSECA

*Departamento de Melhoramento Genético - Empresa Brasileira de
 Pesquisa Agropecuária
 Doutor em Fitotecnia.
 aymbire.fonseca@embrapa.br.*

CARLA SCHWENGBER TEN CATEN

*. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - Universidade
 Federal do Rio Grande do Sul
 Doutora em Engenharia de Materiais.
 tencaten@producao.ufrgs.br.*

Este artigo pode ser copiado, distribuído, exibido, transmitido ou adaptado desde que citados, de forma clara e explícita, o nome da revista, a edição, o ano, e as páginas nas quais o artigo foi publicado originalmente, mas sem sugerir que a IJKEM endosse a reutilização do artigo. Esse termo de licenciamento deve ser explicitado para os casos de reutilização ou distribuição para terceiros. Não é permitido o uso para fins comerciais.

RESUMEN

Objetivo: La producción de cafés especiales consiste en un arte, que emplea diferentes sistemas de manejo y producción y procesamiento, para obtención de resultados más ventajosos en lo que se refiere a la calidad final del producto. Distintos factores interactúan durante el ciclo de producción siendo, casi siempre, determinantes para la obtención de un producto de mejor calidad o, por otro lado, por su deterioración. Este trabajo objetiva estudiar la percepción cuanto al grado de importancia de diferentes formas y metodologías para producción de cafés especiales, por parte de productores y expertos, en la región serrana del Espírito Santo.

Diseño/ Metodología/ Abordaje: Como metodología para entendimiento de los procesos adoptados por productores e indicados por expertos, fue utilizado un cuestionario con preguntas cerradas, siendo validado por la Estadística Alpha de Cronbach. Después de la validación del instrumento, los datos fueron analizados por el teste de t, para análisis y comparación de los grupos estudiados.

Resultados: Los resultados indican que algunos procesos de producción no poseen homogeneidad entre expertos y productores de cafés especiales, indicando brechas que precisan ser mejores comprendidas y estudiadas. Los constructos cosecha, procesamiento vía húmeda, almacenaje y asistencia técnica se mostraron más homogéneos entre el grupo estudiado, indicando que varias técnicas están enraizadas entre expertos y productores de cafés especiales.

Palabras-clave: métodos de producción. alpha de cronbach. región serrana del espírito santo. cafés especiales.

OS CAMINHOS DA QUALIDADE: ESTUDO NA VISÃO DE ESPECIALISTAS E PRODUTORES RURAIS A RESPEITO DE PROCESSOS E TECNOLOGIAS

RESUMO

Objetivo: A produção de cafés especiais consiste em uma arte, que emprega diferentes sistemas de direção, produção e processamento para a obtenção de resultados mais vantajosos em que se refere à qualidade final do produto. Distintos fatores interagem durante o ciclo de produção, quase sempre, determinantes para a obtenção de um produto de melhor qualidade. Este trabalho objetiva estudar a percepção em relação ao grau de importância de diferentes formas e metodologias para produção de cafés especiais, por parte de produtores e peritos, na região serrana do Espírito Santo.

Design/Metodologia/Abordagem: Como metodologia para o entendimento dos processos adotados por produtores e indícios por peritos, foi utilizado um questionário com perguntas fechadas, sendo validado por estatística Alpha de Cronbach. Após a validação do instrumento, os dados avaliados pelo teste t , para análise e comparação dos grupos estudados.

Resultados: Os resultados indicam que alguns processos de produção não possuem homogeneidade entre especialistas e produtores de cafés especiais, indicando brechas que precisam ser melhor compreendidas e estudadas. Os constructos colheita, processamento via húmida, armazenamento e suporte foram mais homogêneos no grupo estudado, indicando que várias técnicas estão enraizadas entre especialistas e produtores de cafés especiais.

Palavras-chave: métodos de produção. alfa de Cronbach. região serrana do Espírito Santo. cafés especiais.

I INTRODUCCIÓN

Durante los primeros años del siglo XXI, la temática central de prácticamente todos los sistemas productivos ha sido la búsqueda incesante por la producción de productos de mejor calidad, refrendado por normas técnicas específicas, acompañamiento y verificación de procesos productivos, observancia del uso de las llamadas buenas prácticas agrícolas, control de certificaciones, indicaciones geográficas, entre distintos métodos que auxilian todo el proceso productivo, desde la producción propiamente dicha, en el procesamiento hasta el almacenamiento de productos oriundos de la agricultura.

La sociedad contemporánea viene preocupando cada día más con la seguridad alimentar, especialmente con la globalización del mercado y la posibilidad de consumo de productos de distintos orígenes, lo que torna indispensable y primordial el efectivo control de la calidad, considerando las exigencias internacionales impuestas por los consumidores del planeta. Este fato es siempre más importante cuando se trata de producto destinado a la exportación, sin embargo, es también de gran relevancia en el mercado interno, puesto la existencia de esta misma percepción por parte de los consumidores de los productores.

En la producción de cafés de mejor calidad, el escenario no es diferente. Según la perspectiva de la Associação Brasileira da Indústria do Café (Abic, 2015), el preparo de cafés especiales ha crecido en los últimos años, acompañando el aumento en el consumo de los mismos en el orden de 10 a 15% al año, en cuanto el consumo normal crece solo de 1 a 1,5%.

Investigaciones envolviendo factores que interfieren en la calidad de café datan de muchas décadas, como la de Abrahão, Miranda e Abrahão (1976), que registran seis ítems predominantes: uniformidad de maduración de los frutos, variedad, tiempo transcurrido entre la cosecha y el proceso de secado, influencia del primero tratamiento térmico, temperatura y velocidad de secado. En esta misma línea de trabajo, Machado (2005) y Borém (2008) destacan que factores genéticos, ambientales y tecnológicos se relacionan directamente con la calidad, además de microorganismos oriundos de fermentaciones.

En razón de la no uniformidad de maduración de los frutos del café Arábica en la mayoría de las regiones productoras, se recomienda la cosecha selectiva o la cosecha total cuando la labranza se encuentra con aproximadamente 80% de los frutos maduros, seguida por el procesamiento vía húmeda, que posibilita la separación de los frutos maduros y verdes.

Vale resaltar que el procesamiento del café puede ser realizado de dos maneras, denominadas de "vía seca" y "vía húmeda". En el primero caso se mantiene el fruto intacto durante el proceso de secado, que da origen al llamado "café natural". En cuanto el

procesamiento “vía húmeda” puede ser realizado de tres maneras: removiéndose solo la cáscara y parte del mucilago (café CD, denominado cereza descascarillado; removiéndose la cáscara y el mucilago mecánicamente (café desmucilado); o removiéndose la cáscara mecánicamente y el mucilago por medio de fermentación (café despulpado) (Reinato, Borém, Cirillo & Oliveira, 2012).

Cuando hecho correctamente, el procesamiento vía húmeda garante que la calidad intrínseca de los granos de café sea más fácilmente preservada y mantenida por períodos más largos, produciendo cafés más homogéneos y con menos defectos, lo que según Lin (2010) valoriza más el producto.

De esa manera, delante de tantos factores fisiológicos, climáticos, sanitarios y de los distintos sistemas de producción, cosecha y procesamiento, la obtención de cafés especiales requiere que se observen algunos cuidados esenciales, para que, una vez formados los frutos, la calidad de los granos sea preservada, reflejando las características demandadas por el consumidor, que remunera más regiamente los cafés de calidad diferenciada.

Conforme presentado, entender estos procesos se torna primordial para determinación de metodologías que puedan ser simplificadas y estandarizadas, para el desarrollo y fomento de la producción de cafés finos. De esa manera se cuestiona: *¿Cuál la relación de grado de importancia entre los métodos más usuales e indicados para la producción de cafés especiales, del punto de vista de productores y expertos?*¹

Delante de los diferentes condicionantes de las regiones productoras, como el microclima, la topografía, los materiales genéticos, los medios de cosecha, el procesamiento y el secado que cada agricultor adopta en su día a día, se torna complejo asociar y controlar los factores de mayores impactos en la garantía y manutención de la calidad final del producto. Para tanto, es de fundamental importancia investigaciones aplicadas relacionadas a esta temática para que puedan servir de referencia a los productores o futuros productores de este tipo de café en la región Serrana del Espírito Santo.

Este trabajo objetiva estudiar y cuantificar la percepción cuanto al grado de importancia de diferentes formas y metodologías para producción de cafés especiales, por parte de productores y expertos, de manera a evaluar si hay consistencia entre las prácticas agrícolas recomendadas y el nivel de aceptación de los productores de cafés especiales sobre los mismos.

¹ Expertos se refieren en este trabajo a los probadores, Q-Grader, baristas y coffee hunters de cafés especiales que actúan como consultores de calidad en las regiones productoras de café en la región Serrana del ES.

2 MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 PLANEAMIENTO EXPERIMENTAL

Este estudio fue realizado en Espírito Santo con la participación de 19 expertos y 19 productores de cafés finos de la región Serrana del Estado. Siendo el estudio conducido en la zona de producción de cafés arábicas especiales, dada las características de la propia región. Los productores participantes de la investigación hacen parte del cuadro de asociados de la Cooperativa de Cafés Especiales, Pronova. Y los expertos fueron profesionales (probadores de café, *Q-Graders*², baristas y *coffee hunters*³ de cafés especiales), los expertos encuestados poseen más de 10 años de experiencia con el mercado de cafés especiales.

2.2 RECOLECTA DE DATOS

En la recolecta de datos, fue utilizada la aplicación de un cuestionario impreso con cuestiones cerradas, en escala ordinal, que, según Malhotra (2006), posibilita determinar si un objeto/proceso posee determinada característica en mayor o menor grado de que otro objeto. De esa forma, fue utilizada escala de 0 a 10, constituida de cuestiones referentes a factores que intervienen en la calidad del café como bebida, a ser analizados por los entrevistados, los cuales fueron abordados en sus respectivos ambientes de trabajo y todas las preguntas fueron lidas con ellos, de manera que fuese posible captar sus opiniones, conforme la estructura propuesta en el cuestionario.

El cuestionario tuvo su origen en los levantamientos bibliográficos y en la experiencia de los investigadores. Después de esa etapa, los principales tópicos fueron organizados en constructos que posteriormente fueron utilizados para la creación del cuestionario dividido en los nueve constructos: cosecha; procesamiento; procesamiento vía húmeda; aceleración y secado; almacenaje; faz del suelo; prueba del café; y asistencia técnica.

2.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICAS

Para validación del cuestionario fue utilizado el cálculo del Alpha de Cronbach, de manera que fuese posible averiguar la validez de las 36 preguntas, bien como los nueve constructos

² Q-Grader: El Instituto de Calidad del Café (CQI) diseñó el programa Q Grader para crear un cuerpo experto y creíble de cucharones de café Arábica especiales. El papel de estos probadores es evaluar de manera consistente y precisa la calidad del café, tanto en copa cuanto en grado.

³ *Coffee Hunter*: son profesionales que buscan cafés exóticos y utilizan conocimientos y técnicas científicas para realizar sus investigaciones. Estos profesionales soportan tanto a productores cuanto a empresas importadoras de cafés especiales.

referentes a los métodos de producción y control de calidad. Para el cálculo de los ítems y constructos, fue utilizado el software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) 22.

El coeficiente Alpha de Cronbach fue presentado por Lee J. Cronbach, en 1951, como una forma de estimar la confiabilidad de un cuestionario aplicado en una investigación. El alfa mide la correlación entre respuestas en un cuestionario por medio del análisis del perfil de las respuestas dadas por los respondientes. Se trata de una correlación media entre preguntas. Puesto que todos los ítems de un cuestionario utilizan la misma escala de medición, el coeficiente α es calculado a partir de la variancia de los ítems individuales y de la variancia de la suma de los ítems de cada evaluador. Para aumentar la confiabilidad, se realizó la estandarización de los datos mediante la siguiente ecuación.

$$\alpha = \left(\frac{k}{k-1} \right) \times \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k s_i^2}{s_t^2} \right)$$

Donde:

α coeficiente *Alpha de Cronbach*

k corresponde al número de ítems (preguntas) del cuestionario;

S_i^2 corresponde a variancia del i -ésimo ítem (i, \dots, k);

S_t^2 corresponde a variancia total T_j de cada individuo j en los k ítems (Hora, Monteiro, & Arica 2010).

Posteriormente se realizó la comparación entre los dos grupos, expertos y productores, analizando el experimento en el delineamiento enteramente al acaso, con 02 tratamientos (expertos y productores) y diecinueve repeticiones. La media de los tratamientos fue comparada por el teste t a 5% de probabilidad.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 ANÁLISIS DE LOS CONSTRUCTOS DEL CUESTIONARIO DE PESQUISA

La confiabilidad de la metodología (cuestionario) empleada en la coleta de datos junto a los expertos y productores entrevistados, con la utilización del total de preguntas (36), fue elevada ($\alpha = 0,745$ y $\alpha' = 0,777$), o sea, más de 55% (Tabla 1).

En las particiones de los resultados por constructo (Tabla 2), se verificó bajos niveles de confiabilidad para algunos, como cosecha, procesamiento y secado. En estos constructos se

realizó la retirada de algunos ítems, con el objetivo de estudiar su contribución. Encontró mejoras importantes en la confiabilidad de los datos con la exclusión de los ítems 03 (α 0,227), 09 (α -1,068) y 14 (α 0,368).

Tabla 1. Fiabilidad total y parcionada por construcciones de la metodología de evaluación de la producción de cafés especiales llevadas a cabo por expertos y productores a través de la estadística alfa de Cronbach con el uso de todas las variables (33) y ajust

Constructo	<i>Alfa de Cronbach</i> (α)	Observación	Novo α con la exclusión de variables
Cosecha	0,227	Exclusión variable 03 o mejora del constructo	0,379
Procesamiento 1	0,824	Nivel de saturación, confiabilidad alta	0,923
Procesamiento 2	-1,068	Exclusión de la variable 09	0,576
Secado	0,368	Exclusión de la variable 14.	0,422
Aceleración del Secado	0,638	Confiabilidad aceptable	0,714
Almacenamiento	0,463	Confiabilidad aceptable	0,666
Superficie del suelo	0,686	Confiabilidad alta.	0,814
Análisis sensorial	0,421	Confiabilidad aceptable	0,570
Asistencia técnica	0,803	Confiabilidad alta.	0,803

Fonte: Autores

Para Hora et al. (2010), el cuestionario debe estar dividido y agrupado en dimensiones que tratan de un mismo aspecto. De esa manera, los datos presentados en la Tabla 2 siguen los parámetros, con las dimensiones de la investigación, siendo que el mecanismo de confiabilidad indica que de las nueve dimensiones, solo dos están abajo del aceptable por la literatura, sin embargo, en análisis general, el índice del *Alfa de Cronbach* corrobora con la confiabilidad del instrumento $\alpha_{cronbach} \geq 0,777$.

Partiendo de la necesidad de validación del instrumento de investigación, después de la exclusión de las variables, se logró un nuevo índice de validación de la confiabilidad del cuestionario. Bajo este nuevo índice y con los 30 ítems del cuestionario, se realizó la comparación de los dos grupos de evaluadores (*expertos y productores*).

3.2 ANÁLISIS DE LOS GRUPOS DEL EXPERIMENTO POR EL TESTE DE T

Para mejor entendimiento de las condiciones investigadas, el cuestionario fue dividido en constructos y sus respectivas preguntas. Los resultados son presentados por constructo de manera separada.

En la Tabla 2 se encuentran los resultados entre los grupos estudiados en el constructo cosecha. Se observó que el único punto que presenta diferencia estadística entre los grupos fue la dimensión “cosecha semi mecanizada”. Las opiniones divergen en este quesito; este resultado puede ser entendido por el hecho de que los productores de cafés especiales priman por la cosecha manual y selectiva, o hasta mismo el desrasponado manual en lona. En algunos casos, la cosecha semi mecanizada no es tan adoptada en la región Serrana de Espírito Santo por aún existir la comprensión de que las máquinas deshojan las plantas de manera drástica, muchas veces ocasionada por el uso inadecuado de las maquinas.

Tabla 2. Medias de las evaluaciones de impactos de las metodologías de producción de cafés especiales realizadas por expertos e productores, bajo el constructo cosecha

<i>Constructo Cosecha</i>	Media ⁽¹⁾	
	<i>Expertos</i>	<i>Productores</i>
Cosecha manual y selectiva	8,89 a	9,32 a
Cosecha semi mecanizada	8,63 a	6,00 b
Cosecha con desrasponador en la lona	7,21 a	8,21 a
Cosecha hecha en dos pasajes en los pies de café	8,00 a	8,37 a

⁽¹⁾ Las medias de las evaluaciones realizadas por los especialistas y por los productores seguidas por la misma letra en la línea no difieren por el teste t, a 5% de probabilidad.

Fonte: Autores

Barbosa, Salvador e Silva (2005) midieron el desarrollo de los cosechadores utilizando desrasponadores mecánicos. Según los autores, al medirse el deshoje de los pies de café se observó que la misma fue semejante para ambas las modalidades (manual y semi mecanizada). Sin embargo, tenga rompido cuatro veces más ramos primarios y secundarios que en la cosecha manual, el sistema de desrasponado de café mecanizado presenta desempeño operacional superior al sistema de desrasponado de café manual, con mejores resultados atribuidos a los desrasponadores, con frecuencia superior a 50 Hz, para labranzas con menor densidad de ramas.

El según constructo, inherente al procesamiento (Tabla 3), presenta distinciones estadísticas entre todos los aspectos. Es sabido que el procesamiento es una etapa delicada en la producción de cafés especiales, este hecho corrobora que el toque especial que cada productor da a su

producto puede ser un diferencial importante, fundamental a los productores artesanales, lo que hace con que cada producto sea único (Silveira & Heinz, 2015).

Tabla 3. Medias de las evaluaciones de impactos de las metodologías de producción de cafés especiales realizadas por expertos y productores, bajo el constructo procesamiento

<i>Constructo Procesamiento</i>	Media ⁽¹⁾	
	<i>Expertos</i>	<i>Productores</i>
Procesamiento del café en el mismo día de la cosecha	2,58 b	9,37 a
Procesamiento del café dos días después de la cosecha	8,16 a	5,32 b
Procesamiento del café tres días después de la cosecha	5,63 a	3,37 b

⁽¹⁾ Las medias de las evaluaciones realizadas por los especialistas y por los productores seguidas por la misma letra en la línea no difieren por el teste t, a 5% de probabilidad.

Fonte: Autores

De esa manera, cada productor posee su percepción en relación al procesamiento, en términos de valor absoluto: la primera pregunta del constructo 2 indica que productores de cafés especiales tienden a procesar los cafés en el mismo día, dado que el volumen de café en las propiedades de la región Serrana de Espírito Santo puede ser considerado bajo, en comparación a demás regiones productoras de Brasil. Para los expertos, el procesamiento no precisa ocurrir necesariamente en el primero día, caracterizando ser ese el principal punto de discordancia. Es preciso resaltar que los productores de cafés especiales tienen la información técnica de los cuidados en el procesamiento para evitar fermentaciones indeseables a la calidad final del producto.

En el constructo procesamiento vía húmeda (remoción de la cáscara), los resultados indican diferencia en solo un punto (Tabla 4). El primer punto en cuestión indicó diferencia estadística entre “Procesamiento vía húmeda removiéndose solo la cáscara y parte del mucilago, denominado cereza descascarillado (CD).” Para Teixeira, Matos e Rossmann (2010), el procesamiento vía húmeda ha traído mejorías a la producción de cafés especiales, y que esa mejoría en la calidad puede ser explicada por la remoción de la cáscara y del mucilago, sin embargo, según Reinato *et al.* (2012), muchos productores haciendo uso de la tecnología de procesamiento vía húmeda (descascarillado) no han conseguido attingir la calidad requerida. Algunos expertos y productores creen que la remoción del mucilago presenta la desventaja de impedir que características deseables sean transmitidas del mucilago para el grano.

PEREIRA, GUARÇONI, FERRÃO, FONSECA E CATEN

Tabla 4. Medias de las evaluaciones de impactos de las metodologías de producción de cafés especiales realizadas por expertos y productores, bajo el constructo procesamiento vía húmeda

<i>Procesamiento Vía húmeda</i>	Media ⁽¹⁾	
	<i>Expertos</i>	<i>Productores</i>
Procesamiento vía húmeda Semi dry (CD).	5,84 b	7,37 a
Procesamiento vía húmeda Fully Washed (sin mucílago).	8,89 a	8,84 a
Procesamiento vía húmeda Washed (Fermentado en caja).	8,26 a	7,73 a

⁽¹⁾ Las medias de las evaluaciones realizadas por los especialistas y por los productores seguidas por la misma letra en la línea no difieren por el teste t, a 5% de probabilidad.

Fonte: Autores

Bajo el constructo aceleración y secado, los ítems divergen en tres de los cinco aspectos estudiados, todos relacionados al secado en terreros (Tabla 5), destacando que los expertos consideran el secado en terreros suspensos, sin invernadero un hecho muy negativo para el alcance de calidad. Las opiniones distintas entre expertos y productores, a respecto de distintas maneras de secado pueden ser reforzadas en razón de las características de la caficultura de montaña. Según Frederico (2014), el predominio del plantío de montaña torna el café un *commodity* singular: dificulta la producción en larga escala en virtud de la dificultad de mecanización, sin embargo, confiere algunos *status* diferenciados cuanto a los procesos de producción. El secado de café es tradicionalmente realizado en terreros, utilizando la energía solar y el movimiento natural del aire para la remoción del agua, o en secadores mecánicos que usan aire forzado calentado, a distintas temperaturas (Oliveira, Borém, Isquierdo, Giomo, Lima, & Cardoso, 2013). Entre las formas de secado, la mayor parte de los caficultores hace uso de la manera convencional, siendo el terrero un proceso lento y con riesgo de daños a la calidad, por la presencia microbiana (Santos, Chalfoun, & Pimenta, 2009).

Tabla 5. Medias de las evaluaciones de impactos de las metodologías de producción de cafés especiales realizadas por expertos y productores, bajo el constructo aceleración y secado

<i>Constructo Aceleración y secado</i>	Media ⁽¹⁾	
	<i>Expertos</i>	<i>Productores</i>
Secado en terreros suspensos - sin invernadero	2,53 b	7,74 a
Secado en terreros con invernadero	6,68 b	9,26 a
Secado en terreros suspensos con invernadero	7,74 b	9,47 a
Secado mecánico horizontal	8,26 a	8,05 a
Secado mecánico vertical	7,79 a	6,47 a

⁽¹⁾ Las medias de las evaluaciones realizadas por los especialistas y por los productores seguidas por la misma letra en la línea no difieren por el teste t, a 5% de probabilidad.

Fonte: Autores

Tabla 6. Medias de las evaluaciones de impactos de las metodologías de producción de cafés especiales realizadas por expertos y productores, bajo el constructo almacenamiento del café

<i>Constructo Almacenamiento del café dentro de la propiedad</i>	Media ⁽¹⁾	
	<i>Expertos</i>	<i>Productores</i>
Almacenamiento en graneros de madera con sacaría de plástico	2,63 b	8,58 a
Almacenamiento en graneros de madera con sacaría de yute	7,53 a	8,58 a
Almacenamiento en graneros de albañilería con sacaría de plástico	8,16 a	6,84 a
Almacenamiento en graneros de albañilería con sacaría de yute	7,47 a	7,11 a

⁽¹⁾ Las medias de las evaluaciones realizadas por los especialistas y por los productores seguidas por la misma letra en la línea no difieren por el teste t, a 5% de probabilidad.

Fonte: Autores

Bajo el constructo almacenamiento del café (Tabla 6), comúnmente en la región Serrana de Espírito Santo, los productores acondicionan los lotes de cafés en sacarías de plástico, esperando la conclusión de la zafra para procesamiento e acondicionamiento en sacos de yute, lo que puede explicar la diferencia significativa de opinión y baja confiabilidad de los expertos cuanto al ítem almacenamiento en graneros de madera con sacaría de plástico.

Para Nobre, Borém, Fernandes e Pereira (2007), el almacenamiento del café en Brasil es tradicionalmente efectuado en sacos de yute de 60 kg, que son dispuestos en almacenes donde se ejercen poco o ningún control sobre el ambiente. Durante el almacenamiento, los granos tienen su color alterada con el prolongamiento del tiempo de almacenaje, pasando de la tonalidad verde azulada, característica del producto de buena calidad, a la coloración marrón clara y blanquecina, fenómeno conocido como “blanqueamiento” (Júnior y Correa, 2003), causado en algunos casos por el almacenamiento en sacarías de plástico. Adicionalmente, se conoce que el almacenamiento en las pequeñas propiedades no sigue adecuado control de calidad en razón de falta de informaciones o de las propias limitaciones cuanto a la disponibilidad de recursos para construcción de infraestructuras específicas para el almacenamiento.

Bajo el constructo Faz de exposición de la labranza ante el sol (Tabla 7), los grupos estudiados divergen en 3 de los 4 puntos abordados, o sea, solamente hay concordancia en el ítem “faz del suelo Noruega” (terrenos frescos y con poca captación solar). Muchos abordajes de la literatura discuten esa cuestión. Para Guyot, Gueule, Manez, Perriot, Giron e Villain (1996), la altitud y sombreado se relacionan con el crecimiento de las plantas y maduración de los frutos y estos con la calidad.

Tabla 7. Medias de las evaluaciones de impactos de las metodologías de producción de cafés especiales realizadas por expertos y productores, bajo el constructo Faz del suelo

<i>Constructo Faz de Suelo</i>	Media ⁽¹⁾	
	<i>Expertos</i>	<i>Productores</i>
Faz del suelo sombreada en floresta plantada	2,58 b	8,47 a
Faz del suelo soleado	8,21 a	7,63 b
Faz del suelo semi soleado	6,84 b	8,26 a
Faz del suelo Noruega (terrenos frescos y con poca captación solar)	6,89 a	8,05 a

⁽¹⁾ Las medias de las evaluaciones realizadas por los especialistas y por los productores seguidas por la misma letra en la línea no difieren por el teste t, a 5% de probabilidad.

Fonte: Autores

Los sistemas de producción predominantes en Brasil, después de la década de sesenta, priorizaran los plantíos solteros y productividades elevadas, en detrimento de sistemas sombreados (Botero, Martines, & Santos, 2006).

Para el sistema de producción de café, el manejo orgánico y la arborización tienen sido abordados como alternativas para la sustentabilidad de cultivo, principalmente, para los pequeños productores (Neto & Matsumoto, 2010).

De esa manera, es importante caracterizar las áreas y zonas de producción conforme tales especificaciones, puesto que la caficultura de montaña con aporte familiar tiende a permitir la diversificación de los sistemas productivos.

En el constructo calidad y análisis sensorial, los grupos estudiados divergen en 2 aspectos entre los 3 levantados, siendo que las diferencias ocurren en puntos relevantes cuanto al acompañamiento de la calidad del café (Tabla 8).

El método de la prueba de tazas es considerado subjetivo, una vez que no considera en muchos casos análisis refinadas en la parte físico química, que podrían dar mayor seguridad a probadores y productores cuanto a los resultados sobre la calidad.

En el comercio de café, los procedimientos de degustación son utilizados para la negociación del *commodity*, llevando como base la calidad de la bebida, que es descrita por los probadores, utilizando opinión personal y experiencia de degustación acumulada a lo largo de los años (Feria-Morales, 2002). A pesar del proceso de análisis sensorial descriptiva ser ampliamente utilizado en el mundo, para Di Donfrancesco, Guzman e Chambers (2014) esto no se constituye en el mejor método de evaluación de la calidad del café, en razón de una gama de factores que interfieren en el proceso de degustación.

Tabla 8. Medias de las evaluaciones de impactos de las metodologías de producción de cafés especiales realizadas por expertos y productores, bajo el constructo análisis sensorial

<i>Constructo Análisis sensorial</i>	Media (1)	
	<i>Expertos</i>	<i>Productores</i>
Probar los cafés después de reunir cierto volumen, de acuerdo con la cosecha	9,47 a	7,74 b
Probar los lotes de café solamente con base en las divisiones de las parcelas de las labranzas	7,95 a	7,05 a
Probar los lotes de café solamente después del procesamiento final en el momento de la comercialización	6,79 a	5,00 b

⁽¹⁾ Las medias de las evaluaciones realizadas por los especialistas y por los productores seguidas por la misma letra en la línea no difieren por el teste t, a 5% de probabilidad.

Fonte: Autores

Cuánto al constructo recién abordado, los dos grupos divergen sobre la manera y la cantidad de veces que el café debe ser probado durante la zafra. En la región Serrana de Espírito Santo, los productores comúnmente producen micro lotes. Cuando adoptada esa estrategia, es rutinario que ellos hagan acompañamiento detallado de los cafés, siendo que los productores que están más lejos de los centros urbanos tengan más dificultad en realizar el acompañamiento detallado de cada lote producido después de la conclusión del secado.

Tabla 9. Medias de las evaluaciones de impactos de las metodologías de producción de cafés especiales realizadas por expertos y productores, bajo el constructo Asistencia Técnica

<i>Constructo Asistencia Técnica</i>	Media (1)	
	<i>Expertos</i>	<i>Productores</i>
Asistencia periódica de probadores de café	0,89 b	9,37 a
Asistencia periódica por extensionistas o técnicos	9,16 a	8,84 a
Día de campo para visualización de novas tecnologías	8,42 a	9,05 a
Manuales e normas técnicas para producción de cafés especiales	9,00 a	8,63 a

⁽¹⁾ Las medias de las evaluaciones realizadas por los especialistas y por los productores seguidas por la misma letra en la línea no difieren por el teste t, a 5% de probabilidad.

Fonte: Autores

Por último, en el constructo asistencia técnica, los grupos divergen en el ítem “asistencia periódica de probadores de café” (Tabla 9), lo cual fue puntuado como de baja confiabilidad para los expertos. Tal divergencia corrobora con el hecho de los probadores muchas veces no poseyeren formación agronómica o conocimientos técnicos específicos relativos al proceso

productivo. La mayoría de los integrantes del grupo expertos presentan conocimientos amplios en la metodología final de la prueba de taza relacionada a los métodos de preparo, torrefacción y molienda de la producción. Siendo estos actores muy prendidos a cuestiones particulares de la calidad de los cafés especiales.

Para Guivant (1997), la extensión rural posee función educativa en las poblaciones rurales, siendo este papel fundamental para la transferencia del conocimiento. Una parcela considerable de la tecnología agrícola es un bien público, generado principalmente por las instituciones gubernamentales de investigación. Cuando bien sucedidas, los resultados de las actividades de investigación benefician la sociedad (Bonelli y Pessôa, 1998). De esa manera, es posible suponer que la asistencia técnica se constituye presente y activa en el acompañamiento de la calidad, conforme datos de la Tabla 9, donde los actores no divergen cuanto a las técnicas usualmente implementadas por diferentes instituciones que lidian con investigaciones y extensión en el territorio local. Según Nienwenhuis (2002), los agricultores vienen innovando su proceso productivo, alcanzando calidad y contribuyendo para el desarrollo del Agronegocio rural local. Adicionalmente, añade que los agricultores de suceso precisan buscar innovaciones técnicas en vez de dependeren de los gobiernos locales.

En esa línea de análisis, la organización productiva alrededor de la calidad se constituye en acción que extrapola los límites de las discusiones académicas, teniendo en vista que la gran multiplicidad de los resultados de investigaciones científicas, acciones técnicas y sociales implementadas por la academia y por instituciones de investigación está consiguiendo atngir sus objetivos cuanto a la producción de cafés especiales.

Los constructos mencionados en este artículo discuten tecnologías básicas en lo que se refiere a la producción de cafés especiales, siendo que, de los 30 ítems mensurados, 15 presentaron diferencias estadísticas en la opinión de los grupos estudiados. Se constituye como presupuestos, que estos puntos son técnicas o procesos que aún no están totalmente difundidos o resueltos entre expertos y productores de café especial.

4 CONCLUSIONES

El instrumento de investigación utilizado para abordaje de campo posee consistencia estadística, siendo validado vía Alpha de Cronbach, con nivel de confiabilidad alta.

No hay homogeneidad sobre la consistencia de las respuestas en las opiniones de los productores y expertos a respeto del mejor método de producción para cafés especiales cuanto a los constructos procesamiento, secado, faz del suelo, siendo que cada productor o especialista posee sus indicaciones. Ese posicionamiento divergente indica una necesidad de profundización y

explotación en ese campo, de manera que se posibilite el real entendimiento de los factores que pueden determinar la calidad en la producción de cafés especiales en la región Serrana de Espírito Santo.

Los constructos cosecha, procesamiento vía húmeda, almacenaje y asistencia técnica se mostraron más homogéneos entre el grupo estudiado, indicando que varias técnicas están sedimentadas entre expertos y productores de cafés especiales.

La producción de cafés especiales en zonas montañosas posee particularidades que deben ser observadas y estudiadas, respetando y preservando las características regionales y culturales cuanto a los procesos productivos.

Sin embargo existan distintas opiniones entre expertos y productores, se quedó evidenciado en el estudio que los vacíos existentes entre las opiniones de estos actores se pueden constituir en un nuevo objeto de estudio, considerando las eventuales variables observadas, para que se pueda extraer más informaciones de manera a generar más valor en la cadena de producción de cafés especiales, tanto para productores cuanto para consumidores, Q-Graders, coffee hunters, baristas, importadores y los propios productores.

Como investigaciones futuras, se queda evidente la necesidad de capturar las percepciones finales del mercado y como esas relaciones podrían agregar más valor al mercado de cafés especiales.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al CNPq, al Instituto Federal do Espírito Santo y a Universidade Federal do Rio Grande do Sul por el apoyo financiero e institucional para la realización de la investigación.

REFERENCIAS

- Abrahão, I. C., Miranda, L. R. F., & Abrahão, J. T. M. (1976). Aplicação da cristalização seletiva na determinação da qualidade da bebida do café. *Anais E.S.A. Luiz Queiroz*. Faculdade de Engenharia de Alimentos – ESALQ – Volume XXXIII.
- Associação Brasileira da Indústria do Café. (2015). Recuperado en november 01, 2015, de <http://www.abic.com.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=61#1910>
- Barbosa, J. A., Salvador, N., & Silva, F. M. (2005). Desempenho operacional de derrçadores mecânicos portáteis, em diferentes condições de lavouras cafeeiras. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental*, 9(1), 129-132.

- Bonelli, R., & Pessôa, E. P. (1998). O papel do Estado na pesquisa agrícola no Brasil. *Textos para discussão*, 576. Rio de Janeiro: IPEA.
- Borém, F. M. (2008). Processamento do café. In: F. M. Borém (Org.). *Pós-colheita do café* (cap. 5, p. 129-158). Lavras: UFLA.
- Botero, C. J., Martines, H. E., & Santos, R. H. S. (2006). Características do café (*coffea arabica* L.) sombreado no norte da América Latina e no Brasil: análise comparativa. *Coffee Science*, 1(2), 94-102.
- Di Donfrancesco, B., Guzman, N. G., & Chambers, E. (2014). Comparison of results from cupping and descriptive sensory analysis of Colombian brewed coffee. *Journal of Sensory Studies*, 29, 301-311.
- Feria-Morales, A. M. (2002). Examining the case of green coffee to illustrate the limitations of grading systems/expert tasters in sensory evaluation for quality control. *Food Quality and Preference*, 13, 355-367.
- Frederico, S. (2014). Globalização, competitividade e regionalização: a cafeicultura científica globalizada no território brasileiro. *Geosp – Espaço e Tempo (Online)*, 18(1), 55-70.
- Guivant, J. S. (1997). Heterogeneidade de conhecimentos no desenvolvimento rural sustentável. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, 14(3), 411-446.
- Guyot B., Gueule D., Manez J. C., Perriot J. J., Giron J., & Villain L. (1996). *Influence de l'altitude et de l'ombrage sur la qualité des cafés Arabica*. Juillet. Août, Plantations, recherche, développement.
- Hora, H. R. M., Monteiro, G. T. R., & Arica, J. (2010). Confiabilidade em Questionários para Qualidade: Um Estudo com o Coeficiente Alfa de Cronbach. *Produto & Produção*, 11(2), 85-103.
- Junior, P. C. A., & Corrêa, P. C. (2003). Influência do tempo de armazenagem na cor dos grãos de café pré-processados por “via seca” e “via úmida”. *Ciência e agrotecnica*, 27(6), 1268-1276.
- Lin, C. C. (2010). Approach of Improving Coffee Industry in Taiwan-Promote Quality of Coffee Bean by Fermentation. *The Journal of International Management Studies*, 5(1).
- Machado, M. C. (2005). *Viabilidade da técnica de imersão para armazenagem temporária de frutos de café*. Tese de doutorado, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa.
- Malhotra, N. K. (2006). *Pesquisa de Marketing: Uma orientação aplicada* (4a ed). Porto Alegre: Bookman.
- Neto, F. L. M., & Matsumoto, S. N. (2010). Qualidade do solo e nutrição de plantas em sistemas de produção de café (*Coffea arabica* L.). *Coffee Science*, 5(3), 206-213.
- Nienwenhuis, L. F. F. (2002). Innovation and Learning in Agriculture. *European Journal of Training and Development*, 26, 6/7. ABRI/INFORM.

- Nobre, G. W., Borém, F. M., Fernandes, S. M., & Pereira, R. G. F. A. (2007). Alterações químicas do café-cereja descascado durante o armazenamento. *Coffee Science*, 2(1), 1-9.
- Oliveira, P. D., Borém, F. M., Isquierdo, E. P., Giomo, G. S., Lima, R. R., & Cardoso, R. A. (2013). Aspectos fisiológicos de grãos de café, processados e secados de diferentes métodos, associados à qualidade sensorial. *Coffee Science*, 8(2), 211-220.
- Reinato, C. H. R., Borém, F. M., Cirillo, M. A., & Oliveira, E. C. (2012). Qualidade do café secado em terreiros com diferentes pavimentações e espessuras de camadas. *Coffee Science*, 7(3), 223-237.
- Santos, M. A., Chalfoun, S. M., & Pimenta, C. J. (2009). Influence of the wet processing and drying types on chemical and physicochemical composition of coffee (*Coffea arabica* L.). *Ciência e agrotécnica*, 33(1), 213-218.
- Silva, F. M., Arré, T. J., Touzino, E. S., Gomes, T. S., & Alves, M. C. (2009). Uso de Ethrel na colheita mecanizada e seletiva de café arábica (*Coffea arabica* L.). *Coffee Science*, 4(2), 178-182.
- Silveira, P. R., & Heinz, C. U. (2015). *Controle de qualidade normativo e qualidade ampla: princípios para reestruturação e qualificação da produção artesanal de alimentos*. Recuperado em julho, 27, 2015, de <http://coral.ufsm.br/desenvolvimentorural/textos/artigosao Luis.pdf>
- Teixeira, D. L., Matos, A. T., & Rossmann, M. (2010). Ácido fólico no tratamento da água residuária do café processado por via úmida. *Coffee Science*, 7(1), 91-98.



The consistency in the sensory analysis of coffees using Q-graders

Lucas Louzada Pereira¹ · Wilton Soares Cardoso² · Rogério Carvalho Guarçoni³ ·
Aymbiré Francisco Almeida da Fonseca⁴ · Taís Rizzo Moreira⁵ ·
Carla Schwengber ten Caten⁶

Received: 30 November 2016 / Revised: 2 February 2017 / Accepted: 19 February 2017
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2017

Abstract The process of sensory evaluation is widely used in the coffee classification worldwide. This evaluation is popularly known as “Cupping Test” and constitutes the principal methodology to assess the final quality of the coffee drink. This study observed the effect of the interaction among Q-graders, as well as the coffee tasting process in the morning and in the afternoon. The study was conducted with trained tasters with Q-Grader certificates. The methodology followed the analysis protocol guidelines of the Specialty Coffee Association of America, SCAA, with the participation of two testing groups, each one with two Q-graders for the analysis. *T* Tests, followed by the Pearson’s correlation and the analysis of hierarchical grouping were used for the data analysis. The results indicate that

the tasters have full capacity of evaluation, although there are variances in relation to the perceptions of the attributes that define the best coffees. The results also indicate that the effect of the shift, when isolated from interaction, interfere neither in the evaluation of the batches, nor the performance of the tasters; however, when associated with interaction (chatting), the analysis indicate distortions, highlighting the need of improving the techniques of sensory evaluation.

Keywords Arabica coffee · Descriptive analysis · Sensory analysis · Statistics, Q-Graders

✉ Lucas Louzada Pereira
lucaslozada@hotmail.com

✉ Carla Schwengber ten Caten
tencaten@producao.ufrgs.br

Wilton Soares Cardoso
wilton.cardoso@ifes.edu.br

Rogério Carvalho Guarçoni
rogerio.guarconi@incaper.es.gov.br

Aymbiré Francisco Almeida da Fonseca
aymbire.fonseca@embrapa.br

Taís Rizzo Moreira
taisr.moreira@hotmail.com

³ Departamento de Estatística, Instituto Capixaba de Assistência Técnica, Pesquisa e Extensão (INCAPER), Rua Afonso Sarlo, 160, Vitória 29052-010, ES, Brazil

⁴ Pesquisador, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Café, Rua Afonso Sarlo, 160, Vitória 29052-010, ES, Brazil

⁵ Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Avenida Gov. Lindemberg, 316, Jerônimo Monteiro 29550-000, ES, Brazil

⁶ Departamento de Engenharia de Produção e Transportes, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Avenida Osvaldo Aranha, 99, Porto Alegre 90035-190, RS, Brazil

¹ Departamento de Engenharia de Produção e Transportes, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Avenida Osvaldo Aranha, 99, Porto Alegre 90035-190, RS, Brazil

² Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Instituto Federal do Espírito Santo - Ifes, Rua Elizabeth Minete Perim - Bairro São Rafael, Venda Nova do Imigrante 29375-000, Espírito Santo, Brazil

Introduction

Coffee is a beverage greatly appreciated in many countries around the world due to the fact that it is a natural product, with varied aromas and pleasant tastes. Among the most commonly grown species is the Arabica coffee (*Coffea arabica* L.), which presents highly valued sensory characteristics, providing a beverage with high commercial value [7].

Within the coffee industry, the tasting procedures are used for negotiating the commodity with attributes such as the quality of the beverage, which is described by the tasters, using their personal opinion and the experience in tasting achieved throughout the years [6]. Although the tasting process is widely used, for DiDonfrancesco et al. [3], it does not constitute the best method for the evaluation of the quality of the coffee, due to a variety of factors that interfere in the tasting process.

The taste and aroma nuances are what make the task of sensory evaluation and analysis of coffee very complex, as during the roasting process they may surpass the quantity of more than 800 aromatic compounds [1, 2; Bhumiratana et al. 2]. For Dzung [5], one of the main problems in the use of an expert in sensory evaluation is that the qualification of “expert tasters” (Q-graders) is not clearly defined. According to ISO 856-2 (1994), the experience is not the main criterion of a specialist, one must also be trained and have a high sensory sensitivity.

According to Alvarado and Linnemann [1], the “taster” is a judge who performs a sensory evaluation, and responsible for evaluating the quality of the coffee. Consequently, this agent influences the evaluation according their perceptions, leaving, on many occasions, the determination of the final quality of the coffee in their hands, thus, interfering in the price of the product.

Some methodologies, such as the test protocols of the Specialty Coffee Association of America (SCAA) and the Brazilian Specialty Coffee Association (BSCA), determine procedures for the sensory evaluation of specialty coffees, and these are the ones commonly adopted in Brazil and in the world. This classification is based on the coffee cupping test, in other words, on taste, by means of tasters, being, on many occasions, variable from one region to another and does not characterize the real physical–chemical constituents that determine the best quality of the beverage [10].

Authors, such as Feria-Morales [6], Roos [12] and Bhumiratana et al. [2], emphasize the necessity of using physical–chemical analyses in the classification of this process as a way to reduce the impact of the sensory subjectivity. However, in the coffee production chain, the use of sensory analysis with Q-Graders has been adopted during the last years for quality determination. The sensory protocols recommend a calm environment during the analysis, but it is

of tacit knowledge that Q-Graders comment on their results and judgments during the tasting process, considering the taste complexity of different nuances of the coffees. Nevertheless, the sensory analyses have been a very important tool in the characterization of the different attributes of beverages within the coffee chain [Oliveira et al. 13].

This way, the interference of factors such as shift (time) and interaction (chatting) are not routinely discussed in the literature, as factors influencing the quality of the sensory process itself, since the empirical perception during the Q-Graders work has indicated relative wear between shifts and environments with noise (chat between Q-Graders).

With the aim of providing further information about the quality of this tasting process and about the tasters’ performance, this research was carried out in order to evaluate coffees, tasters, and their judgments considering the effect of interaction and shift could have on the use of SCAA protocol to the specialty coffee tasting in a quality contest.

Materials and methods

Samples

For the completion of this study, we used 20 samples of specialty coffee, selected by a jury of four (04) tasters, all Q-Grader’s. The 20 coffee samples were selected to compose the final round of the quality contest in Venda Nova do Imigrante, a town located in the Southwestern mountainous micro-region of Espírito Santo State. The tests were carried out during 2015 and 2016.

The 20 samples were prepared in the coffee sensory analysis laboratory of the Federal Institute of Espírito Santo in Venda Nova do Imigrante, respecting the methodology of the Specialty Coffee Association of America (SCAA). The roasts were performed using the roaster Laborato TGP2 and monitored with Agron-SCAA discs set. The roasting point of these samples was located between the colors determined by the discs #65 and #55 SCAA [11].

The roasting was carried out 24 h in advance, and the grinding respected the 8 (eight) resting hours following the roasting. All the samples were roasted between 9 and 11 min, and after the roasting and the cooling, they remained sealed, in accordance with the sensory analysis methodology established by the SCAA. The SCAA protocol [11] was used for the coffee evaluation.

Sample preparation for tasting

The 20 coffee samples were ground with a Bunn G3 electric grinder, with a medium granulometry (usually applied in cuppings in Brazil). Each lot was tasted with 5 cups, and the optimum concentration of 8.25 grams of ground

coffee in 150 ml of water was adopted, in accordance with the midpoint of the optimal equilibrium graph to obtain the Golden Cup [11]. The point of water infusion occurred after the water reached the temperature of 92–95 °C. The tasters began their evaluations when the temperature of the cups reached 55 °C, respecting the 4-min time for the tasting after the infusion [11].

Evaluation method of the samples

The quality of a coffee lot, once evaluated through the SCAA [11] method, is expressed by a centesimal numeric scale. It is expected that coffees which obtained high scores should be clearly better than coffees which received lower notes, thereby demonstrating the consistency of the method of sensory analysis. The tasting form provides the possibility of evaluating eleven (11) important attributes to the coffee: Fragrance/Aroma, Uniformity, Absence of defects (clean cup), Sweetness, Flavor, Acidity, Body, Aftertaste, Balance, Defects, and Overall Evaluation. Highly positive results arise from the perception of a balanced group formed by the evaluated attributes.

The defects of the beverage result in unexpressive results due to unpleasant interferences in the flavor. The overall evaluation is based on the sensory memory that a taster has, always referring to coffees from the same origin and nature. The results of this sensory evaluation are established based on a scale of sixteen (16) units that represent the levels of quality with intervals of 0.25 (one-fourth of a point) among the numeric values set between “6” and “9”. For those coffees considered good, the range was between 6.00 and 6.75; very good, 7.00 to 7.75; excellent, 8.00 and 8.75; and exceptional, between 9.00 and 9.75 points.

Groups of sensory evaluation

Two groups of sensory evaluation were structured, and each group was composed of two judges (tasters), totaling four (04) coffee tasters.

The sensory evaluation was performed in two different shifts, morning and afternoon. In the morning, 10 coffee samples were placed on table one (01) and coded for two Q-graders, repeating the same procedure on table two (02). Morning analyses were conducted without any communication between Q-graders. In other words, the judges could not chat at all before, during and after the process of sensory evaluation. They started at 9:00 am and were finished at 10:15 am.

In the afternoon, the Q-graders returned to the laboratory to perform the same tests, and the same samples were kept for the respective Q-graders; however, the samples were randomized so that none of them knew the origin of the coffees. The positions of the tables were also

reversed, to avoid familiarity of the Q-graders with the environment. The sensory evaluation began at 1:30 pm and was concluded at 2:30 p.m, and the same chat control employed in the morning was employed in the afternoon shift.

Sensory evaluation group on second day

On the second day, the order was reversed; the tasters in group 01 went to group 02, so that all 20 samples were tasted by all the judges in 2 days of the experiment.

Besides the exchange of jury, the tasters began the tasting at opposite ends of the tables; when one taster began the test from left to right, the other taster carried out the test from right to left, so that none of the samples was tasted last. The movement was controlled inside the test bench only on the first day.

At this day, the Q-graders could chat with each other, during and after the sensory analysis, the latest being a practice commonly used in sensory analysis processes with tasters around the world. Communication between them as pairs was not curtailed. In other words, the Q-graders were free to engage in conversation among their peers about the quality and sensory attributes of coffees in the morning and afternoon.

Experimental design

The two experiments were carried out under entirely randomized outlines with 20 repetitions (coffees), being the first with the purpose of evaluating the influence of the tasters' interaction (chatting) in the quality of the descriptive sensory analysis. The second purpose was to observe the shift (time), in order to evaluate a best possible time for the tasters to conduct sensory analysis.

The averages of the characteristics were compared using the paired *t* test (before and after) at 5% probability, followed by Pearson correlation analyses (with the objective to verify the consistency of the correlations in the environment with and without chat in the two days of experiment), being the significance tested by the *t* test.

For the similarity evaluation among the coffees, a matrix was created with the averages of the variables and then a dendrogram was built using the Average Euclidean distance in order to measure the distance between two points and the Full Connectivity Hierarchical Grouping method. The purpose is to maximize the homogeneity of objects within groups, at the same time that the heterogeneity among the groups is maximized [8]. For the statistical analyses, the SPSS 19 was used.

Results and discussions

With the scores of all the attributes from the two groups of tasters, we obtained different statistics, being possible to compare the assumptions initially raised, prior to the experiments.

Evaluation of the effect of shift on the tasters

By means of the *t* test, it comes to the obtained results about the judgments of the 20 coffee samples in Table 1, of the analysis panel carried out in the morning and in the afternoon of the first day. This analysis allows evaluating the effect of shift (time) and interaction (environment without chat) on the tasters' scores on the different attributes given that each taster tasted approximately 50 cups of coffee (10 samples).

For the levels of the attributes evaluated on Table 1, it can be observed that no significant differences were perceived among the averages for all the characteristics evaluated, in other words, shift (time) did not interfere in the sensory analyses during the first testing block. The tasters got to repeat the same scores for all the attributes.

The data confirm that the process of sensory evaluation, when applied with well-trained and capable tasters, with the concentration and proper attention is precise and efficient in the coffee sensory evaluation process.

In order to study the effect of shift (time) in the relation among the attributes, the Pearson's correlation was carried out, since in a sensory perception of this type of tastings,

Table 1 Averages and standard deviations for the characteristics: fragrance/aroma, uniformity, absence of defects, sweetness, flavor, acidity, body, aftertaste, balance, overall and total evaluation, before (morning) and after (afternoon)

Characteristics	Before (morning)		After (afternoon)	
	Average ^a	Standard deviation ^b	Average ^a	Standard deviation ^b
Fragrance/Aroma	7.5125 a	0.6952	7.8375 a	0.7663
Uniformity	9.7500 a	0.9104	9.7000 a	0.9787
Absence of defects	9.8000 a	0.8944	9.7000 a	0.9787
Sweetness	9.8000 a	0.8944	9.7000 a	0.9787
Flavor	7.7562 a	0.7018	7.4375 a	0.8316
Acidity	7.6500 a	0.7193	7.3875 a	0.7640
Body	7.5687 a	0.6804	7.5375 a	0.7653
Aftertaste	7.5062 a	0.6852	7.5938 a	0.6999
Balance	7.3312 a	0.5866	7.6750 a	0.7145
Overall	7.5125 a	0.7081	7.6250 a	0.7333
Total	82.1875 a	6.3541	82.1937 a	7.2955

^aThe averages of the attributes measured before and after followed by a letter in the line do not differ by the *t* test at 5% probability

^bThe standard deviation before and after

each attribute directly affects the other, within the protocol. Tables 2 and 3 illustrate the Pearson's correlations among the attributes evaluated by the tasters in the 20 coffee samples.

In the analysis of Tables 2 and 3, from the Pearson's correlations, uniformity of the relations among attributes with positive and significant correlations can be perceived. As the composition rule of the contest uses the additive model, in which values for each attribute are added in order to obtain the total value for a combination of attributes, positive correlations must be expected to achieve the maximum value [Hair et al. 8].

Several attributes showed high correlation values, especially aftertaste, balance and sweetness. In Dzung's work [5], which evaluated the correlation among the attributes of a coffee sensory analysis; those of greatest correlation were flavor, balance and aftertaste. The results of this study confirmed only the high correlation for the balance variable; Alvarado and Linnemann [1] also observed inconsistencies in the processes of sensory analysis in relation to attributes, indicating that the sensory analysis process has a certain subjectivity.

In order to represent the samples, by groups of quality, given the range of specialty coffees, dendrograms were used at the end of each shift.

The dendrogram in Fig. 1, representing the analysis carried out in the morning, suggests the existence of two homogeneous groups: group A, formed by coffee 6, and group B, formed by the other coffees. Group B can still be divided in 2 sub-groups, obtaining, this way, sub-group B1, formed by 7, 18, 11, and 13, the best coffees in terms of scores, and the other coffees compose sub-group B2.

In this dendrogram of Fig. 1, it is important to highlight that coffee no. 6 was differentiated by all tasters, forming an isolated cluster, as being the one presenting defects during all the coffee cupping, hence indicating the possibility of phenolized beverage (described by the notes on the testing protocol) during the sensory evaluation process; the beverage classified as "riada" has the characteristic of slight iodoform or phenolic acid taste [14]. The Q-graders found the coffee defective and discounted the points according to the protocol of the SCAA. These results corroborate those of Alvarado and Linnemann [1].

In the dendrogram of Fig. 2, on the afternoon period, from the first day of testing, the existence of two homogeneous groups can also be observed: group A—formed by coffee 9, and group B—composed by the other coffees. The group can be divided in two sub-groups. In sub-group B1, there are the samples 6, 7, 11, 13, and 18, the others compose sub-group B2.

Although the *t* test at 5% probability had indicated that the effect of shift had not interfered in the tasting process, the previous dendrogram indicates a disparity among

Table 2 Pearson's correlation coefficients among fragrance, uniformity, absence of defects, sweetness, flavor, acidity, body, aftertaste, balance, overall and total evaluation, of the coffees with sensory analyses carried out in the morning

Variables	Uniformity	Absence of defects	Sweetness	Flavor	Acidity	Body	Aftertaste	Balance	Overall	Total
Fragrance	0.5456**	0.5120*	0.5120*	0.8375**	0.8199**	0.7612**	0.8318**	0.8320**	0.8382**	0.8585**
Uniformity		0.9695**	0.9695**	0.5791**	0.4822*	0.5177**	0.5088*	0.5327**	0.4949*	0.8091**
Absence of defects			0.9999**	0.5890**	0.5399**	0.5427**	0.5174**	0.5341**	0.5027*	0.8219**
Sweetness				0.5890**	0.5399**	0.5427**	0.5174**	0.5341**	0.5027*	0.8219**
Flavor					0.8467**	0.8739**	0.7233**	0.8355**	0.8139**	0.8862**
Acidity						0.8381**	0.7838**	0.7140**	0.7856**	0.8453**
Body							0.8633**	0.8382**	0.8839**	0.8777**
Aftertaste								0.8701**	0.9574**	0.8655**
Balance									0.9119**	0.8684**
Overall										0.8765**

*e

**Significant at 5 and 1% probability respectively

Table 3 Pearson's correlation coefficients among fragrance/aroma, uniformity, absence of defects, sweetness, flavor, acidity, body, aftertaste, balance, overall and total evaluation, of the coffees with sensory analyses carried out in the afternoon

Variables	Uniformity	Absence of defects	Sweetness	Flavor	Acidity	Body	Aftertaste	Balance	Overall	Total
Fragrance/Aroma	0.7034**	0.7034**	0.7034**	0.8400**	0.8632**	0.9111**	0.9007**	0.9017**	0.8662**	0.9317**
Uniformity		0.9999**	0.9999**	0.5254**	0.5860**	0.5779**	0.6194**	0.6811**	0.6416**	0.8489**
Absence of defects			0.9999**	0.5254**	0.5860**	0.5779**	0.6194**	0.6811**	0.6416**	0.8489**
Sweetness				0.5254**	0.5860**	0.5779**	0.6194**	0.6811**	0.6416**	0.8489**
Flavor					0.9215**	0.9355**	0.9134**	0.8899**	0.8953**	0.8731**
Acidity						0.9246**	0.8558**	0.8484**	0.8395**	0.8829**
Body							0.9158**	0.9318**	0.9143**	0.9077**
Aftertaste								0.9702**	0.9420**	0.9194**
Balance									0.9652**	0.9449**
Overall										0.9205**

*e

**Significant at 5 and 1% probability respectively

Fig. 1 Dendrogram among coffees obtained based on the sensory analyses carried out in the morning

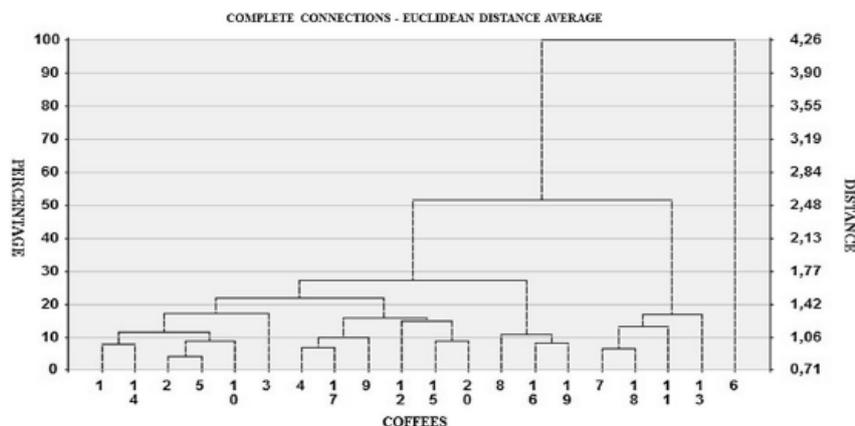
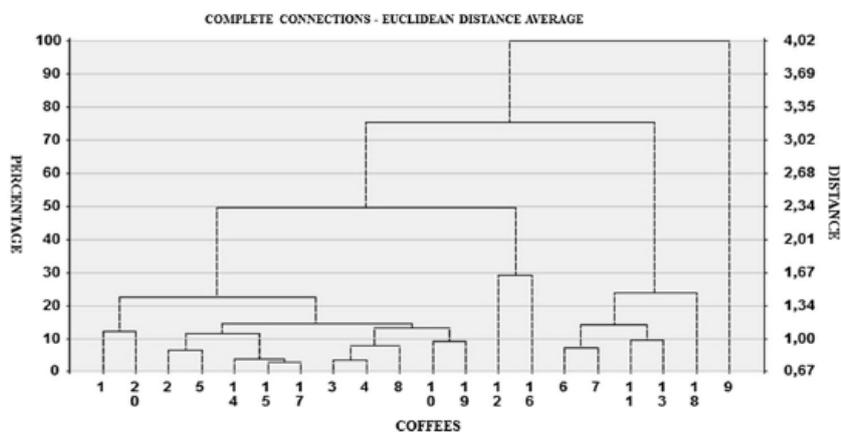


Fig. 2 Dendrogram among coffees obtained based on the sensory analyses carried out in the afternoon



the tasters. In the morning, coffee number 6 evidenced defect (dirty or phenolic cup), however, in the afternoon, this condition was evidenced in coffee sample 9, isolated from the other groups, indicating the same perception of evaluation in no. 6 sample in the morning.

In addition, the Q-graders did not score coffee number 9 with the presence of a defect. At this point, when the subgroups B1 of the morning dendrogram (Fig. 1) and the dendrogram of the afternoon (Fig. 2) were evaluated, homogeneous subgroups can be perceived only with the difference of coffee no 6, indicating inconsistency in the judgments only in this sample of coffee. However, it is not possible to state that the error is only in the evaluation of the Q-graders, the complexity in the formation of aroma compounds and coffee flavor can often disrupt the judgment given the chemical interactions that occur with the roasted samples.

Table 4 Variables that exercised the most the relative influence in the construction of the dendrogram on the first day of testing

Influence on the variables between morning and afternoon (first day of evidence)			
Morning	Percentage	Afternoon	Percentage
Uniformity	23.7	Uniformity	36.3
Acidity	22.6	Acidity	30.0
Fragrance/aroma	9.47	Fragrance/aroma	10.5

Concerning the relative contribution of the variables for the construction of the dendrograms of Figs. 1 and 2, there is Table 4.

Again, there is consistency in the judgments, in relation to the attributes, where the same variables that most influence the notes of the coffees are repeated by the judges in the morning and in the afternoon. These results corroborate those of Alavardo and Linnemann [1], Civile

and Oftedal [4], DiDonfrancesco et al. [3], regarding the consistency and use of judges in sensory analysis.

Evaluation of the interactive environment among tasters

During the second day, the second analyses jury was carried out. Two coffee testing moments were set, following the same principle of the first day. However, on the second day, it was determined that the tasters were free to chat during the coffee tasting and consequently the movement order

Table 5 Averages and standard deviations of the fragrance/aroma, uniformity, absence of defects, sweetness, flavor, acidity, body, aftertaste, balance, overall and overall evaluation, before and after

Characteristics	Before (morning)		After (afternoon)	
	Average ^a	Standard deviation ^b	Average ^a	Standard deviation ^b
Fragrance/aroma	7.9125 a	0.5635	7.6625 b	0.6702
Uniformity	10.0000 a	0.0000	9.6075 a	1.0346
Absence of defects	10.0000 a	0.0000	9.7000 a	0.9787
Sweetness	10.0000 a	0.0000	9.8000 a	0.8944
Flavor	7.7812 a	0.4796	7.6188 a	0.7134
Acidity	7.6125 a	0.5332	7.4000 a	0.6621
Body	7.7438 a	0.4204	7.4500 b	0.5769
Aftertaste	7.7250 a	0.5465	7.5812 a	0.6154
Balance	7.6813 a	0.4614	7.6188 a	0.6864
Overall	7.7250 a	0.5465	7.5687 a	0.7041
Total	84.1813 a	3.1624	82.0075 a	6.1315

^aThe averages of the measured characters before and after, followed by the same letter in the line, do not differ by the t test at 5% probability

^bThe standard deviation before and after

for the test of the lots was not controlled, with the number of tasters per jury as the only control (two tasters in each panel, respectively).

In the results of the *t* test about the average of the scores of the attributes presented in Table 5, it can be observed that there are significant differences among the averages for the fragrance/aroma and body characteristics before and after. In other words, the fact of existing interaction among the tasters, with chatting, comments and noise interfered on the sensory analysis.

The distortions in the process of sensory analysis corroborate with the results of Feria-Morales [6], indicating that the environment with chat is disturbing in the process of sensory analysis. This point deserves more attention on the part of scientific investigations, since the process of sensory analysis of coffee ends up being influenced by these interactions in the environment.

In the relation study among the attributes, through the correlations among the variables, it obtained on the second day, the Tables 6 and 7, with a result of the Pearson's correlations among the attributes evaluated by the tasters in the 20 coffee samples.

Analyzing Table 6 in an isolated manner, we find diverse non-significant correlations; this implies that some characteristics do not have effect on the final coffee score. For example, consider the uniformity characteristic that did not influence any other variable and at the same time is not able to alter the final score. Since there is an additive characteristic for the final score, and in comparison, with the significant correlations of Table 2, the judgments of the second day, in an interactive environment, made the sensory analysis flawed.

This non-significant correlations were in part generated by the absence of defects, sweetness, and flavor

Table 6 Pearson's correlation coefficients among fragrance/aroma, uniformity, absence of defects, sweetness, flavor, acidity, body, aftertaste, balance, overall and overall evaluation of the coffees with sensory analyses carried out in the morning

Variables	Uniformity	Absence of defects	Sweetness	Flavor	Acidity	Body	Aftertaste	Balance	Overall	Total
Fragrance/aroma	0.0000 ^{ns}	0.0000 ^{ns}	0.0000 ^{ns}	0.8473**	0.8445**	0.7334**	0.8469**	0.8547**	0.7855**	0.9535**
Uniformity		0.0000 ^{ns}								
Absence of defects			0.0000 ^{ns}							
Sweetness				0.0000 ^{ns}						
Flavor					0.9276**	0.6820**	0.7843**	0.6530**	0.5898**	0.8825**
Acidity						0.7442**	0.7861**	0.6313**	0.5604**	0.8836**
Body							0.6900**	0.7479**	0.6256**	0.8291**
Aftertaste								0.7787**	0.8265**	0.9235**
Balance									0.8895**	0.8915**
Overall										0.8526**

^{NS} not significant

*e

**Significant at 5 and 1% probability, respectively

Table 7 Pearson’s correlation coefficients among fragrance/aroma, uniformity, absence of defects, sweetness, flavor, acidity, body, aftertaste, balance, overall and overall evaluation of the coffees with sensory analyses carried out in the afternoon

Variables	Uniformity	Absence of defects	Sweetness	Flavor	Acidity	Body	Aftertaste	Balance	Overall	Total
Fragrance/aroma	0.2628 ^{ns}	0.4393*	0.4961*	0.8639**	0.7909**	0.8792**	0.8476**	0.7960**	0.8150**	0.8326**
Uniformity		0.9171**	0.8206**	0.1894 ^{ns}	0.2172 ^{ns}	0.3280 ^{ns}	0.3544 ^{ns}	0.4850*	0.4471*	0.6811**
Absence of defects			0.8898**	0.3929*	0.3573 ^{ns}	0.4847*	0.5232**	0.6042**	0.6043**	0.8116**
Sweetness				0.4516*	0.4088*	0.4895*	0.5092*	0.5551**	0.5244**	0.7968**
Flavor					0.9369**	0.8503**	0.7823**	0.6817**	0.7179**	0.7898**
Acidity						0.8860**	0.7737**	0.6788**	0.6998**	0.7741**
Body							0.8921**	0.8692**	0.8651**	0.8751**
Aftertaste								0.9240**	0.9011**	0.8761**
Balance									0.9571**	0.8953**
Overall										0.8904**

NS not significant

*e

**Significant at 5 and 1% probability respectively

characteristics, which received scores of 10 from tasters in all coffees. It is possible to suppose that the change of the environment, with proportionate interactions by comments and small talks lessened the quality of the judgments on the levels of the attributes due to lack of concentration.

Table 7 illustrates the correlations in the afternoon, and there is the presence of non-significant correlations, in other words, the environment influences the tasters. The studies of Feria-Morales [6], Roos [12], Bhumiratana et al. [2], have indicated the need to use other techniques besides

sensory analysis to reduce subjectivity in the process of evaluating coffee quality through Tasters.

In relation to the classification of the 20 coffees evaluated on the second day, under the interactive environment (chatting). This results in dendrogram A of Fig. 3 for the morning and dendrogram B for the afternoon.

The first dendrogram (A) suggests the existence of two homogeneous groups: group A—formed by coffees 3, 4, 5, 12, 17, and 20, and the rest in group B. In the sub-groups of the groups, it is found sub-group B1, composed by 7, 13, 11, and 18, and sub-group B2, formed by the other coffees.

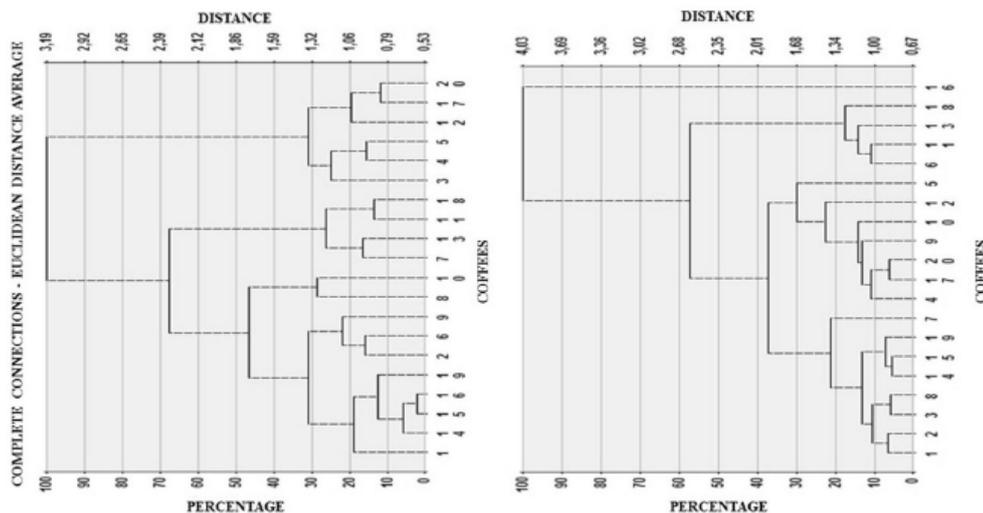


Fig. 3 Classification of the coffees, obtained from the sensory analyses carried out during the second day. Dendrogram A results of the analyses carried out in the morning. Dendrogram B results of the analyses carried out in the afternoon

For the afternoon period in the interactive environment (chatting), there is dendrogram B of Fig. 3, which suggests the existence of two homogeneous groups: group A—formed by coffee 16, and group B—composed by all the others coffees. Subdividing group B, we find sub-group B1, formed by 6, 11, 13, and 18, and sub-group B2, composed by the other coffees.

Based on this dendrogram, it is necessary to emphasize that group A—formed by coffees 7, 13, 11, and 18—has the best scores, all of these coffees with notes above 90 points, considered outstanding by the SCAA protocol. Group B—formed by coffees 3, 4, 5, 12, 17, and 20—contained the coffees with the worst results on general average, ranging from 75 to 79.75 points, considered Very Good by the SCAA protocol, and group C by the other coffees, leveled above Group B, but below group A, being framed as Excellent, cafes between 80 and 87 points.

When analyzing the relative contribution of the variables in the construction of the dendrograms of Fig. 3, the summary of the variables is presented on Table 8. On the second day, the variables were not the same as those on the first day; therefore, the resulting information is based on the following data:

The variables Balance, Overall and Body, from Table 8 (those that compose dendrogram A), totally differ from the variables presented on Table 4, being one more issue to be considered, to evaluate how the analyses of the second day were highly influenced by the interactive environment proposed in the experiment.

SCAA protocol and the multivariate analyses

Based on the SCAA protocol, the best coffees would be determined by the average of the sums of the scores of the 10 attributes. Hence, coffee number 18 with 92.62 points of average, would be considered the best coffee among the 20 evaluated ones. However, this methodology does not evaluate the shift or the environment in which the sensory analyses are carried out.

Furthermore, in this methodology, there is no way to evaluate the correlation among the attributes, given that non-significant correlations may indicate altered scores, not

only due to the environment. In addition, the results may generate the hypothesis that the non-significant correlations may arise from a taster's unskilled evaluation [9], a relevant fact in the measurement of consistency of Q-graders in sensory panels.

Thus, performing the analysis of the best coffee, among the 20 finalists through multivariate analysis, with application of clusters in dendrograms, it was possible to obtain homogeneity in three samples 11, 13, and 18 (group with the highest grades, 92.62; 90.25, 89.37, respectively), which recur in all clusters, finding the best coffees in attributes evaluated by the judges.

By means of this data, it is necessary to discuss whether a simple average of the sum of attributes would represent a champion coffee or a better quality one. Likewise, it must be considered that deeper and multivariate analyses (of statistic techniques), when evaluating aspects linked to the quality of the judgments and of the tasters, evidence a more consistent direction, even if not only one coffee is found but rather a group of superior ones.

Moreover, it is necessary to explore other tools that may help in the decision making in such a way that it is possible to draw more precise conclusions on the aspects relative to the coffee sensory analysis process.

The use of physical-chemical techniques could reverse what was seen in this study, in relation to coffee sample number 6, which, in dendrogram Fig. 1, appears in a separate group for presenting a score with defect (phenolized cup). This fact was not repeated in the other tests; coffee number 6 appears twice in the group with high scores, observed in Fig. 2 and dendrogram B and Fig. 3.

Everything indicates that coffee number 6 was erroneously disqualified and, in order to avoid this type of mistakes, at least to disqualify a coffee because of a defect (which directly impairs the producer). Physical-chemical analyses should be carried out for the verification and confirmation of defects even before the sensory or parallel analyses, with the objective of greater transparency to the method of sensory analysis.

Developing sensory classification systems is not a trivial task and must be done individually for each product, taking into consideration its peculiarities, just as the sensory evaluation must be done by trained and experienced tasters, in order to identify and understand the quality of a particular product Feira-Morales [6].

Conclusion

Q-graders have full judgment capacity and, even though there may be distortions in the coffee sensory evaluation process, it can be concluded that there is homogeneity in relation to the coffee cupping.

Table 8 Variables that exercised the most the relative influence on the constructions of the dendrogram in the second day of testing

Relative influence of the variables between morning and afternoon (second day of evidence)			
Morning	Percentage	Afternoon	Percentage
Balance	24.2	Uniformity	24.2
Overall	21.6	Fragrance/aroma	17.9
Body	21.1	Balance	13.7

The shift (time) on the first day of testing did not pursue a significant effect on the evaluation of the coffees, but during the second day, the interaction (chatting) among the tasters did interfere in the sensory evaluation process, indicating the act of chatting should be avoided during the process.

The protocols used do not take into consideration more robust statistical analyses, which may generate more reliable results so that it is possible to avoid coffees from being eliminated erroneously from contests, consequently, impairing the coffee growers.

The variables/attributes of the sensory analysis protocol demonstrate that uniformity, acidity, body, fragrance/aroma, balance and overall were the factors that contributed the most for the decision making in the choice of the best coffees.

Acknowledgements The authors thank the Federal Institute of Espírito Santo for supporting this research and also the translation and review of this article, as well as the Q-graders' participation, who dedicated themselves to the realization of this study. We also thank CNPq and SETEC for the availability of resources for research.

Compliance with ethical standards

All ethical standards regulated in Brazil were duly followed. This article comes from a research project, being in compliance with all ethical principles.

Conflict of interest None.

References

- Alvarado RA, Linnemann AR (2010) The predictive value of a small consumer panel for coffee-cupping Judgment. *Br Food J* 112 No. 9:1023–1032
- Bhumiratana N, Adhikari K, Chambers E (2011) Evolution of sensory aroma attributes from coffee beans to brewed coffee. *LWT Food Sci Technol* 44:2185e2192
- Di Donfrancesco BD, Guzman NG, Chambers E Comparison of results from cupping and descriptive sensory analysis of Colombian brewed coffee. The Sensory Analysis Center, Kansas State University, Manhattan, KS 66502. Facultad de Ingeniería, Universidad Surcolombiana, Neiva, Huila, Colombia. *Journal of Sensory Studies* ISSN 0887–8250
- Civille GV, Oftedal KN (2012) Sensory evaluation techniques—Make “good for you” taste “good”. *Physiol Behav* 107 (2012) 598–605.
- Dzung NH, Dzuan L The role of sensory evaluation in food quality control, food research and development: a case of coffee study. Disponível em: <http://www4.hcmut.edu.vn/~dzung/Sensoryrole.pdf>.
- Feira-Morales AM (2002) Examining the case of green coffee to illustrate the limitations of grading systems/expert tasters in sensory evaluation for quality control. *Food Qual Preference* 13:355–367
- Fernandes SM, Pereira RGFA, Pinto NAVD, Nery MC, Pádua FRM (2003) Constituintes químicos e teor de extrato aquoso de cafés arábica (*Coffea Arábica* L.) E CONILON (*Coffea Canephora pierre*) torrados. *Ciênc Agrotec Lavras* 27(5):1076–1081 (set/out)
- Hair JF, Black WC, Babin BJ, Anderson RE, Tathan R (2009) *Análise multivariada de dados*. 6ª ed., Bookman, Porto Alegre
- Hayakawa F, Kazami Y, Wakayama H, Oboshi R, Tanaka H, Maeda G, Hoshino C, Iwakaki H, Miyabayashi T (2010) Sensory lexicon of brewed coffee for japanese consumers, untrained coffee professionals and trained coffee tasters. *J Sens Stud* 25:917–939.
- Molin RND, Reis AR, Junior EF, Braga GC, Scholz MBS (2008) Caracterização física e sensorial do café produzido nas condições topoclimáticas de Jesuitas, Paraná. *Maringá* 30(3): 353–358
- SCAA. Specialty Coffee Association of American. Protocols (2013) Disponível em: <http://www.scaa.org/PDF/resources/cupping-protocols.pdf>.
- Roos CF (2009) Sensory science at the humane machine interface. *Trends Food Sci Technol* 20:63e72
- Oliveira PD, Borém FM, Isquierdo EP, Giomo G S, Lima RR, Cardoso RA (2013) Aspectos fisiológicos de grãos de café, processados e secados de diferentes métodos, associados à qualidade sensorial. *Coffee Sci Lavras* 8(2):211–220
- Pinto NAVD, Fernandes SM, Pires TC, Pereira RGFA, Carvalho VD (2001) Avaliação dos polifenóis e açúcares em padrões de bebida do café torrado tipo expresso. *Rev Bras de AGROCIÊNCIA* 7(3):193–195 (set-dez)

ANEXO F – Artigo *Tamanho ótimo do número de Q-Graders de café com uso do Protocolo SCAA*



IX Simposio Internacional de Ingenieria Industrial: Actualidad y Nuevas Tendencias 2016
Porto Alegre, Brasil
Octubre 19, 20 y 21, 2016

Tamanho Ótimo do Número de Provadores de Café com Uso do Protocolo SCAA

Great Size Number of Coffee Tasters With the Use of SCAA Protocol

Lucas Louzada Pereira¹ - lucas.pereira@ifes.edu.br

Rogério Carvalho Guarçoni² - rogerio.guarconi@incaper.es.gov.br

Igor Carlos Pulini³ - igor.pulini@ifes.edu.br

Wilton Soares Cardoso⁴ - wilton.cardoso@ifes.edu.br

Carla Schwengber ten Caten¹ - tencaten@producao.ufrgs.br

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul, ²Instituto Capixaba de Pesquisa, ³Assistência Técnica e Extensão Rural, ⁴Instituto Federal do Espírito Santo

Resumo

O emprego da análise sensorial ou prova de xícaras no cotidiano da cafeicultura é algo comumente utilizado para a validação da qualidade final dos cafés. Sendo que os provadores são responsáveis por definir os padrões e perfis sensoriais da bebida, com base em treinamento e alta sensibilidade gustativa. Porém a literatura pouco tem discutido sobre a quantidade exata de provadores em estudos sensoriais que adotam a metodologia de provas da Specialty Coffee Association of America – SCAA. Desta forma, utilizando a metodologia de simulação Bootstrap para estimação do tamanho ótimo de parcelas, este estudo buscou quantificar e propor um número mais consistente do uso de provadores em um processo de análise sensorial de cafés especiais. Os resultados indicam que o uso de 6 provadores é suficiente para conduzir análises sensoriais com protocolo da SCAA, sendo que a partir desse número não são observados ganhos em precisão no processo de prova de xícara.

Palavras Chave: Método de Bootstrap, Simulação, Provadores de Café.

Abstract

The use of sensory analysis or coffee cupping in the daily life is something commonly used to validate the final quality of the coffee. The tasters are responsible for setting standards and beverage sensory profiles, based on training and high sensitivity taste. However, the literature little has discussed about the exact amount of tasters in sensory studies that adopt the methodology of evidence of the Specialty Coffee Association of America - SCAA. Thus, using the Bootstrap simulation methodology for estimating the optimal size of plots, this study sought to quantify and propose a more consistent number of tasters used in a process of sensory analysis of specialty coffee. The results indicate that the use of six tasters is sufficient to conduct sensory analyses with SCAA protocol being that above these values the evaluation coefficient of variation does not present major improvements and increased efficiencies in the cup test process.

Key Words: Bootstrap Method, Simulation, Coffee Tasters.

1. INTRODUÇÃO

No comércio de café, os procedimentos de degustação são utilizados para a negociação da commodity, tendo como base a qualidade da bebida, que é descrita pelos



provedores, usando opinião pessoal e experiência de degustação acumulada ao longo dos anos (Feria-Morale, 2002). Apesar do processo de degustação ser amplamente utilizado, para DiDonfrancesco et al. (2014), este não se constitui no melhor método de avaliação da qualidade do café, devido a uma gama de fatores que interferem no processo de degustação.

Na percepção de Alvarado & Linnemann (2010), o "degustador" é um juiz que realiza a avaliação sensorial, e este agente é encarregado de avaliar a qualidade do café e, conseqüentemente, este agente influencia na avaliação.

Algumas metodologias, como o protocolo de provas da *Speciality Coffee Association of America (SCAA)* e *Brazilian Speciality Coffee Association (BSCA)*, definem procedimentos para avaliação sensorial de cafés especiais, sendo esses comumente adotados no Brasil e no mundo.

Esta classificação é baseada na prova da xícara, ou seja, gustativa, por meio de provedores, sendo, muitas vezes, variável de uma região produtora para outra (MOLIN et al, 2008). Porém não existe na literatura consenso sobre a quantidade de provedores que devem ser utilizadas durante os procedimentos de análise sensorial, em muitas situações, a participação é baseada na disponibilidade. Tradicionalmente, é recomendável que os painelistas sejam rastreados por possuírem capacidades sensoriais que atendam às exigências das avaliações (MEISELMUN, 1993).

Sabe-se que provedores treinados e expertos em análise sensorial de café não são comuns, pelo fato do método não ser usualmente ensinado nas faculdades e escolas técnicas no Brasil. Para Dzung (2010), um dos principais problemas no uso do perito na avaliação sensorial é que a qualificação dos provedores não está bem definida. Em acordo com a norma ISO 856-2 (1994), a experiência não é apenas o principal critério de um especialista; o mesmo deve ser treinado e ter alta sensibilidade sensorial. A utilização de painéis treinados é uma parte importante da tradição sensorial (MEISELMUN, 1993). Para Ross (2009) o custo de ensaios sensoriais é muito dispendioso, quando um número elevado de especialistas é utilizado.

Desta forma a parcela amostral de provedores utilizadas nas análises pode comprometer a qualidade do estudo, sendo o uso de poucos provedores pode ocasionar na perda de precisão das análises sensoriais e por outro lado o uso de muitos provedores pode ser dispendioso pelo fato que a partir de uma quantidade ótima de expertos, não são observados ganhos de precisão das análises degustativas.

Sendo assim, a definição do tamanho de uma amostra de provedores de café treinados não tem sido discutida em estudos para definição da quantidade ótima de degustadores utilizada nas análises sensoriais. Visando maior consistência do uso dos protocolos de análise sensorial descritiva, este artigo empregou o método *bootstrap* (EFRON E TIBSHIRANI, 1993), sendo que o mesmo consiste uma técnica estatística de reamostragem com reposição utilizada em diversas áreas de conhecimento (BASTOS, 2014).

Mediante o arcabouço apresentado acima, pretende-se estimar o número ótimo de provedores a serem utilizados em testes sensoriais descritivos que utilizem metodologias da SCAA e da BSCA para maior precisão dos testes qualitativos.

2. Material e Métodos

Foi conduzido um experimento em branco, composto por 11 provedores que avaliaram um café arábica cereja descascado, bebida mole, considerado *Specialty Coffee* de acordo com



o protocolo sensorial da *Speciality Coffee Association of America (SCAA)*, em 4 painéis de prova.

Todos os provadores utilizados nos estudos possuem certificações bem como experiência no processo de análise sensorial descritiva com o uso do protocolo da SCAA (2013).

2.1. Preparação das Amostras

As amostras de café foram preparadas no Laboratório de Análise e Pesquisa em Café – LAPC, do Instituto Federal do Espírito Santo em novembro de 2015. As torras foram conduzidas utilizando o conjunto de discos Agtron-SCAA, o ponto de torra destas amostras, situou-se entre as cores determinadas pelos discos #65 e #55. As torras foram executadas com 24 horas de antecedência e a moagem respeitou o tempo de 8 horas de descanso após a torra. Todas as amostras foram torradas entre 8 a 10 minutos e, após a torra e o resfriamento, as amostras permaneceram lacradas, conforme a metodologia de análise sensorial estabelecida pela SCAA.

2.2. Método de Avaliação das Amostras pelos Provadores

Das amostras oriundas do processo de torra, foram gerados dados inerentes a análise sensorial, para realização do processo de simulação. Sendo que a qualidade de um dado lote de café, ao ser avaliada através do método da SCAA, é expressa através de uma escala numérica centesimal. O formulário de degustação fornece possibilidade de avaliação de 11 (onze) importantes atributos para o café: Fragrância/Aroma, Uniformidade, Ausência de Defeitos (Xícara Limpa), Doçura, Sabor, Acidez, Corpo, Finalização, Equilíbrio, Defeitos e Avaliação Global. Resultados altamente positivos decorrem da percepção de um equilibrado conjunto formado pelos atributos avaliados.

Os resultados dessa avaliação sensorial são estabelecidos a partir de uma escala de 16 (dezesseis) unidades que representam os níveis de qualidade com intervalos de 0,25 (um quarto de ponto) entre valores numéricos compreendidos entre “6” e “9”. Para os cafés considerados bons 6.00 a 6.75, muito bom de 7.00 a 7.75, excelente, 8.00 a 8.75 e excepcional de 9.00 a 9.75 pontos.

2.3 Tamanho Ótimo do Número de Provadores

A partir dos resultados da análise sensorial de café, gerou-se os dados para realização das simulações com o método bootstrap. Para o agrupamento dos pares, números de provadores e seus respectivos coeficientes de variação $[X, CV(X)]$, foi utilizado o método de bootstrap onde foram realizadas 1000 simulações de amostras com 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10 provadores (LEONARDO et al., 2014).

Para determinar o tamanho ótimo do número de provadores na degustação do café, foi utilizado o método da regressão linear de resposta a platô (Paranaíba et al., 2009). O tamanho ótimo do número de provadores ocorre quando o modelo linear se transforma em um platô (Equação 1):



$$Y_i = \begin{cases} \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i & \text{se } X_i \leq X_0 \\ P + \varepsilon_i & \text{se } X_i > X_0 \end{cases} \quad (\text{equação 1})$$

Em que Y_i é a variável resposta, β_0 é o coeficiente linear do modelo linear do segmento anterior ao platô, β_1 o coeficiente angular deste mesmo segmento, ε_i o erro associado a i -ésima observação e P é o platô e X_0 é o ponto de ligação dos dois segmentos. P e X_0 devem ser estimados.

Para as análises estatísticas foi utilizado o software livre R para a realização das simulações do processo bootstrap (R Core Team, 2015) e o programa SAEG para a obtenção das estatísticas do método de obtenção do tamanho ótimo de provadores.

3. Resultados e Discussão

Na Tabela 1 são apresentados os resultados obtidos das 1000 simulações amostrais utilizando o método bootstrap, com 1, 2, ..., 10 provadores e seus respectivos coeficientes de variação, para as características qualidade global, fragrância, sabor, equilíbrio, acidez, corpo, doçura e finalização.

Tabela 1 – Agrupamento dos diferentes números de degustadores e seus respectivos coeficientes de variação das características sensoriais.

Número de provadores	CV (%)							
	Qualidade global	Fragrância	Sabor	Equilíbrio	Acidez	Corpo	Doçura	Finalização
1	2,192168	9,864173	5,036465	3,335761	4,397004	3,027956	12,97953	4,429642
2	1,411533	6,505954	3,524894	2,332699	3,196962	2,133896	9,581868	3,149708
3	1,086763	5,068045	2,894487	1,927767	2,669448	1,715492	7,703176	2,550232
4	0,8930123	4,074603	2,468832	1,654758	2,301533	1,519589	6,545016	2,124114
5	0,7495778	3,312386	2,277038	1,457298	2,058583	1,350575	5,856269	2,010046
6	0,6032344	2,820828	2,086224	1,360253	1,895944	1,159128	5,289399	1,843600
7	0,5263745	2,365034	1,812142	1,212066	1,688209	1,135025	4,940687	1,694836
8	0,4069736	1,91602	1,785081	1,19063	1,520574	1,004503	4,852346	1,480204
9	0,3234654	1,434844	1,651175	1,09897	1,578193	0,9789788	4,359349	1,489005
10	0,3214075	0,9833617	1,574833	1,056515	1,490003	0,9289524	4,207167	1,395491

Conforme os resultados apresentados na tabela 1, fica evidente que o coeficiente de variação em função do número de provadores decresce até um certo ponto e, a partir daí o aumento do número de provadores para as análises sensoriais não colabora para o aumento da precisão.

Nas figuras 1 e 2 são apresentados os resultados obtidos das 1000 simulações amostrais, dos resultados obtidos na tabela 1, utilizando o método bootstrap, com 1, 2, ..., 10 provadores e seus respectivos coeficientes de variação, para as características qualidade global, fragrância, sabor, equilíbrio, acidez, corpo, doçura e finalização.



A Figura 1 mostra que são necessários 6 provadores para avaliar a qualidade global (A) e a Fragrância (B), e 05 para o Sabor (C) e o Equilíbrio (D); do café arábica utilizando o método da regressão linear de resposta a platô.

Na Figura 2, tem-se os resultados inerentes a utilização de 5 provadores para avaliar, respectivamente, acidez, corpo, doçura e finalização.

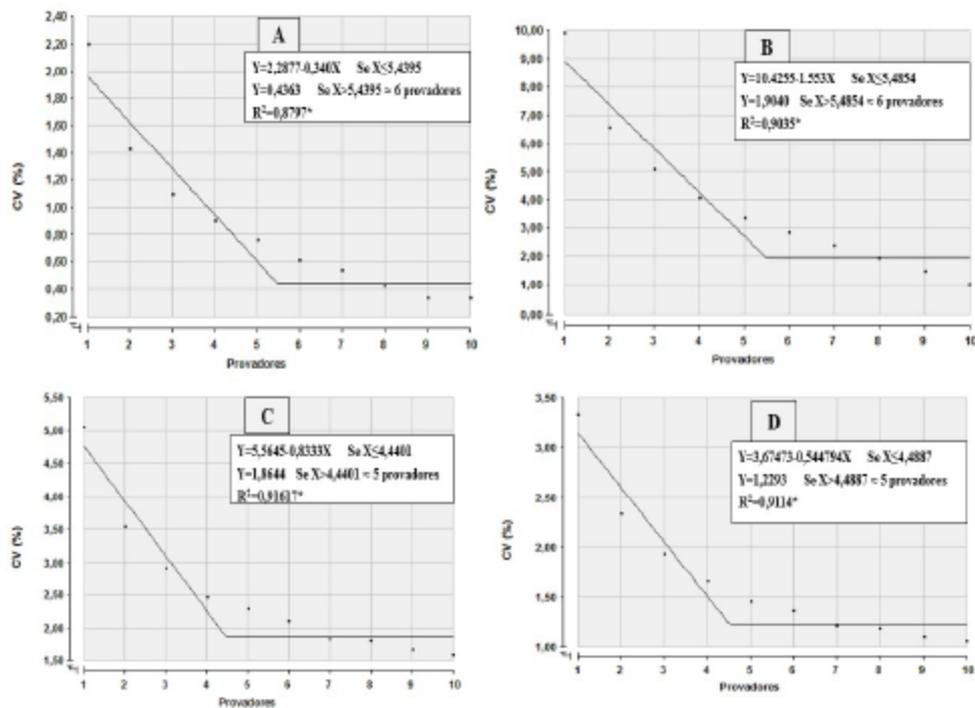


Figura 1 – Relação entre o coeficiente de variação e número de provadores pelo método da regressão linear de resposta a platô para característica qualidade global (A), Fragrância (B), Sabor (C) e Equilíbrio (D). * = significativo a 5%; ** = significativo a 1%, pelo teste F; ns = não significativo.

Estes resultados confirmam os trabalhos realizados por Bhumiratana et al (2011) e DiDonfrancesco (2014) que utilizaram 06 provadores treinados para realização de análises sensoriais descritivas e com Cook et al (2005) que adotaram o uso de 15 provadores inicialmente e, após seleção mais criteriosa com base na sensibilidade sensorial, utilizaram 06 provadores. Outros autores utilizaram número de provadores inferiores aos encontrados neste trabalho como Bosselmann et al (2009) que adotaram 03 provadores da SCAA para realização da análise de qualidade de cafés, Alvarado & Linnemann (2010) que utilizaram um 01 provador e um painel com 12 consumidores treinados para realização de seu estudo e Pereira et al (2010) que adotaram o uso de 03 provadores.

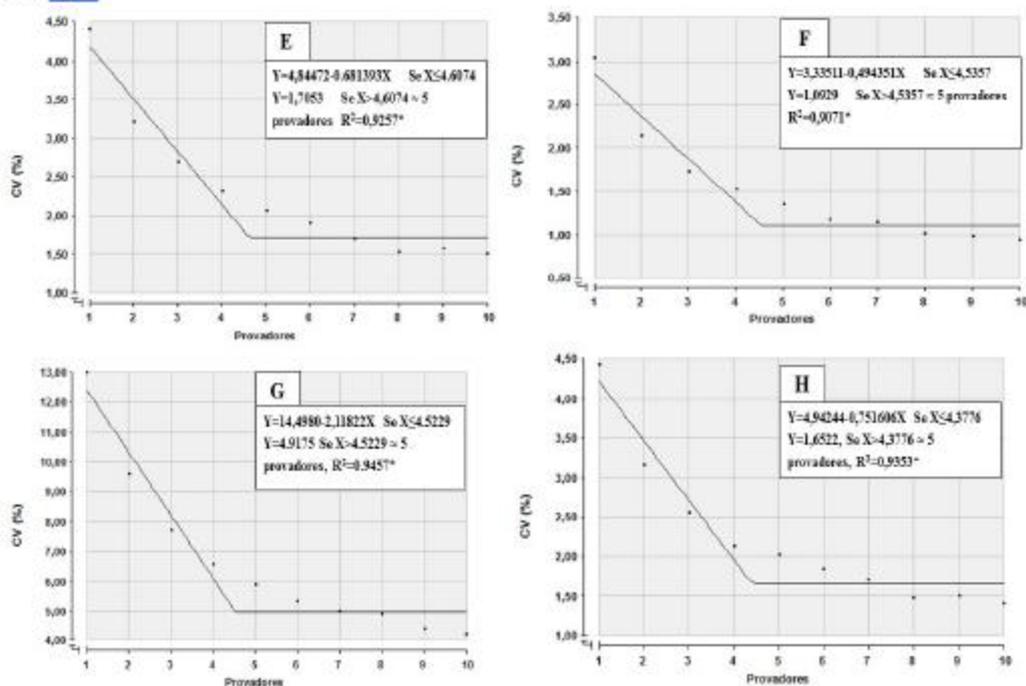


Figura 2 – Relação entre o coeficiente de variação e número de provadores pelo método da regressão linear de resposta a platô para característica acidez (E), Corpo (F), Doçura (G) e Finalização (H). * = significativo a 5%; ** = significativo a 1%, pelo teste F; ns = não significativo.

A prova de xícaras ou análise sensorial, tem-se mostrado muito subjetiva, para tanto, Nebesny e Budryn (2006) observaram que existem diferenças entre as percepções de mulheres e homens durante a análise sensorial de café, no quesito avaliação de aroma. Na mesma linha Cook et al (2005), verificaram que as diferenças de sexo, idade, bem como os fatores psicológicos, têm sido atribuídos nas diferentes percepções da análise sensorial.

Mesmo em torno desta subjetividade e de interações com o meio ambiente que circunda o processo de análise sensorial de café, é plausível e perceptível a contribuição dos juizes (degustadores) no processo de classificação da qualidade do café. Sendo estes responsáveis por validar a qualidade final de um produto.

Desta forma, é possível expressar com base nos resultados expostos que o número de 5 a 6 provadores seria suficiente para reduzir os erros dos resultados das análises sensoriais (provas de xícaras) e que os ganhos com precisão não seriam significativos com emprego de mais de provadores para a tomada de decisão.



CONCLUSÃO

São necessários 6 provadores para estimar o tamanho ótimo do número de provadores utilizados em testes sensoriais que usam metodologias da SCAA e da BSCA para avaliar a qualidade global e fragrância do café arábica.

Para as características sabor, equilíbrio, acidez, corpo, doçura e finalização, são necessários 5 provadores para estimar o tamanho ótimo do número de provadores para os testes sensoriais que usam as metodologias da SCAA e da BSCA.

Recomenda-se o uso de 6 provadores de forma geral para análises sensoriais de cafés especiais, de modo a reduzir a subjetividade do processo.

Como a metodologia de simulação bootstrap foi aplicada a análise sensorial de cafés especiais, recomenda-se também a simulação pelo mesmo método de simulação para cafés arábicas de qualidade inferior e conilon.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo financiamento das pesquisas, bem como ao Instituto Federal do Espírito Santo pela disponibilização do laboratório para realização dos experimentos.

REFERÊNCIAS

- ALVARADO, R. A., LINNEMANN, A. R. (2010). The predictive value of a small consumer panel for coffee-cupper Judgment. *British Food Journal*, Vol. 112 No. 9, pp. 1023-1032.
- BASTOS, R.L. Proposição de testes bootstrap para o índice de qualidade sensorial. *Dissertação de mestrado* – Universidade Federal de Lavras. UFLA, 2014.
- COOK, D.J., HOLLOWOOD, T.A., LINFORTH, R.S.T., TAYLOR, A.J. (2005). Correlating instrumental measurements of texture and flavour release with human perception. *International Journal of Food Science and Technology*, Vol. 40, pp. 631–641.
- DI DONFRANCESCO, B. D., GUZMAN, N. G., CHAMBERS, E. (2014). Comparison of results from cupping and descriptive sensory analysis of Colombian brewed coffee. *Journal of Sensory Studies*, ISSN 0887-8250.
- Dzung, N. H., Dzuan, L. *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>.
- EFRON, B.; TIBSHIRANI, R. J. *An Introduction to the bootstrap*. (1993). New York: Chapman & Hall, 1th ed. pp 436.
- FEIRA-MORALES, A. M. (2002). Examining the case of green coffee to illustrate the limitations of grading systems/expert tasters in sensory evaluation for quality control. *Food Quality and Preference*, Vol. 13 pp. 355–367.



IX Simposio Internacional de Ingenieria Industrial: Actualidad y Nuevas Tendencias 2016
Porto Alegre, Brasil
Octubre 19, 20 y 21, 2016

LEONARDO, F.A.P.; PEREIRA, W.E.; SILVA, S.M.; ARAÚJO, R.C. (2015). Tamanho ótimo da parcela experimental de abacaxizeiro 'Vitória'. *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal*, v. 36, n. 4, p.909-916.

MOLIN, R. N. D., REIS, A. R., JUNIOR, E. F., BRAGA, G. C., SCHOLZ, M. B. S. (2008). Caracterização física e sensorial do café produzido nas condições topoclimáticas de Jesuitas, Paraná. *Revista Maringá*, v. 30, n. 3, p. 353-358.

MEISELMUN, H.L. Critical Evaluation of sensory techniques. (1993). *Food Quality and Preference*, Vol. 4, pp. 33-40.

PARANAIBA, P.F.; FERREIRA, D.F.; MARAIS, A.R. de. (2009). Tamanho ótimo de parcelas experimentais: proposição de métodos de estimação. *Revista Brasileira de Biometria, Jaboticabal*, v.27, n.2, p.255-268.

PEREIRA, M.C., CHALFOUN, S.M., CARVALHO, G.R., SAVIAN, T.V. (2010). Multivariate analysis of sensory characteristics of coffee grains (*Coffea arabica*L.) in the region of upper Paranaíba. *Acta Scientiarum. Agronomy*, Maringá, v. 32, n. 4, p. 635-641.

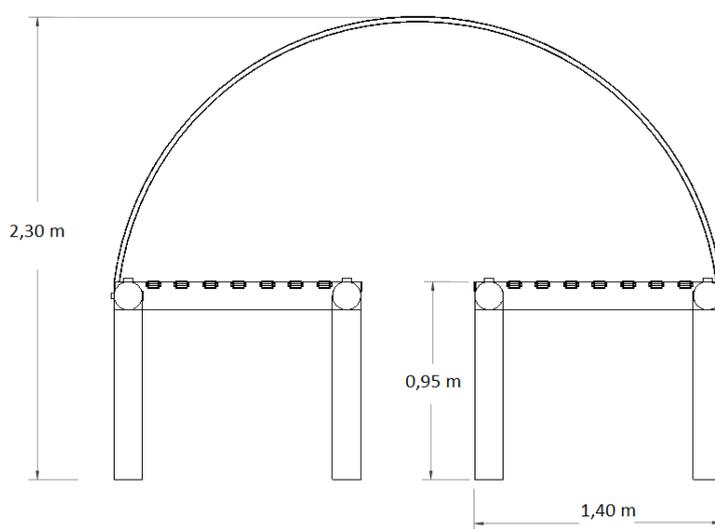
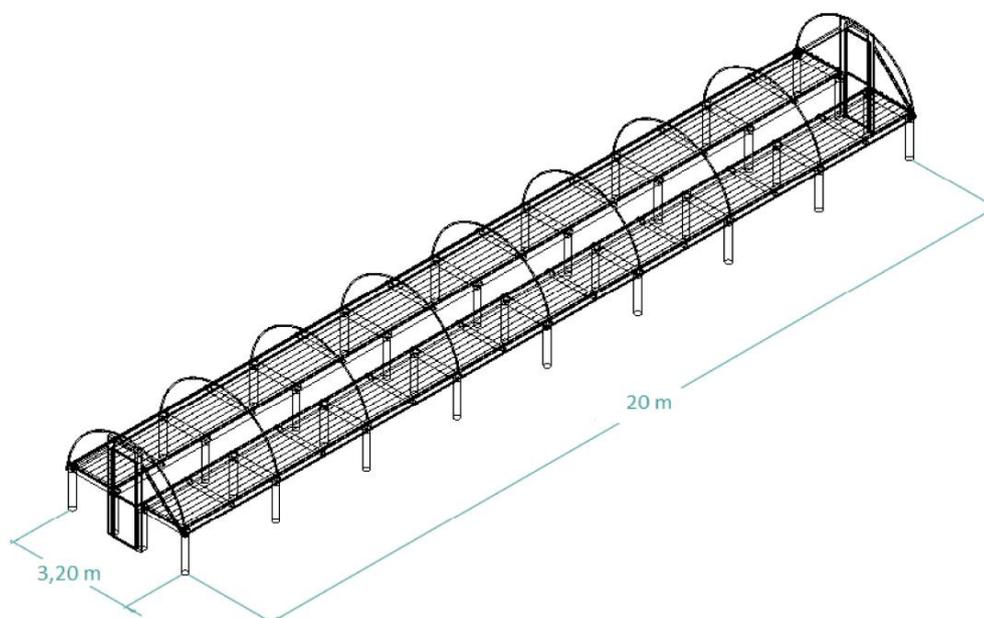
R CORE TEAM. *A Language and Environment for Statistical Computing*. Viena, Austria. Disponível em: <<https://www.R-project.org>>. Acessado em 15/02/2016.

Ribeiro Júnior, J. I.; Melo, A.L.P. *Guia prático para utilização do SAEG*. Viçosa: Folha, 2008. 288 p.

ROSS, C. F. (2009). Sensory science at the humane machine interface. *Trends in Food Science & Technology*. Vol. 20, pp. 63 e 72.

SCAA. *Specialty Coffee Association of American*. Protocols. January, 23, 2013. Disponível em: <<http://www.scaa.org/PDF/resources/cupping-protocols.pdf>>. Acessado em 03/02/2016.

ANEXO G – Planta em 3D e corte frontal do modelo de secagem empregado aos experimentos



Fonte: o autor.