

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

LUINA RIBEIRO NOIA

**DISCRIMINAÇÃO DA QUALIDADE DE CAFÉS CONILON POR
ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS**

**ALEGRE
2017**

LUINA RIBEIRO NOIA

**DISCRIMINAÇÃO DA QUALIDADE DE CAFÉS CONILON POR
ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Produção Vegetal, na área de concentração Biotecnologia e Ecofisiologia do Desenvolvimento de Plantas
Orientador: Prof. Dr. Adésio Ferreira

ALEGRE
2017

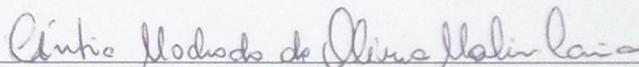
LUINA RIBEIRO NOIA

**DISCRIMINAÇÃO DA QUALIDADE DE CAFÉS CONILON POR ATRIBUTOS
FÍSICO-QUÍMICOS**

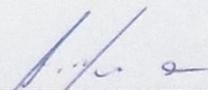
Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Produção Vegetal.

Aprovada em 22 de fevereiro de 2017.

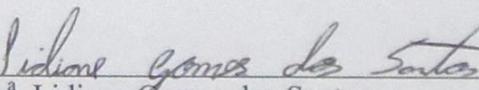
COMISSÃO EXAMINADORA:



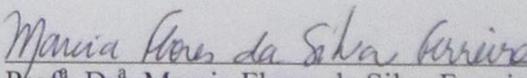
Dr.^a. Cíntia Machado de Oliveira Moulin Carias
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinadora externa



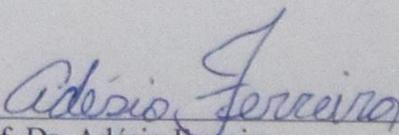
Prof. Dr. Sérgio Henriques Saraiva
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinador externo



Dr.^a. Lidiane Gomes dos Santos
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinadora externa



Prof.^a. Dr.^a. Marcia Flores da Silva Ferreira
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinadora interna



Prof. Dr. Adésio Ferreira
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador

Aos cafeicultores, em especial,
aos meus pais, Luiz e Rosa.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela natureza e por conceder-me vida e saúde para admirá-la e surpreender-me todos os dias com sua perfeição.

Ao Prof. Adésio por ter acreditado em mim e neste trabalho e lutado para que pudéssemos realizá-lo da melhor forma possível; pela compreensão, empolgação e amizade.

À Ana Beatriz pela ajuda, empenho, coorientação, companheirismo e amizade em todos os momentos deste trabalho.

Aos coorientadores Marcia e Tércio pelos ensinamentos, disponibilidade, carinho e incentivo.

À COOPEAVI, em especial ao Daniel Piazzini, pela parceria, confiança e interesse na realização deste trabalho; pela concessão das amostras e disponibilidade em cooperar; e pelo incentivo e apoio que tem dado aos produtores de café conilon de qualidade.

Ao Gustavo Sturm pela intermediação na obtenção das amostras, pelas ideias e conselhos.

Ao IFES pela disponibilização do Laboratório de Química para realização das análises bromatológicas; aos técnicos Jaqueline e Adriano, pela ajuda, boa vontade e ensinamentos.

Aos amigos da Biometria e do Laboratório de Genética e Melhoramento: Ramon, Lidiane, Cíntia, Clemilton, Liana, Paula, José Henrique, Drielli, Carolina, Guilherme, Matheus e Iana, por tornarem meus dias muito mais divertidos.

Às minhas amigas, Marina, Luiza e Danielle, pelo apoio, conselhos e suporte sempre que eu precisei.

A todos os professores que contribuíram com minha formação e aos colegas de disciplinas, com os quais pude aprender muito.

Ao meu namorado João Paulo, pelo amor, amizade e apoio.

A toda a minha família, em especial aos meus pais, Luiz e Rosa, e meu irmão, Carlos Hartur, por todo apoio, ajuda e por tornarem minhas lutas, suas lutas.

Aos órgãos financiadores de pesquisa (CNPq, FAPES e UFES), especialmente a CAPES pela concessão da bolsa de mestrado.

À Universidade Federal do Espírito Santo, pela oportunidade de realizar este trabalho.

A todos que contribuíram para realização deste trabalho.

A natureza não faz nada em vão.

Aristóteles

RESUMO

A composição química do café vem sendo estudada com o objetivo de caracterizar os compostos responsáveis pelos sabores e aromas presentes na bebida e identificar aqueles que causam sensações boas e ruins. No café conilon (*Coffea canephora*), este interesse surgiu recentemente, juntamente com o interesse por sua qualidade sensorial, que antes era pouco considerada. Dentre as análises que tem sido utilizadas para relacionar a composição com a qualidade do café estão as bromatológicas e cromatográficas. Neste trabalho, estas análises foram realizadas em 24 amostras de café conilon previamente classificadas sensorialmente, com o objetivo de relacionar caracteres físico-químicos com a qualidade do café conilon. As análises bromatológicas realizadas foram: umidade, cinza, lipídeos, acidez, pH, sólidos solúveis, açúcar total, açúcar redutor e não-redutor, compostos fenólicos, condutividade elétrica e lixiviação de potássio; e as análises cromatográficas foram: cafeína, trigonelina, ácido 5-cafeiolquínico (5-ACQ), ácido acético e ácido cítrico. A maioria das variáveis bromatológicas apresentaram correlação com a nota sensorial, sendo a condutividade elétrica e os açúcares as que mais se destacaram; a condutividade e o açúcar redutor apresentaram correlação negativa e o açúcar não-redutor apresentou correlação positiva. Foi possível formar grupos com separação das amostras de qualidade superior e inferior utilizando todas as amostras bromatológicas e também com, no mínimo, quatro ou cinco variáveis. Todas as variáveis cromatográficas tiveram correlação negativa com a nota sensorial, destacando-se o 5-ACQ com maior correlação, seguido pela cafeína. As variáveis condutividade, açúcar não-redutor, 5-ACQ, ácido cítrico e ácido acético foram agrupadas com as características qualitativas das amostras: classe sensorial, local de produção, tipo, peneira e preparo pós-colheita. Os menores valores de condutividade, 5-ACQ, ácido cítrico e ácido acético e os maiores valores de açúcar não-redutor se agruparam com cafés finos, tipo 3-4, peneira 15, preparo cereja descascado e local de produção Afonso Cláudio. Assim este trabalho aponta compostos que contribuem positiva e negativamente com a qualidade do café; indica um método de separação de amostras de diferentes qualidades através de análises bromatológicas de fácil realização; e demonstra alguns fatores de produção que influenciam a obtenção de cafés de qualidade.

Palavras-chave: análise sensorial; *Coffea canephora*; variáveis físico-químicas.

ABSTRACT

The coffee chemical composition has been studied with the objective to characterize the compounds responsible for tastes and flavors present in the beverage and identify those that cause good and bad sensations. In the conilon coffee (*Coffea canephora*), this interest arose recently, along with the interest for its sensorial quality, that before was little considered. Among the analyzes that have been used to relate the composition to the coffee quality are the bromatological and chromatographic ones. In this work, these analyzes were performed on 24 conilon coffee samples previously classified sensorially, aiming to relate physical-chemical characters with conilon coffee quality. The bromatological analyzes were: moisture, ash, lipids, acidity, pH, soluble solids, total sugar, reducing and non-reducing sugar, phenolic compounds, electrical conductivity and potassium leaching; and the chromatographic analyzes were: caffeine, trigonelin, 5-caffeoylquinic acid (5-ACQ), acetic acid and citric acid. Most of the bromatological variables correlated with the sensory note, and the electrical conductivity and the sugars that stood out; the conductivity and the reducing sugar presented negative correlation and the non-reducing sugar showed a positive correlation. It was possible to form groups with separation of the samples of superior and inferior quality using all the bromatological samples and also with at least four or five variables. All the chromatographic variables had a negative correlation with the sensory note, with 5-ACQ being the most correlated, followed by caffeine. The variables conductivity, non-reducing sugar, 5-ACQ, citric acid and acetic acid were grouped with the qualitative characteristics of the samples: sensory class, production local, type, grain size (sieve) and post-harvest preparation. The lowest values of conductivity, 5-ACQ, citric acid and acetic acid and the highest values of non-reducing sugar were grouped with fine coffees, type 3-4, sieve 15, peeled cherry preparation and Afonso Cláudio production local. Thus, this work points to compounds that contribute positively and negatively to the quality of coffee; indicates a method of separating samples of different qualities through easy-to-perform bromatological analyzes; and demonstrates some factors of production that influence the achievement of quality coffees.

Keywords: *Coffea canephora*; physical-chemical variables; sensory analysis.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I - Agrupamento Químico para Discriminação da Qualidade de Cafés Conilon

- Figura 1. Biplot dos dois primeiros eixos da análise de componentes principais (CP1 e CP2) de 12 variáveis em 24 amostras de café conilon.27
- Figura 2. Escores do componente principal 1 (CP1) de 12 variáveis analisadas em 24 amostras de café conilon.....28
- Figura 3. Agrupamento UPGMA de 24 amostras de café conilon por 12 variáveis químicas.29
- Figura 4. Imagem e média da nota sensorial, percentagem de defeitos, condutividade elétrica ($\text{uS cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$), e açúcar não-redutor (%) de 24 amostras de café conilon organizadas de acordo com o agrupamento UPGMA.30
- Figura 5. Agrupamentos UPGMA de 24 amostras café conilon com as variáveis: a) Condutividade elétrica, Cinza, Açúcar redutor e Umidade; b) Condutividade, Cinza, Açúcar redutor e pH; e c) Condutividade, Açúcar não-redutor, K, Cinza e Umidade.....31
- Figura 6. Análises de correspondência de variáveis qualitativas de 24 amostras de café conilon. a) Variáveis: classe sensorial (clas), local de produção (loc), tipo (tip), preparo (prep.), peneira (pen); b) acrescenta-se a variável condutividade elétrica (cond); c) acrescenta-se a variável açúcar não-redutor (anr), sem a condutividade.37

CAPÍTULO II - Influência da Cafeína, Trigonelina, Ácido 5-cafeioiquínico e Ácidos Orgânicos na Qualidade do Café Conilon

- Figura 1. Biplot dos dois primeiros eixos da análise de componentes principais (CP1 e CP2) de seis variáveis em 24 amostras de café conilon.50
- Figura 2. Análise de correspondência de variáveis qualitativas de 24 amostras de café conilon. Variáveis: classe sensorial (clas), local de produção (loc), tipo (tip), preparo (prep.), peneira (pen); ácido 5-cafeioiquínico (acq); ácido acético (ace); ácido cítrico (cit). CD = cereja descascada; NT = natural.....52

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I - Agrupamento Químico para Discriminação da Qualidade de Cafés Conilon

Tabela 1. Classificação sensorial da bebida do café conilon.....	12
Tabela 2. Nota e classificação sensorial, município de produção, preparo pós-colheita, tipo e peneira de 24 amostras de café conilon.	19
Tabela 3. Atributos químicos de 24 amostras de café conilon (*base seca)	23
Tabela 4. Correlação de Pearson entre 12 variáveis analisadas em 24 amostras de café conilon.	25
Tabela 5. Coeficientes de 12 variáveis analisadas em 24 amostras de café conilon para os quatro primeiros componentes principais.....	27
Tabela 6. Atributos qualitativos de 24 amostras de café conilon	33
Tabela 7. Contribuição dos pontos às duas principais dimensões das análises de correspondência de variáveis de 24 amostras de café conilon.	34
Tabela 2. Nota e classificação sensorial, município de produção, preparo pós-colheita, tipo e peneira de 24 amostras de café conilon.	45

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	11
2 OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GERAL.....	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3 REFERÊNCIAS	15

CAPÍTULO I - Agrupamento Químico para Discriminação da Qualidade de Cafés

Conilon	16
1 INTRODUÇÃO	17
2 METODOLOGIA	18
2.1 OBTENÇÃO DAS AMOSTRAS E ANÁLISE SENSORIAL	18
2.2 ANÁLISES QUÍMICAS	18
2.2.1 Umidade.....	18
2.2.2 Preparo das amostras.....	19
2.2.4 Extrato Etéreo.....	20
2.2.5 Acidez Titulável e pH	20
2.2.6 Sólidos Solúveis Totais	20
2.2.7 Açúcares totais, Açúcares redutores (AR) e não-redutores (ANR)	20
2.2.8 Compostos fenólicos totais	20
2.2.9 Condutividade elétrica e Lixiviação de potássio	21
2.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	21
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
3.1 ANÁLISES DE CORRELAÇÃO	24
3.2 ANÁLISES DE COMPONENTES PRINCIPAIS	26
3.3 ANÁLISES DE AGRUPAMENTO UPGMA	28
3.4 ANÁLISES DE CORRESPONDÊNCIA	32
4 CONCLUSÕES	39
5 REFERÊNCIAS	40

CAPÍTULO II - Influência da Cafeína, Trigonelina, Ácido 5-cafeiolquínico e Ácidos Orgânicos na Qualidade do Café Conilon.....

1 INTRODUÇÃO	43
2 METODOLOGIA	44
2.1 OBTENÇÃO DAS AMOSTRAS E ANÁLISE SENSORIAL	44
2.2 ANÁLISES CROMATOGRÁFICAS	44

2.2.1 Cafeína, trigonelina e ácido-5-cafeiolquínico (5-ACQ)	44
2.2.2 Ácidos orgânicos	46
2.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	46
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4 CONCLUSÕES.....	55
REFERÊNCIAS	56

1 INTRODUÇÃO GERAL

O café é uma das matérias-primas com maior importância no comércio internacional. É uma das bebidas mais apreciadas em todo mundo, não só pelas suas características organolépticas, mas também pelo seu efeito estimulante (ALVES; CASAL; OLIVEIRA, 2009).

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café há mais de 150 anos (TOPIK, 2007), com produção de 51,3 milhões de sacas em 2016 (CONAB, 2017). São 1,9 milhões de hectares plantados com café em 16 estados, gerando cerca de oito milhões de empregos em toda a cadeia produtiva. Os principais estados produtores são Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Paraná, Bahia e Rondônia (CONAB, 2017).

O Espírito Santo é o maior produtor de café conilon do país (CONAB, 2017). A cafeicultura está presente em todos os municípios, exceto na capital, e é a atividade com maior poder de geração de empregos no Estado. A atividade é o sustentáculo econômico de 80% dos municípios e responde por 43% do PIB agrícola capixaba. A cadeia produtiva, em sua totalidade, gera aproximadamente 400 mil postos de trabalho ao ano e só no setor de produção envolve 131 mil famílias (INCAPER, 2012).

A manutenção da atividade cafeícola pelos produtores, em maioria de regime familiar, depende da obtenção de bons preços pagos pelo café, para que a atividade seja rentável. Para tanto, a produção de café conilon de qualidade superior e a remuneração relacionada à qualidade é um grande incentivo (CONAB, 2013).

Por muito tempo, o café conilon foi discriminado, considerado uma bebida neutra, sem sabor, com utilidade apenas para misturas com o café arábica e para a fabricação de café solúvel. Entretanto, recentemente, tem despertado o interesse de especialistas e consumidores em todo o mundo com seu sabor diferente e nuances surpreendentes (THOMAZINI; STURM, 2013). Assim, a análise da qualidade do café conilon, que tem sido baseada apenas no seu tipo, passou a ser também sensorial, atendendo a mercados dispostos a pagar um acréscimo pelo diferencial da bebida.

É importante que o produtor tenha consciência desta possibilidade e trabalhe no desenvolvimento de grãos de qualidade superior que atendam esse novo nicho de mercado (THOMAZINI; STURM; THOMAZINI, 2012). Além disso, é também de grande importância, o incentivo dos produtores pelo governo, cooperativas e empresas, como o Concurso Estadual de Conilon de Qualidade, que vem sendo realizado a quatro anos e premia os cafés com melhor qualidade de bebida.

A avaliação sensorial é feita por três razões: para determinar as diferenças sensoriais, descrever o sabor e determinar a preferência do degustador pelas amostras. A qualidade de atributos de sabor específicos é analisada e então, recorrendo à experiência anterior do degustador, cada atributo de sabor é pontuado numa escala numérica. As pontuações das amostras podem então ser comparadas. Os cafés que recebem pontuações mais altas devem ser perceptivelmente melhores que os que recebem pontuações mais baixas (OIC, 2015).

Os trabalhos de classificação sensorial do café conilon iniciaram-se em 1998, pelo classificador José Luiz Barbosa de Toledo. Ele observou que não havia semelhança do café conilon com o café arábica. Assim, a classificação adotada desde 1949 para o café arábica não poderia continuar a ser usada para o café conilon (CORTEZ, 2004). Então, observando também as práticas de classificação de cafés robustas em outros países, Cortez (2004) propôs um padrão para a classificação da bebida do café conilon (Tabela 1).

Tabela 1. Classificação sensorial da bebida do café conilon

Sabor	Característica
Suave	Gosto característico de café conilon, de intensidade suave.
Médio	Gosto característico de café conilon, de intensidade média.
Intenso	Gosto característico de café conilon, de intensidade marcante.
Gosto Estranho	Outros gostos, de origem diversa e predominando sobre o gosto característico de café conilon.

Fonte: CORTEZ (2004)

Em setembro de 2010, a Organização Internacional do Café (OIC) divulgou um documento enviado pelo Instituto da Qualidade do Café (IQC), contendo informações sobre protocolos para a degustação do conilon. O formulário de degustação oferece um meio sistemático para registrar dez importantes atributos de sabor do café conilon: fragrância/aroma, sabor, retrogosto, relação salinidade/acidez, relação amargor/doçura, sensação na boca, equilíbrio, uniformidade, limpeza e conjunto (OIC, 2015).

De acordo com o julgamento dos degustadores, as notas podem variar numa escala de 0 a 100. O total de pontos é calculado pela soma das pontuações de cada atributo primário. O valor correspondente aos defeitos é, então, subtraído do total de pontos para se obter o resultado final. A seguinte chave dos resultados é utilizada para classificar o café (Tabela 2):

Tabela 2. Chave de resultados para classificação da qualidade de café conilon

Pontuação Total	Descrição da Qualidade	Classificação
90-100	Excepcional	Muito Fino
80-90	Fino	Fino
70-80	Muito Bom	Prêmio
60-70	Médio	Boa Qualidade Usual
50-60	Razoável	Boa Qualidade Usual
40-50	Razoável	Comercial
< 40		Classificação Comercializável
< 30		Abaixo da Classificação Mínima
< 20		Não-Classificável
< 10		Escolha

Fonte: OIC, 2015

Os atributos de sabor e aroma relacionados à qualidade de bebida do café são gerados por um conjunto de compostos químicos presentes nos grãos de café, tais como sacarose, cafeína, trigonelina, ácidos clorogênicos, ácidos orgânicos e ácidos graxos (FIGUEIREDO et al., 2013). As concentrações de tais compostos tem sido relacionadas com a qualidade do café arábica (FARAH et al., 2006; BARBOSA et al., 2012; FIGUEIREDO et al., 2015). Em café conilon, a concentração dos compostos tem sido avaliada, na maioria das vezes, para comparação com o café arábica ou discriminação de variedades (CASAL et al., 2000; KY et al., 2001; FARAH, 2012). A relação de compostos químicos com a qualidade do café conilon é pouco estudada (AGNOLETTI, 2015).

A identificação da composição química do café pode ser feita por diversos métodos, dentre eles, as análises bromatológicas e as cromatográficas. A bromatologia é a ciência que estuda os alimentos e compreende o estudo de sua composição. Geralmente, as análises bromatológicas envolvem métodos mais simples e baratos, como a gravimetria e a volumetria, e fornece dados como a umidade, conteúdo mineral, teor de carboidratos e lipídeos, pH e acidez, dentre outros.

A cromatografia é uma técnica que permite separar compostos dificilmente separados por técnicas mais simples, como as extrações utilizadas na bromatologia. Por exemplo, na bromatologia, é possível identificar a acidez dos grãos de café, mas não é possível saber quais ácidos estão atuando, pois não se consegue separá-los. Assim, utiliza-se a cromatografia para separar estes ácidos.

Neste trabalho, ambas as técnicas foram empregadas para verificar a presença e quantificar os compostos químicos presentes em amostras de café conilon. E, a partir desses dados, foram comparadas as composições das amostras de diferentes qualidades, constatada a

existência de diferença química entre elas, quais são essas diferenças e como elas se relacionam com a qualidade sensorial do café.

O conhecimento da relação de determinado composto químico com o sabor e aroma do café, e, conseqüentemente, com a qualidade da bebida, é fundamental para o entendimento desta qualidade e para a descoberta e compreensão das causas que levam ao acúmulo maior ou menor destes compostos, gerando as diferentes bebidas.

Este conhecimento gerará um entendimento científico dos sabores e sensações que a bebida do café conilon produz, facilitando a linguagem e o trabalho dos degustadores; confirmará cientificamente a existência de diferença qualitativa entre amostras de café conilon, tornando esta verdade palpável aos produtores e ao mercado, e valorizando o produto; e poderá gerar padrões que permitirão a classificação químico-qualitativa das amostras, visando apenas facilitar a análise sensorial, já que esta é totalmente dependente dos sentidos dos degustadores.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Relacionar a qualidade sensorial da bebida com caracteres físico-químicos de amostras de café conilon.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar caracteres físico-químicos de amostras de café conilon por análises bromatológicas e cromatográficas;
- Relacionar caracteres físico-químicos de amostras de café conilon com a qualidade sensorial destas;
- Agrupar as amostras de acordo com sua composição química e verificar a proximidade das amostras de qualidade semelhante.
- Identificar indicadores químicos de qualidade do café conilon.
- Relacionar informações qualitativas – local da lavoura, modo de processamento, tipo e peneira do café – com a qualidade e os caracteres físico-químicos das amostras.

3 REFERÊNCIAS

- AGNOLETTI, B. Z. **Avaliação das propriedades físico-químicas de café arábica (*Coffea arabica*) e conilon (*Coffea canephora*) classificados quanto à qualidade da bebida.** 2015. 110 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2015.
- ALVES, R. C.; CASAL, S.; OLIVEIRA, B. Benefícios do café na saúde: mito ou realidade? **Química Nova**, v. 32, n. 8, p.2169-2180, 2009.
- BARBOSA, J. N. Coffee Quality and Its Interactions with Environmental Factors in Minas Gerais, Brazil. **Journal of Agricultural Science**, v. 4, n. 5, p. 181-190, 2012.
- CASAL, S. et al. Discriminate Analysis of Roasted Coffee Varieties for Trigonelline, Nicotinic Acid, and Caffeine Content. **Journal of Agriculture Food Chemical**, v. 48, n. 8, p. 3420-3424, 2000.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de café: safra 2017.** Brasília: CONAB, 2017.
- CONAB. **Café: conjuntura no ES.** Vitória: CONAB, 2013.
- CORTEZ, J. G. Padrões de bebida para o café conilon. In: Simpósio Estadual de Café, 6., 2004, Vitória, ES. **Anais...** Vitória, ES: 2004.
- FARAH A. Coffee constituents. In: Chu YF, editor. **Coffee: emerging health effects and disease prevention.** Iowa: Wiley-Blackwell/IFT Press, 2012. p. 22–57.
- FARAH, A. et al. Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee. **Food Chemistry**, v. 98, n. 2, p. 373–380, 2006.
- FIGUEIREDO, L. P. **Abordagem sensorial e química da expressão de genótipos de Bourbon em diferentes ambientes.** 2013. 127 p. Tese (doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.
- FIGUEIREDO, L. P. et al. Fatty acid profiles and parameters of quality of specialty coffees produced in different Brazilian regions. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 35, p. 3484-3493, 2015.
- INCAPER. Café sustentável. **Incaper em revista**, v. 1, n. 1, p. 50-51, 2012.
- KY, C. L. Caffeine, trigonelline, chlorogenic acids and sucrose diversity in wild *Coffea arabica* L. and *C. canephora* P. accessions. **Food Chemistry**, v. 75, n. 2, p. 223–230, 2001.
- OIC. **Protocolos para a degustação do robusta.** Disponível em: <<http://www.ico.org/documents/pscb-123-p-robusta.pdf>>. Acesso em: 13 ago. 2015.
- THOMAZINI, A. J. ; STURM, G. M. ; THOMAZINI, A. . Atualidades e desafios para a sustentabilidade do café conilon de qualidade. In: THOMAZ et al. (Org.). **Inovação, difusão e integração: bases para a sustentabilidade da cafeicultura.** 1ed. Alegre: CCAUFES, 2012, v. 3, p. 45-55.
- THOMAZINI, A.; STURM, G. M. Conilon de qualidade. In: PARTELLI, F. L.; OLIVEIRA, M. G.; SILVA, M. B. **Café Conilon: Qualidade, adubação e irrigação.** 1. ed. São Mateus: , 2013. v. 1. 167p .
- TOPIK, S. **The world coffee market in the eighteenth and nineteenth centuries, from colonial to national regimes.** California: Department of History, 2004.

CAPÍTULO I

Agrupamento Químico para Discriminação da Qualidade de Cafés Conilon

Resumo: A qualidade sensorial do café conilon, é um parâmetro que começou a ser considerado recentemente para esta espécie (*Coffea canephora*) e tem grande importância para produtores, comerciantes e consumidores. A prova do café, realizada por degustadores, é um trabalho exaustivo e oneroso que poderia ser facilitado por uma classificação prévia do café. A relação entre a qualidade do café e a composição química deste vem sendo estudada e pode ser uma forma de separação de cafés de diferentes qualidades. Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar a relação de variáveis bromatológicas com a qualidade sensorial do café conilon, e a capacidade destas variáveis de agrupar amostras sensorialmente semelhantes. Para tanto, avaliou-se 24 amostras de café conilon de diferentes qualidades, por meio de 11 análises bromatológicas. Observou-se alta correlação entre as variáveis e as notas sensoriais dos cafés e foi possível agrupar as amostras de acordo com sua qualidade através das variáveis químicas. Agrupamentos semelhantes foram obtidos com menor número de variáveis, quatro ou cinco; e as variáveis condutividade elétrica e açúcares foram as que mais se correlacionaram com a qualidade sensorial.

Palavras-chave: análise sensorial; bromatologia; *Coffea canephora*;

Abstract: The sensorial quality of conilon coffee is a recent parameter considered for this specie (*Coffea canephora*) and is of great importance for coffee producers, traders and consumers. The coffee cupping, made by coffee tasters, is an exhaustive and expensive work that could be facilitated by a previous coffee classification. The relationship between coffee quality and its chemical composition has been studied and can be a way of separating coffees of different qualities. Thus, the objective of this work was to verify the relationship between bromatological variables and the sensory quality of conilon coffee, and the ability of these variables to group sensorially similar samples. For that, 24 samples of different qualities conilon coffee were evaluated through 11 bromatological analyzes. There was a high correlation between the variables and the sensory notes of the coffees. Was possible to group the samples according to their quality through the chemical variables. Similar groupings were obtained with fewer variables, four or five; and the variables electrical conductivity and sugars were the most correlated with the sensorial quality.

Keywords: bromatology; *Coffea canephora*; sensory analysis.

1 INTRODUÇÃO

A composição química dos alimentos vem sendo estudada há séculos, visando beneficiar programas nos campos da nutrição, saúde e educação, além de agricultura, indústria e marketing de alimentos. Tem-se observado, desde então, a diversidade de composição dos produtos alimentícios, seja devido a diferenças entre espécies e dentro de espécies, ou aos locais e manejos de produção e pós-produção, dentre outros fatores que podem afetar a composição química do alimento, e assim, suas características e qualidade (GIUNTINI; LAJOLO; MENEZES, 2006).

A composição química do café vem sendo estudada com o objetivo de caracterizar os compostos responsáveis pelos sabores e aromas presentes na bebida e identificar aqueles que causam sensações boas e ruins.

Tais sensações são bem interpretadas pelos degustadores de café. Estes provam a bebida e analisam sua qualidade, pontuando-a numa escala numérica. Os cafés que recebem pontuações mais altas devem ser perceptivelmente melhores que os que recebem pontuações mais baixas (OIC, 2015). Entretanto, a quantidade demasiada de amostras, dentre outros fatores, como o cansaço ou a desatenção do degustador, podem afetar a análise, gerando pontuações e classificações errôneas do café.

Em café arábica, *Coffea arabica*, (FARAH et al., 2006; BARBOSA et al., 2012; FIGUEIREDO et al., 2015), e mais recentemente no conilon, *Coffea canephora*, (AGNOLETTI, 2015), tem sido relatados alguns caracteres físico-químicos que parecem estar relacionados com a qualidade sensorial do café. As análises destas variáveis podem ser utilizadas para uma classificação prévia dos cafés, reduzindo o dispendioso e exaustivo trabalho dos degustadores.

Para tanto, é necessário que essas análises sejam simples, rápidas e baratas, como as análises bromatológicas, que utilizam basicamente técnicas gravimétricas e volumétricas e alguns aparelhos de fácil manuseio.

Dentre as análises bromatológicas que parecem ter relação com a qualidade do café, estão a umidade, cinza, lipídeos, acidez, pH, sólidos solúveis, açúcares, compostos fenólicos, condutividade elétrica e lixiviação de potássio.

A umidade está intimamente relacionada com as reações químicas dos grãos em todas as suas fases, principalmente durante o armazenamento e a torrefação. As cinzas, que são o conteúdo mineral do grão, estão relacionadas com o sabor salgado observado em algumas bebidas de café. Os lipídios são importantes precursores do aroma do café: durante a torra, eles são expelidos para a superfície do grão, formando uma capa que retém os aromas

voláteis, os quais são paulatinamente perdidos após a moagem (MAZZAFERA et al., 1998). A acidez e o pH indicam o gosto ácido do café, que pode ser bom ou ruim, dependendo dos ácidos presentes (SIQUEIRA; ABREU, 2006). Os sólidos solúveis são importantes para o rendimento e o corpo da bebida (SAATH, 2010). Os compostos fenólicos são responsáveis pela adstringência dos frutos (FERNANDES et al., 2001). Os açúcares são responsáveis pelo sabor adocicado (FIGUEIREDO, 2013) e precursores do sabor e aroma característicos da bebida, dando origem a várias substâncias (FARAH et al., 2006). A condutividade elétrica e a lixiviação de potássio estão relacionados com a presença de defeitos nos grãos, e portanto, com sabores desagradáveis (PRETE, 1992).

Neste trabalho, essas análises foram feitas com o objetivo de verificar quais delas se relacionam com a qualidade sensorial do café conilon, sendo capazes de agrupar amostras sensorialmente semelhantes.

2 METODOLOGIA

2.1 OBTENÇÃO DAS AMOSTRAS E ANÁLISE SENSORIAL

As amostras analisadas são provenientes de cafeicultores do estado do Espírito Santo, coletadas e cedidas pela COOPEAVI. As amostras foram avaliadas por degustadores durante o III Concurso Estadual de Café Conilon de Qualidade realizado no segundo semestre de 2014 (Tabela 2). Cada amostra foi acompanhada por uma ficha que continha as informações organizadas na tabela 2.

2.2 ANÁLISES QUÍMICAS

Foram realizadas análises bromatológicas do teor de umidade e cinzas, lipídios, condutividade elétrica, lixiviação de potássio, acidez titulável, açúcares, sólidos solúveis e compostos fenólicos. Todas as análises foram realizadas com três repetições.

2.2.1 Umidade

Para determinar o teor de umidade dos grãos, aproximadamente 10 g de café cru foram colocados em cadinho e mantidos em estufa a 105 ± 1 °C até peso constante. A umidade foi calculada pela diferença entre o peso inicial e o peso final da amostra.

Tabela 2. Nota e classificação sensorial, município de produção, preparo pós-colheita, tipo e peneira de 24 amostras de café conilon.

Amostra	Nota	Classificação	Município	Preparo	Tipo	Peneira		
						15	12	Fundo
1	86	Fino	Afonso Cláudio	Cereja descascado	4	97	0	3
2	84,5	Fino	Afonso Cláudio	Cereja descascado	4-10	95	0	5
3	86	Fino	Afonso Cláudio	Cereja descascado	4	97	0	3
4	86,5	Fino	Afonso Cláudio	Cereja descascado	4-05	96	0	4
5	87,5	Fino	Afonso Cláudio	Cereja descascado	3-45	97	0	3
6	84	Fino	Afonso Cláudio	Cereja descascado	4	97	0	3
7	85	Fino	Afonso Cláudio	Cereja descascado	3-40	98	0	2
8	81	Fino	Santa Tereza	Cereja descascado	5-15	86	12	2
9	81	Fino	Itarana	Cereja descascado	7	45	51	4
10	78	Prêmio	São Roque	Cereja descascado	6-05	90	9	1
11	80	Fino	Santa Tereza	Natural	5-10	0	98	2
12	79	Prêmio	Santa Tereza	Natural	7	0	98	2
13	50	Comercial	Itaguaçu	Natural	7-25	0	99	1
14	77	Prêmio	Castelo	Natural	5-45	0	99	1
15	78	Prêmio	Castelo	Natural	6-20	0	98	2
16	50	Comercial	Santa Tereza	Natural	7-15	0	98	2
17	60	Médio	Santa Tereza	Natural	7-15	0	97	3
18	50	Comercial	Itarana	Natural	7-20	0	96	4
19	50	Comercial	Santa Tereza	Natural	7-30	0	97	3
20	50	Comercial	Fundão	Natural	8	0	95	5
21	50	Comercial	Ibiraçu	Natural	7-45	0	87	13
22	83	Fino	Santa Tereza	Natural	7-05	0	96	4
23	60	Médio	Santa Tereza	Natural	6-40	0	99	1
24	50	Comercial	Santa Tereza	Natural	7-30	0	98	2

2.2.2 Preparo das amostras

Para as demais análises, cerca de 100 g de cada amostra foram secas a 105 ± 1 °C até peso constante. Parte da amostra seca foi mantida com os grãos inteiros para as análises de condutividade e lixiviação de potássio e parte foi moída em moinho de facas e passada em peneiras com malha 0,5 mm. Os grãos inteiros e moídos de cada amostra foram acondicionados em sacos plásticos, vedados por selagem do plástico e mantidos em geladeira a 4°C.

2.2.3 Teor de Cinzas

Para a determinação do teor de cinzas, foi utilizado o método 920.93 (AOAC, 2005), o qual se baseia na determinação da perda de peso do material submetido à incineração em mufla a 550°C. As pesagens foram feitas até peso constante. A perda de peso fornece o teor de matéria orgânica, e a quantidade de cinzas é dada em $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$.

2.2.4 Extrato Etéreo

A quantidade de substâncias lipídicas foi determinada pelo método de Soxhlet (método 920.39 – AOAC, 2005), pela extração descontínua com o solvente éter etílico, e consequente solubilização da gordura. Após dessecação, o material extraído foi pesado, e a diferença entre este e o peso inicial da amostra corresponde à quantidade de extrato etéreo da amostra.

2.2.5 Acidez Titulável e pH

A acidez titulável foi determinada por titulação de acordo com técnicas descritas pela AOAC (1990). O extrato utilizado foi obtido a partir de 2 gramas de amostra de café moído diluído em 50 mL de água destilada, sendo agitado em agitador mecânico por 1 hora a 150 rpm. A solução extrato foi filtrada e mediu-se o pH com um pHmetro. Uma alíquota de 5 mL foi separada e diluída em 50 mL de água destilada. A acidez total foi determinada por titulação com solução NaOH 0,01 N, utilizando-se uma solução de fenolftaleína 1% como indicador.

2.2.6 Sólidos Solúveis Totais

Os teores de sólidos solúveis das amostras de café foram determinados de acordo com a metodologia descrita na AOAC (1990). O extrato utilizado foi obtido a partir de 2 g de amostra diluídos em 50 mL de água destilada, sendo agitado em agitador mecânico por 1 hora a 150 rpm. O extrato foi filtrado e uma alíquota de 5 mL foi transferida para um béquer para a leitura do teor de sólidos solúveis em refratômetro de bancada. O resultado foi apresentado em porcentagem de massa seca com ajustes em relação à temperatura.

2.2.7 Açúcares totais (AT), Açúcares redutores (AR) e não-redutores (ANR)

Os açúcares totais (AR + sacarose) e os açúcares redutores (AR) foram extraídos pelo método de Lane-Enyon, citado pela AOAC (1990), e determinados pela técnica de SOMOGY, adaptada por Nelson (1944). Os teores de açúcares totais e os redutores foram obtidos por espectrofotometria. Para tanto, primeiro foi determinada a curva padrão de glicose ($\mu\text{g } \mu\text{L}^{-1}$). Os dissacarídeos (açúcares não redutores – ANR) foram encontrados por diferença entre os açúcares totais (AR + sacarose) e os açúcares redutores (AR).

2.2.8 Compostos fenólicos totais

Para a determinação dos fenólicos totais foi utilizado o método do espectrofotômetro de Folin-Ciocalteu (BUDINI; TONELLI; GIROTTI, 1980) com adaptações.

2.2.9 Condutividade elétrica e Lixiviação de potássio

A condutividade elétrica dos grãos crus foi determinada com a metodologia proposta por Prete et al. (1992), utilizando-se, para cada amostra, quatro repetições com 50 grãos crus, os quais foram pesados em balança de precisão de 0,0001 g. Em seguida as amostras foram imersas em 75 mL de água destilada em copos plásticos de 200 mL. Os recipientes foram colocados em estufa ventilada em temperatura de 25°C por 5 horas, procedendo-se a leitura da condutividade elétrica da solução em aparelho DIGIMED mod. DM-31. Com os dados obtidos foram calculadas as condutividades elétricas, expressando-se o resultado em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ de amostra.

A determinação da quantidade de potássio lixiviado dos grãos crus foi realizada em espectrofotômetro de absorção atômica segundo metodologia proposta por Prete et al. (1992). Finalizada a leitura da condutividade elétrica, foi retirada uma alíquota das soluções de cada amostra, as quais foram preparadas para a determinação da quantidade de íons de potássio lixiviado. Com os dados obtidos foi calculado o lixiviado de potássio.

2.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os resultados obtidos através das análises químicas foram organizados em tabela. Realizou-se uma análise de variância para identificar a existência de diferença estatística entre as amostras avaliadas ($\alpha = 5\%$). Para as variáveis que apresentaram diferença estatística, realizou-se um teste de Skott Knott ($\alpha = 5\%$), agrupando-as de acordo com a igualdade estatística entre os valores apresentados.

Para verificar a correlação entre as variáveis químicas e, principalmente, entre elas e a nota sensorial, realizou-se a análise de correlação de Pearson e a análise de trilha. Também foi feita uma análise de multicolinearidade e eliminou-se as variáveis com correlação maior que 0,90 para reduzir a multicolinearidade.

Posteriormente, a análise de componentes principais foi realizada com o objetivo de reduzir o conjunto de dados, verificar a relação entre variáveis e amostras e agrupá-las. Foram considerados os componentes principais cujo somatório de suas variâncias representassem pelo menos 70% da variância acumulada, e deu-se maior atenção ao componente com maior influência da nota sensorial. A partir dos dois principais componentes, construiu-se um gráfico biplot para observar o agrupamento das amostras e das variáveis e o comportamento delas em relação umas às outras e principalmente à nota sensorial.

Realizou-se então o agrupamento UPGMA (Unweighted Pair Group Method using Arithmetic averages) utilizando-se a distância euclidiana média padronizada das amostras calculada a partir dos valores das variáveis químicas. Algumas variáveis foram selecionadas a partir da observação das análises de componentes principais e de correlação para a formação de dendrogramas com menores números de variáveis.

Por fim, as variáveis qualitativas (Tabela 2) foram avaliadas e agrupadas por meio de análise de correspondência múltipla. Algumas variáveis quantitativas com alta relação com a nota sensorial foram convertidas em qualitativas para serem também relacionadas.

As análises foram realizadas com o auxílio dos programas Genes (CRUZ, 2013) e R.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores encontrados por meio das análises bromatológicas apresentaram diferença significativa entre as amostras de café conilon para todos os parâmetros pela análise de variância, porém, pelo teste de Skott Knott, as variáveis cinzas e compostos fenólicos não apresentaram diferença significativa (Tabela 3). Este resultado confirma a existência de diferença de qualidade entre amostras de café conilon, antes apresentada em forma de notas sensoriais (Tabela 1), e contribui para desconstruir o paradigma de que cafés conilon são todos iguais em relação à qualidade.

Devido à severa multicolinearidade observada entre os dados, a variável AT foi retirada das análises. A variável AT foi selecionada para ser excluída da análise devido à alta correlação entre ela e o ANR, de 0,99, e alto efeito indireto da variável ANR sobre AT observado por análise de trilha, na qual considerou-se a nota como variável básica ou dependente. Esta alta correlação pode ser explicada pelo fato do ANR ser obtido pela subtração do AR do AT.

A multicolinearidade representa o grau em que qualquer efeito de variável pode ser prescrito ou explicado pelas outras variáveis na análise, como pode ser observado pela análise de trilha para AT. Ela é prejudicial porque seu aumento diminui a habilidade de definir qualquer efeito da variável. Para identificá-la, a maneira mais simples é realizar um exame da

Tabela 3. Atributos químicos de 24 amostras de café conilon (*base seca)

Amostra	Umidade (%)	Cinza (%)*	pH	Acidez (mEq H ⁺)	SST (%)*	AT (%)*	AR (%)*	ANR (%)*	Lipídios (%)*	Fenólicos (mg/100g)*	Cond. (μS cm ⁻¹ g ⁻¹)*	K (ppm g ⁻¹)*
1	10,96c	4,21a	6,05a	1,30c	37,56e	12,41a	2,17e	10,24a	5,87b	3600,56a	43,15e	30,27e
2	10,31d	3,86a	5,83b	1,39b	37,63d	12,22a	2,14e	10,08a	5,68b	3590,40a	46,96e	32,47e
3	11,58c	4,41a	5,90b	1,40b	37,62d	11,32b	2,00g	9,31b	5,56b	3522,83a	53,71d	41,38d
4	11,85c	3,97a	6,03a	1,27c	50,10a	11,23b	2,08f	9,15b	8,27a	3609,11a	42,11e	32,07e
5	11,29c	3,94a	6,10a	1,23c	37,54e	12,12a	2,14e	9,99a	6,68b	3579,13a	47,49e	33,28e
6	11,16c	4,27a	6,06a	1,25c	43,77c	11,35b	1,98g	9,38b	7,89a	3591,94a	37,37e	34,21e
7	11,40c	3,44a	6,06a	1,21c	43,75c	10,91c	1,89h	9,01b	6,58b	3523,89a	37,02e	29,54e
8	11,52c	4,25a	6,08a	1,44b	43,81c	10,72c	2,34c	8,39c	8,29a	3606,62a	70,75c	51,29c
9	11,58c	4,00a	6,06a	1,32c	43,82c	9,04e	2,16e	6,88e	6,52b	3605,54a	72,01c	65,28b
10	12,38b	4,39a	6,05a	1,34b	43,80c	10,62c	2,15e	8,47c	6,39b	3600,34a	87,39c	75,45a
11	12,07b	3,96a	6,08a	1,30c	43,81c	9,29e	1,96g	7,33d	4,99b	3629,31a	65,61d	46,90d
12	11,15c	4,34a	6,14a	1,27c	43,80c	11,15b	2,16e	9,00b	5,33b	3617,99a	80,96c	57,12c
13	10,69d	5,08a	6,08a	1,35b	43,72c	8,29f	2,24d	6,05f	6,30b	3566,38a	77,53c	53,00c
14	10,00d	4,20a	5,85b	1,55a	43,87b	10,81c	2,24d	8,57c	6,62b	3560,76a	46,67e	41,71d
15	9,23e	3,92a	5,94b	1,38b	43,80c	9,76d	2,07f	7,69d	6,16b	3465,31a	57,99d	61,54b
16	10,01d	4,80a	5,63b	1,62a	43,87b	9,22e	2,47b	6,74e	6,29b	3681,85a	97,32b	86,63a
17	9,39e	4,35a	5,77b	1,40b	43,87b	9,33e	2,30c	7,03e	6,26b	3644,51a	97,13b	82,68a
18	11,07c	4,54a	5,90b	1,70a	43,88b	10,35c	2,56a	7,79d	6,86b	3658,54a	112,66a	89,84a
19	11,58c	4,11a	6,11a	1,45b	43,89b	8,55f	2,60a	5,94f	6,07b	3644,01a	96,36b	42,25d
20	13,22a	4,21a	6,31a	1,27c	37,63d	8,13f	2,34c	5,79f	8,94a	3632,15a	122,08a	53,39c
21	9,18e	4,21a	5,88b	1,38b	43,88b	11,26b	2,48b	8,79c	6,13b	3671,86a	88,71c	80,64a
22	11,56c	3,72a	5,93b	1,42b	43,85b	10,00d	2,31c	7,69d	5,95b	3687,69a	54,96d	45,08d
23	9,26e	5,07a	5,89b	1,37b	43,80c	8,31f	1,98g	6,33f	5,59b	3606,40a	85,83c	37,07e
24	10,53d	4,50a	5,99a	1,52a	43,82c	8,19f	2,51b	5,67f	6,47b	3657,15a	78,72c	32,71e
Média	10,96	4,24	6,00	1,38	42,79	10,19	2,22	7,97	6,49	3606,43	70,85	51,49
CV (%)	9,82	12,8	3,34	10,35	6,92	13,43	9,09	18,13	20,26	1,97	35,27	38,42

SST= Sólidos solúveis totais; AR, ANR, AT= Açúcar redutor, não redutor e total; Cond. = Condutividade elétrica; K = Lixiviação de potássio.

Médias seguidas por uma mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Skott Knott a 5% de probabilidade.

matriz de correlação para as variáveis independentes. A presença de elevadas correlações (geralmente 0,90 ou maiores) é a primeira indicação de colinearidade substancial, como foi observado para as variáveis AT e ANR (HAIR et al., 2009).

Com a presença da AT e conseqüente multicolinearidade severa, observou-se valores diretos e indiretos dos coeficientes de trilha superiores à unidade (maiores que um), positiva e negativamente, evidenciando que a multicolinearidade severa leva a uma superestimativa dos coeficientes de correlação e de trilha. Com a retirada da variável AT e redução da multicolinearidade para fraca, não observou-se mais coeficientes de trilha superiores à unidade. Após esta correção, obteve-se um coeficiente de determinação de 0,90 na análise de trilha, demonstrando que as variáveis químicas explicam, em conjunto, 90% da variável nota.

3.1 ANÁLISES DE CORRELAÇÃO

A análise de trilha, assim como a análise de correlação (Tabela 4) demonstraram que a condutividade é a variável que mais se correlaciona com a nota, com correlação negativa (-0,829). Seguem-na com valores significativos de correlação com a nota, o AR (-0,731), Cinza (-0,602), Acidez (-0,525), Lixiviação de Potássio (-0,501) e Fenólicos (-0,499), com correlação negativa, e ANR, com correlação positiva. Percebe-se um maior número de parâmetros que prejudicam a qualidade que daqueles que acrescentam positivamente, como o ANR. Isto demonstra que os fatores colheita e pós-colheita são realmente os fatores que mais diferenciam as amostras (BORÉM et al., 2008; SARAIVA et al., 2010; SAATH, 2012), pois são nestes momentos que fatores como acidez, lixiviação de K e condutividade são aumentados devido a manejos inadequados.

Correlações entre qualidade e AR, acidez, condutividade elétrica e lixiviação de potássio são relatados por outros autores (CLEMENTE et al., 2015; AGNOLETTI, 2015). Justifica-se a importância destes parâmetros no sabor do café, pois os açúcares são responsáveis pela doçura; a acidez pelo sabor ácido; as cinzas, provavelmente, pelo sabor salgado; e a condutividade elétrica e a lixiviação de potássio com o estado degradado do grão, que confere gostos amargos, de mofo, e de podridão (BATISTA; CHALFOUN, 2014).

Outras correlações, estatisticamente significativas, estão destacadas em negrito na Tabela 4. A correlação negativa entre pH e acidez (-0,623) é esperada, já que quanto maior a acidez, menores os valores de pH. Entretanto, pesquisadores sugerem que a acidez total é que apresenta melhor correlação para determinar a acidez do café (VOILLEY et al. 1981), o que justifica o fato de a acidez ter apresentado correlação com a nota sensorial do café e o pH não.

Tabela 4. Correlação de Pearson entre 12 variáveis analisadas em 24 amostras de café conilon.

	Nota	Umidade	Cinza	pH	Acidez	SST	AR	ANR	Lipídios	Fenólicos	Cond.	K
Nota	1,000											
Umidade	0,259	1,000										
Cinza	-0,602**	-0,300	1,000									
pH	0,158	0,719**	-0,238	1,000								
Acidez	-0,525**	-0,344	0,398	-0,623**	1,000							
Brix	-0,140	-0,146	0,069	-0,137	0,158	1,000						
AR	-0,731**	-0,105	0,263	-0,171	0,687**	0,084	1,000					
ANR	0,754**	0,020	-0,444*	-0,047	-0,335	-0,278	-0,445*	1,000				
Lipídios	-0,055	0,389	-0,077	0,373	-0,096	0,139	0,147	-0,049	1,000			
Fenólicos	-0,499*	0,075	0,208	-0,151	0,367	0,194	0,660**	-0,337	0,035	1,000		
Cond.	-0,829**	0,023	0,511*	-0,001	0,428*	0,051	0,655**	-0,689**	0,089	0,540**	1,000	
K	-0,501*	-0,220	0,325	-0,376	0,480*	0,225	0,481*	-0,293	-0,042	0,361	0,698**	1,000

*Significativo ($p \leq 0,05$); **Significativo ($p \leq 0,01$)

SST= Sólidos solúveis totais; AR, ANR, AT= Açúcar redutor, não redutor e total; Cond. = Condutividade elétrica; K = Lixiviação de potássio.

A variável cinza pode estar influenciando a condutividade elétrica (correlação de 0,511), já que esta se refere à lixiviação de íons, como K^+ , Cl^- , Mg^{2+} e Ca^{2+} . Assim, maiores valores de condutividade, além de serem motivados por paredes celulares menos íntegras, também podem ser acrescidos devido à maior presença de minerais no grão. A correlação positiva entre condutividade e lixiviação de potássio deve-se ao fato de o íon K ser o de maior concentração no grão de café (PRETE, 1992)

A correlação negativa entre ANR e AR (-0,445) se justifica pelo aumento da sacarose e diminuição nos açúcares redutores nos estádios de amadurecimento dos frutos de café (ROGERS, 1999).

3.2 ANÁLISES DE COMPONENTES PRINCIPAIS

Com o objetivo de reduzir o conjunto de dados, foi realizada a análise de componentes principais (CPA). Esta técnica agrupa os indivíduos de acordo com sua variância e transforma um conjunto de variáveis originais em outro conjunto de variáveis de mesma dimensão denominadas componentes principais (VARELLA, 2006).

Foram obtidos 12 componentes principais, dos quais quatro foram selecionados por acumular 76,43% da variância total (REGAZZI, 2000) (Tabela 5). O primeiro componente principal (CP1) foi o que apresentou maior influência da variável nota, sendo, portanto, de maior interesse neste trabalho. As variáveis de maior peso no CP1 foram a nota, negativamente, seguida pela condutividade e açúcar redutor, positivamente. Tal resultado corrobora com a análise de correlação, onde a condutividade e o AR tiveram as maiores correlações com a nota, -0,829 e -0,731, respectivamente.

O CP1 explicou 40,04% da variância, e o CP2, 18,34%. Mesmo com os baixos valores de variância representado pelos CP, foi possível separar dois grupos de amostras de acordo com a qualidade pelo biplot dos dois componentes (Figura 2): um constituído pelas amostras de qualidade superior e outro pelas amostras de qualidade inferior.

No biplot (Figura 1), as variáveis são representadas por vetores e as amostras por números. Quanto maior o vetor, maior a influência da variável no agrupamento, e quanto menor o ângulo entre os vetores, maior a correlação entre as variáveis. Percebe-se assim, a alta correlação positiva da nota com o açúcar não-redutor e a correlação negativa dessa com a condutividade elétrica, açúcar redutor, acidez, lixiviação de potássio (K), fenólicos totais e cinza. Os parâmetros SST, umidade, pH e lipídios tiveram baixa correlação com PC1 e com a nota.

Tabela 5. Coeficientes de 12 variáveis analisadas em 24 amostras de café conilon para os quatro primeiros componentes principais.

Parâmetros	PC1	PC2	PC3	PC4
Nota sensorial	-0,4101	0,1118	-0,2010	0,0950
Umidade	-0,1423	-0,5418	-0,0563	0,1956
Cinzas	0,2824	0,0710	0,4297	-0,2908
pH	-0,1785	-0,5602	0,1889	-0,0878
Acidez	0,3395	0,2172	-0,1830	0,2004
Sólidos solúveis totais	0,1159	0,0172	-0,5964	-0,6642
Açúcar redutor	0,3679	-0,1237	-0,1867	0,3464
Açúcar não-redutor	-0,3144	0,2198	-0,2150	0,3751
Lipídios	-0,0098	-0,4229	-0,3607	-0,1221
Fenólicos totais	0,2890	-0,1578	-0,2802	0,3102
Condutividade elétrica	0,3864	-0,2370	0,1964	0,0504
Lixiviação de potássio	0,3227	0,0638	-0,1368	0,0692
Proporção da variância	0,4004	0,1834	0,09317	0,0873
Proporção acumulada da variância	0,4004	0,5839	0,67704	0,7643

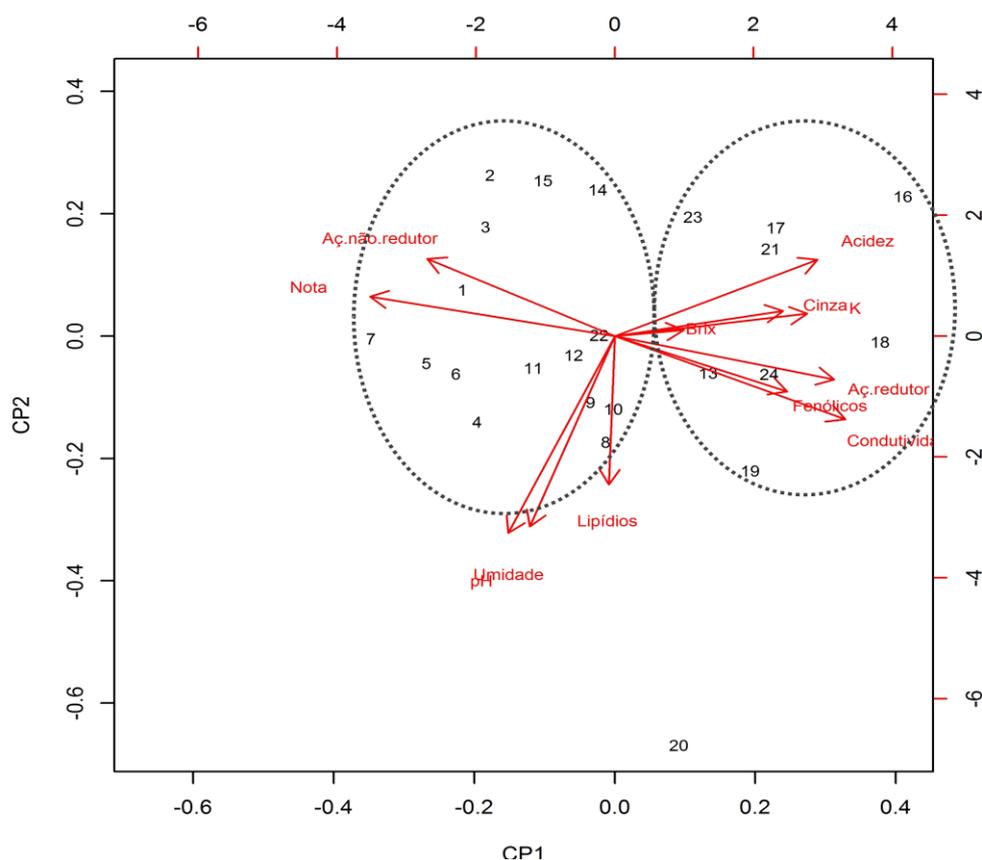


Figura 1. Biplot dos dois primeiros eixos da análise de componentes principais (CP1 e CP2) de 12 variáveis em 24 amostras de café conilon.

A Figura 2 apresenta os escores do CP1 das interações das amostras. Observa-se que as amostras de qualidade superior, apresentam escores negativos e aquelas de qualidade inferior, escores positivos.

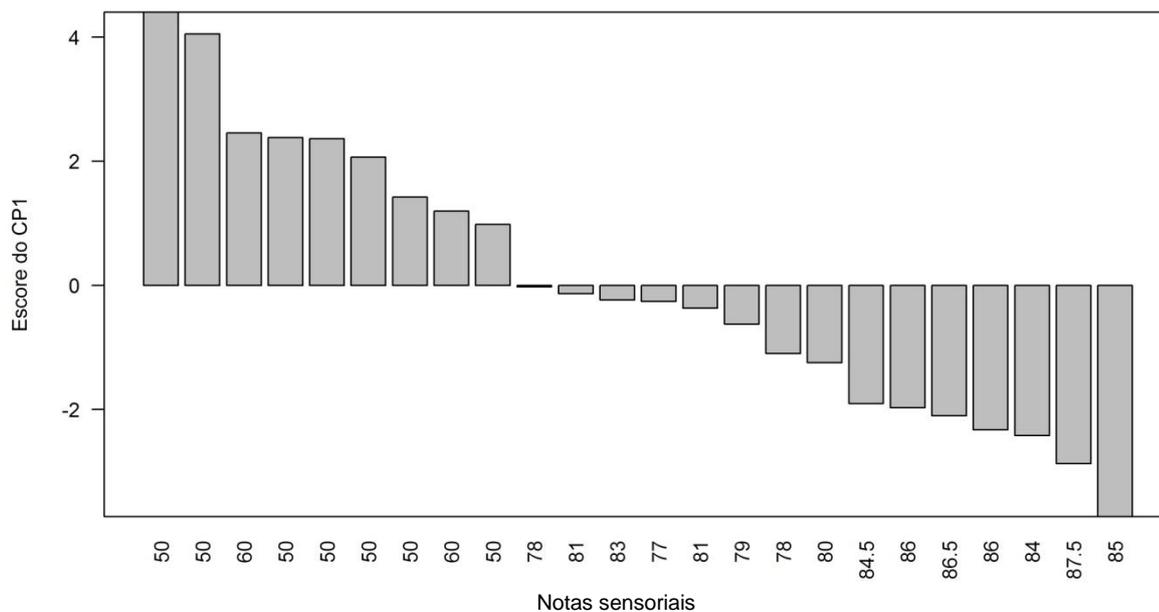


Figura 2. Escores do componente principal 1 (CP1) de 12 variáveis analisadas em 24 amostras de café conilon.

3.3 ANÁLISES DE AGRUPAMENTO UPGMA

A correlação entre o conjunto de variáveis analisadas e a nota sensorial, anteriormente observada pelas análises de correlação e de CP, também pode ser percebida pelo agrupamento UPGMA - ponto de corte em 90%, correlação cofenética de 0,83 (Figura 3). Pode-se ver a separação de três grupos, onde as amostras foram exatamente combinadas de acordo com sua qualidade: um grupo formou-se com todas as amostras de qualidade superior (fino e prêmio), outro com as amostras de qualidade inferior (médio e comercial) e um terceiro com uma amostra de qualidade comercial.

Assim, é possível inferir que os componentes químicos dos grãos, especialmente os analisados, produzem ou estão intimamente relacionados com a produção das sensações de sabor e aroma percebidas pelos degustadores.

No quadro 1 é possível observar características importantes dos grupos formados no agrupamento UPGMA. Imagens das amostras foram expostas na mesma sequência do agrupamento e em cada linha foram apresentadas as médias de nota sensorial, percentagem de defeitos nos grãos, condutividade elétrica e açúcar não-redutor das amostras mais próximas no agrupamentos. Fica evidente que, observando o agrupamento de cima para baixo, os valores das notas e de açúcar não-redutor diminuem, enquanto os valores de condutividade e de defeitos aumentam, juntamente com a piora do aspecto das amostras. Na primeira linha encontram-se amostras muito limpas, onde não se vê defeitos; na segunda linha começam a

ser visíveis alguns grãos pretos, que aumentam até a última linha, onde são a maioria. Isso confirma a íntima relação entre as variáveis químicas analisadas e a qualidade do café, tanto sensorial, quanto visual.

Com base na análise de CP (Figura 1) e na correlação de Pearson (Tabela 4) das variáveis químicas com a nota, foram selecionadas variáveis que, em menor número, fossem capazes de agrupar as amostras de acordo com a qualidade. Foram selecionadas as variáveis Condutividade, ANR, AR, Cinza, Acidez, K, pH e Umidade. Destas, os grupos com menores números de variáveis que foram capazes de separar as amostras de acordo com a qualidade, foram: Condutividade, Cinza, AR e Umidade (Figura 4a); Condutividade, Cinza, AR e pH (Figura 4b); e Condutividade, ANR, K, Cinza e Umidade (Figura 4c). Destes grupos, os coeficientes de determinação obtido pela análise de trilha, foram 0,83; 0,81; e 0,84, respectivamente.

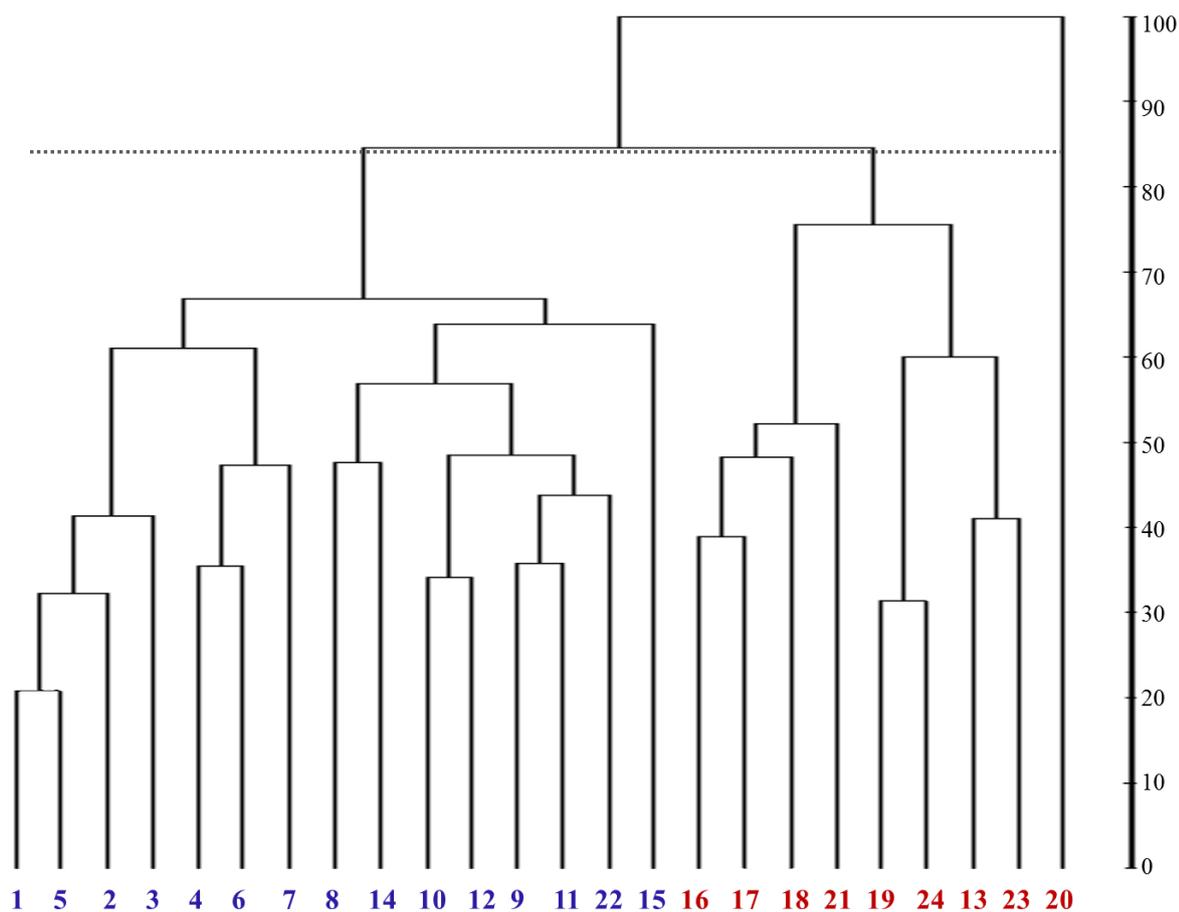


Figura 3. Agrupamento UPGMA de 24 amostras de café conilon por 12 variáveis químicas. Números em azul: amostras de qualidade superior; números em vermelho: amostras de qualidade inferior.

Figura 4. Imagem e média da nota sensorial, percentagem de defeitos, condutividade elétrica ($\text{uS cm}^{-1} \text{g}^{-1}$), e açúcar não-redutor (%) de 24 amostras de café conilon organizadas de acordo com o agrupamento UPGMA.

	Nota	Defeitos	Cond.	ANR	Amostras							
GRUPO 1	85,6	3,0	43,97	9,59								
					1	5	2	3	4	6	7	
	79,6	13,9	67,04	8,00								
					8	14	10	12	9	11	22	15
GRUPO 2	52,5	28,3	98,96	7,59								
					16	17	18	21				
	52,5	27,6	84,61	6,00								
					19	24	13	23				
GRUPO 3	50,0	70,0	122,08	5,79								
					20							

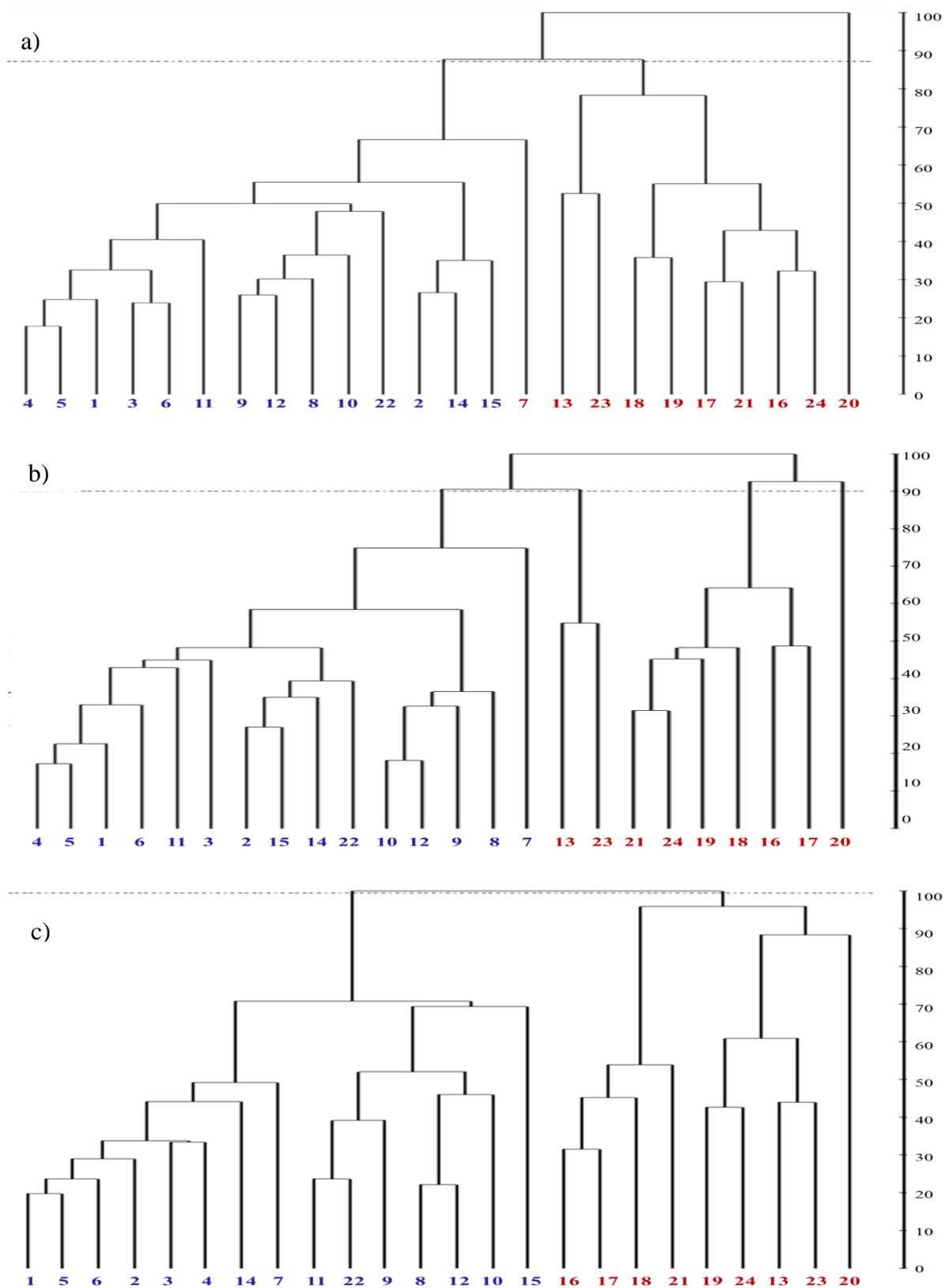


Figura 5. Agrupamentos UPGMA de 24 amostras café conilon com as variáveis: a) Condutividade elétrica, Cinza, Açúcar redutor e Umidade; b) Condutividade, Cinza, Açúcar redutor e pH; e c) Condutividade, Açúcar não-redutor, K, Cinza e Umidade.

Números em azul: amostras de qualidade superior; números em vermelho: amostras de qualidade inferior.

Percebe-se que as variáveis Condutividade e Cinza estão presentes em todos os grupos. Estas variáveis parecem ser complementares, já que, como discutido anteriormente, o teor de cinzas pode estar contribuindo para os valores de condutividade, diante à correlação entre estas variáveis (Tabela 4).

Os açúcares – AR e ANR - também são fundamentais para a separação dos grupos. Estas variáveis parecem ser muito influenciadas pelo ambiente (VAAST, 2006; GEROMEL et al., 2008) e os AR pelo tipo de processamento, podendo diminuir no processamento via úmida e permanecem constantes ou aumentam no via seca (KNOPP, BYTOF, SELMAR, 2006). Assim, tais variáveis e suas relações com a qualidade do café, podem dar pistas sobre ambientes e tipos de processamento mais favoráveis à obtenção de cafés especiais.

Umidade e pH, mesmo não tendo apresentado correlação com a nota são essenciais para a formação dos grupos, provavelmente, porque não influenciam diretamente a qualidade, mas sim processos que levam à qualidade, como reações químicas e presença de micro-organismos.

3.4 ANÁLISES DE CORRESPONDÊNCIA

As análises de correspondência múltipla foram realizadas para verificar a associação entre características qualitativas das amostras de café: classe sensorial, local da lavoura, tipo de processamento, tamanho dos grãos e tipo do café. Também foram realizadas análises para verificar a associação destas características com a condutividade elétrica e o teor de sacarose (ANR), características com altas correlações com a qualidade do café, como anteriormente observado neste trabalho. Para tanto, as variáveis quantitativas, condutividade e ANR, foram convertidas em qualitativas, classificando as amostras de acordo com o grupo em que ficaram no agrupamento de Scott Knott. Os parâmetros tamanho dos grãos e tipo do café foram simplificados para tornar os gráficos mais claros (Tabela 6).

Foram realizadas três análises: uma com todas as características qualitativas, sem a condutividade e o ANR; outra acrescentando-se a condutividade; e uma terceira sem a condutividade e com o ANR.

A análise de correspondência é um método que decompõe a variabilidade total, identificando um número reduzido de dimensões que melhor representem uma nuvem de pontos. Na tabela 7 são apresentadas as duas principais dimensões das três análises e a percentagem da variância total que elas representam, assim como a contribuição (Ctr) de cada ponto às dimensões ou eixos. O eixo 1 apresentou altos valores de variância em todas as

análises; e a soma das variâncias do eixo 1 com o eixo 2 resultou em uma variância de 86,1; 79,7; e 81,3 nas análises 1, 2 e 3, respectivamente. Isto demonstra que os dois eixos são suficientes para representar a variância total. As variáveis apresentaram contribuições semelhantes, principalmente ao eixo 1, evidenciando importâncias parecidas de todas as variáveis na análise.

Tabela 6. Atributos qualitativos de 24 amostras de café conilon

Amostra	Classe sensorial	Local de produção	Tipo	Preparo	Peneira	Condutividade elétrica*	ANR*
1	Fino	Afonso Cláudio	3-4	CD	15	E	A
2	Fino	Afonso Cláudio	3-4	CD	15	E	A
3	Fino	Afonso Cláudio	3-4	CD	15	D	B
4	Fino	Afonso Cláudio	3-4	CD	15	E	B
5	Fino	Afonso Cláudio	3-4	CD	15	E	A
6	Fino	Afonso Cláudio	3-4	CD	15	E	B
7	Fino	Afonso Cláudio	3-4	CD	15	E	B
8	Fino	Santa Tereza	5-6	CD	15	C	C
9	Fino	Itarana	7-8	CD	15_12	C	E
10	Prêmio	São Roque	5-6	CD	15	C	C
11	Fino	Santa Tereza	5-6	NT	12	D	D
12	Prêmio	Santa Tereza	7-8	NT	12	C	B
13	Comercial	Itaguaçu	7-8	NT	12	C	F
14	Prêmio	Castelo	5-6	NT	12	E	C
15	Prêmio	Castelo	5-6	NT	12	D	D
16	Comercial	Santa Tereza	7-8	NT	12	B	E
17	Médio	Santa Tereza	7-8	NT	12	B	E
18	Comercial	Itarana	7-8	NT	12	A	D
19	Comercial	Santa Tereza	7-8	NT	12	B	F
20	Comercial	Fundão	7-8	NT	12	A	F
21	Comercial	Ibiraçu	7-8	NT	12	C	C
22	Fino	Santa Tereza	7-8	NT	12	D	D
23	Médio	Santa Tereza	5-6	NT	12	C	F
24	Comercial	Santa Tereza	7-8	NT	12	C	F

CD = Cereja descascado; NT = Natural; ANR = Açúcar não-redutor

* As letras representam os grupos Skott Knott ($\alpha = 5\%$) a que pertencem as amostras.

Assim, as classes das variáveis foram agrupadas graficamente em dois eixos pelas análises 1, 2 e 3 (Figuras 5a, b e c) e os grupos foram selecionados a partir da inspeção visual do gráfico. Pela análise 1 foram formados quatro grupos, um com cada classificação de qualidade sensorial. O grupo da classificação comercial contém os cafés de tipo 7-8 e os municípios Ibiraçu, Fundão e Itaguaçu; o grupo de classificação médio, situado próximo ao grupo anterior, contém os cafés de preparo natural, peneira 12 e produzidos em Santa Tereza; o terceiro grupo, de classificação prêmio, contém cafés do tipo 5-6 produzidos em Castelo; e o

último grupo, de classificação fino, contém cafés de preparo cereja descascado, peneira 15, tipo 3-4, produzidos em Afonso Cláudio.

Tabela 7. Contribuição dos pontos às duas principais dimensões das análises de correspondência de variáveis de 24 amostras de café conilon.

Variável	Dimensão	Contribuição do ponto ao eixo (Ctr) (%)					
		Análise 1		Análise 2		Análise 3	
		1	2	1	2	1	2
	% Variância	71.9	14.2	67.2	12.5	66.4	14.9
Classe sensorial	Fino	86	9	72	6	69	6
	Prêmio	7	224	2	179	4	184
	Médio	13	3	12	6	12	2
	Comercial	60	75	58	70	51	42
	Total	166	311	144	261	136	234
Município	Afonso Cláudio	134	7	120	13	120	9
	Castelo	9	170	2	147	7	134
	Fundão	10	15	10	40	9	13
	Ibiraçu	10	15	8	6	6	0
	Itaguaçu	10	15	8	6	9	13
	Itarana	1	54	4	60	2	30
	São Roque	3	88	1	52	1	90
	Santa Tereza	32	0	30	6	28	1
Total	209	364	183	330	182	290	
Tipo	3-4	134	7	120	13	120	9
	5-6	3	207	1	187	4	171
	7-8	63	74	62	52	52	54
	Total	200	288	183	252	176	234
Preparo	Cereja descascada	122	0	98	3	99	0
	Natural	87	0	70	2	71	0
	Total	209	0	168	5	170	0
Peneira	12	87	0	70	2	71	0
	15	128	3	108	0	108	3
	15-12	1	36	0	24	0	30
	Total	216	39	178	26	179	33
Condutividade elétrica	A			18	76		
	B			25	5		
	C			13	2		
	D			0	44		
	E			88	0		
	Total			144	127		
Açúcar não-redutor	A					55	5
	B					44	2
	C					1	126
	D					13	11
	E					8	39
	F					39	27
	Total					160	210

É possível observar que a maioria dos municípios produz cafés de qualidade inferior, comerciais ou médios, enquanto a maioria dos cafés finos são produzidos por um único município, Afonso Cláudio. Este município, agrupa ainda as vantagens de produzir cafés graúdos, peneira 15, e com um número muito pequeno de defeitos, entre 2,5 e 4% (tipo 3-4). Estes bons atributos estão relacionados ao local e também ao cuidado dos produtores com a lavoura e com a colheita e pós-colheita do café, como, por exemplo, a utilização do preparo e cereja descascada (CD), que facilita os processos de secagem, diminuindo os riscos de fermentações malélicas do café.

A análise 2, onde foi considerada a condutividade, teve uma formação de grupos semelhante à análise anterior, diferenciando-se pela separação do município de Fundão que agrupou-se com a condutividade A. A amostra de café proveniente deste município, apresentou a maior percentagem de defeitos (70%), e tem um aspecto ruim (Quadro 1). A condutividade B agrupou-se com os cafés comerciais de tipo 7-8, de Itaguaçu e Ibirapu. A condutividade C ficou no grupo de cafés médios, de preparo natural e peneira 12, de Santa Tereza; e a D ficou próxima aos cafés tipo 5-6. A condutividade E agrupou-se com os cafés de peneira 15, preparo CD, finos, tipo 3-4, de Afonso Cláudio.

O resultado da análise 2 corrobora com os resultados de Prete (1992), o primeiro a verificar a relação entre a condutividade elétrica e a qualidade do café. Assim como observado neste trabalho, Prete relatou que a menor qualidade da bebida, menor tamanho dos grãos, maior percentagem de defeitos e tipo estão relacionados com uma maior condutividade. O autor ainda observou que os cafés despulpados, propiciam melhor qualidade de bebida e menor número de defeitos, assim como observado neste trabalho para os cafés cereja descascado.

Favarin et al. (2004) e Agnoletti (2015) não observaram relação entre a condutividade elétrica e a qualidade do café arábica e conilon, respectivamente. Entretanto, estes autores utilizaram apenas grãos sadios em suas análises, eliminando os grãos defeituosos, e, assim, uniformizando suas amostras. Prete (1992), ao testar análises mantendo ou não os grãos defeituosos nas amostras, concluiu que é mais apropriado preservar todos os tipos de grãos na análise, contando 50 grãos, independente de seus defeitos, como foi realizado neste trabalho.

Malta et al. (2005) verificaram que, ao manter os grãos defeituosos na análise de condutividade de grãos de diferentes tamanhos, peneiras 12 a 19, formou-se cinco grupos de condutividade pelo teste de Scott Knott, dentre os oito grupos de peneiras. Entretanto, quando selecionava-se apenas os grãos sadios, a condutividade permanecia estatisticamente igual para os diferentes tamanhos de grãos, exceto para a peneira 19. Isto demonstra que a seleção dos

grãos sadios uniformiza a amostra, ocultando seus verdadeiros valores de condutividade. Também foi observado que os grãos pretos e ardidos são os que apresentam as maiores condutividades, seguidos pelos brocados, verdes e, por fim, os sem defeitos.

Os defeitos verdes, ardidos e pretos, são os mais prejudiciais à qualidade, pois apresentam composição química diferente dos grãos normais (SILVA, 2005), afetando o aroma e o sabor da bebida. Esses grãos defeituosos possuem uma desorganização celular, principalmente na superfície, que facilita a circulação da água no grão e aumenta a condutividade elétrica de seus exsudados (ILLY et al., 1982). Assim, é possível relacionar a presença de grãos defeituosos com maiores condutividades elétricas e piores bebidas.

Os defeitos surgem devido a deficiências nutricionais da planta, ataque de microrganismos, umidade do ar elevada, procedimentos inadequados na colheita e pós-colheita, e, principalmente, fermentação imprópria (BARTHOLO et al., 1989). Assim, cuidados relacionados a estes fatores são de grande importância na obtenção de cafés de qualidade.

Na análise 3, considerando-se o ANR, formaram-se três grupos, onde os grupos de classificação comercial e médio formaram apenas um grupo. Este grupo inclui as classes de menores teores de ANR, D, E e F, enquanto os demais grupos tiveram relação com os maiores teores de açúcar: o grupo de classificação prêmio admitiu a classe C do ANR e o grupo fino, as classes A e B.

O teor de sacarose é influenciado pelos mecanismos que atuam no desenvolvimento da semente (GEROMEL et al., 2008), pela genética (PRIVAT et al., 2008), por condições ambientais, como sol, sombra e altitude, e/ou pelos tratamentos culturais aplicados (GEROMEL et al., 2008, VAAST, 2006). Outras influências sobre a sacarose do café ocorrem durante a colheita e pós-colheita, já que grãos verdes, pretos e ardidos possuem menor teor de sacarose que os cafés sem defeitos (VASCONCELOS, 2007).

Os baixos níveis de sacarose em grãos verdes estão associados com a baixa acumulação de carboidratos em grãos imaturos e, no caso dos grãos pretos e ardidos, os baixos níveis de sacarose são devidos à fermentação (VASCONCELOS, 2007). Isto, provavelmente, explica a alta correlação entre ANR e condutividade (Tabela 3), pois ambas são influenciadas pelos defeitos dos grãos.

Assim, o alto teor de sacarose dos cafés de Afonso Cláudio pode estar sendo influenciado pelo local das lavouras; pelo tamanho dos grãos, que indica alto acúmulo de carboidratos; e pelo baixíssimo número de defeitos dos grãos, que pode estar relacionado aos tratamentos pós-colheita, como o preparo por CD.

O agrupamento do preparo CD, do tipo 3-4 e da condutividade E com os cafés finos demonstra que manejos colheita e pós-colheita adequados são suficientes para elevar a qualidade do café. Por outro lado, o agrupamento do município Afonso Cláudio, da peneira 15, e dos ANR A e B com a classificação fino, indicam que o local e o manejo da lavoura também podem estar influenciando na obtenção destes cafés e elevando a nota sensorial dos mesmos.

O fato é que as amostras desse município são exemplos de cafés de altíssima qualidade, com atributos físicos e químicos que ainda não foram alcançados por outros municípios. Mesmo outros municípios que também produziram cafés finos – Itarana e Santa Tereza – não apresentam todos estes atributos e, por isso, não alcançam notas tão altas. Os cafés de Afonso Cláudio possuem grãos muito íntegros e limpos, graúdos e são os mais doces entre os cafés avaliados, tornando suas notas sensoriais muito altas, e tendo um grande potencial para o mercado.

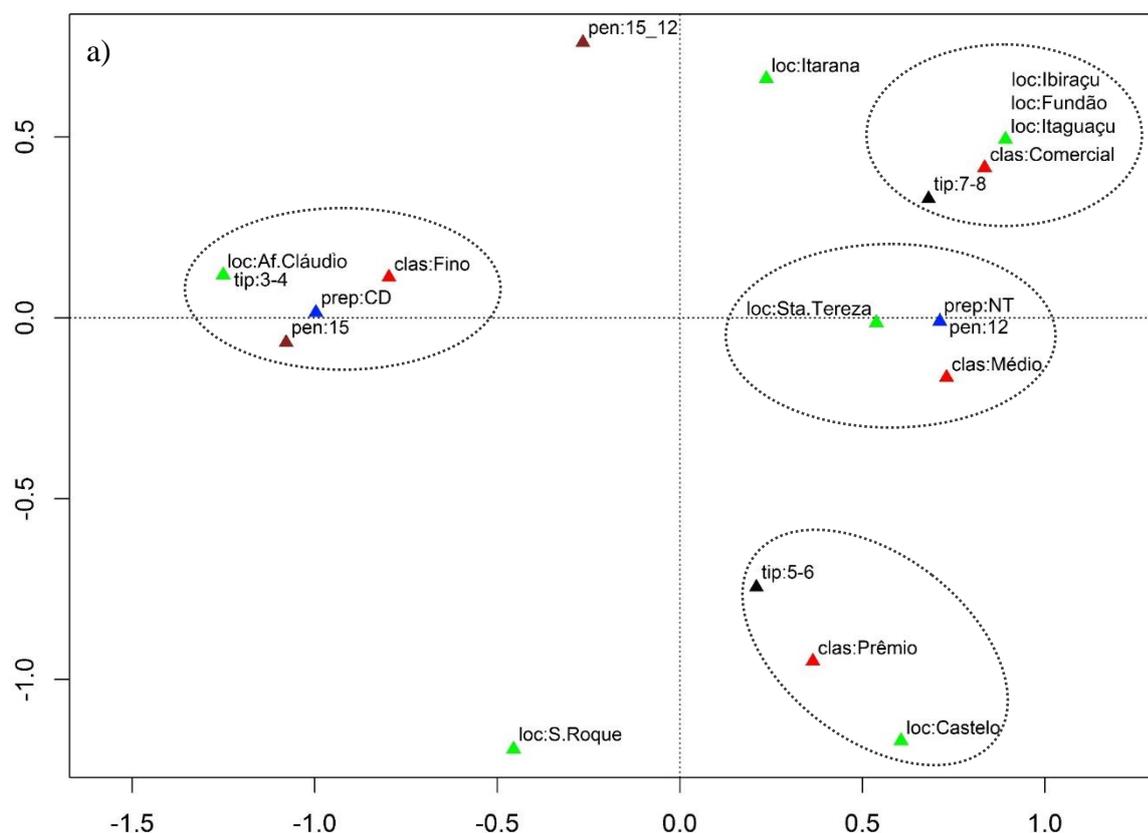


Figura 6. Análises de correspondência de variáveis qualitativas de 24 amostras de café conilon. a) Variáveis: classe sensorial (clas), local de produção (loc), tipo (tip), preparo (prep.), peneira (pen); b) acrescenta-se a variável condutividade elétrica (cond); c) acrescenta-se a variável açúcar não-redutor (anr), sem a condutividade.

CD = cereja descascada; NT = natural. As letras após cond. e anr representam grupos da análise Scott Knott. (continua)

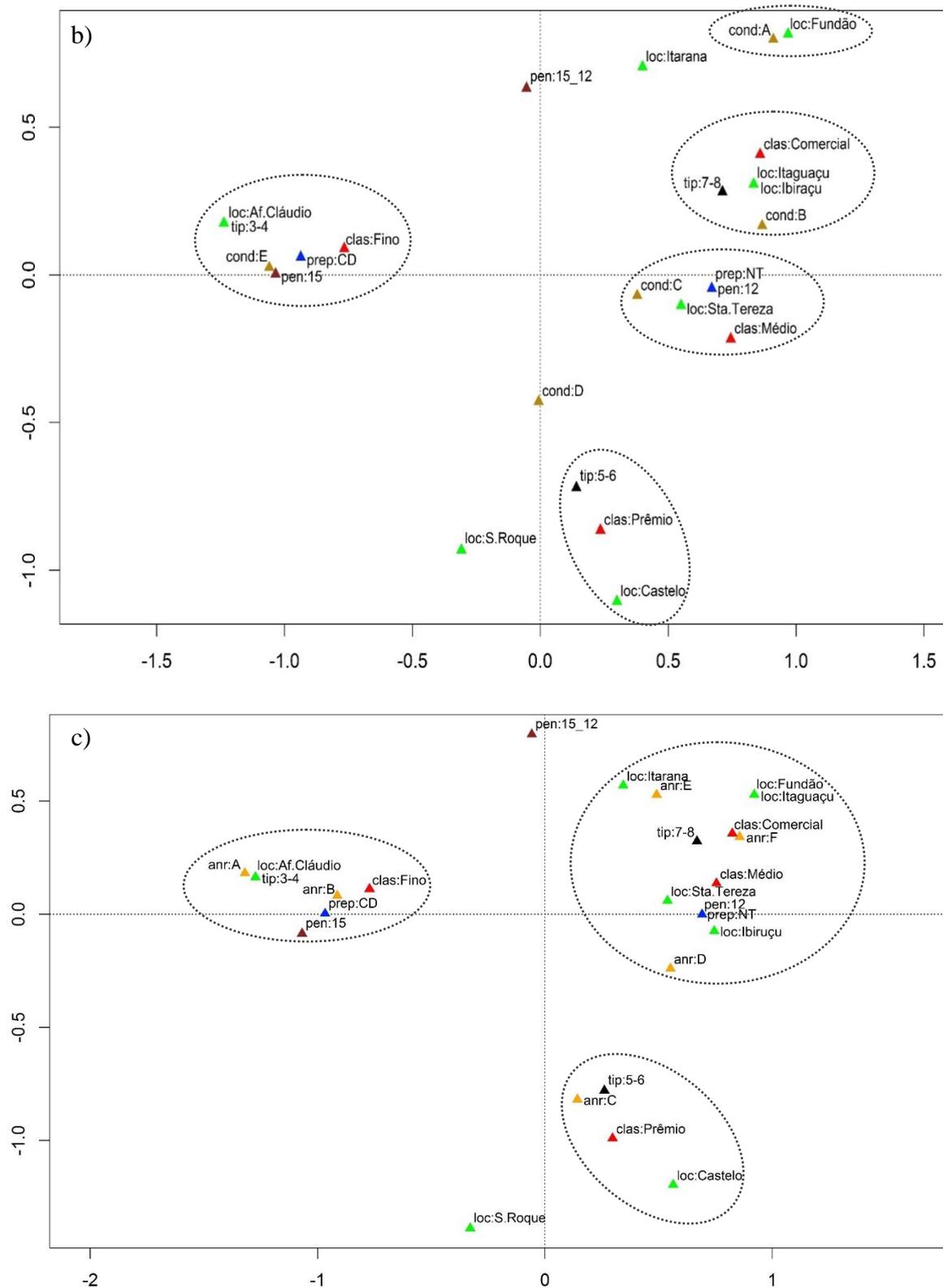


Figura 6. Análises de correspondência de variáveis qualitativas de 24 amostras de café conilon. a) Variáveis: classe sensorial (clas), local de produção (loc), tipo (tip), preparo (prep.), peneira (pen); b) acrescenta-se a variável condutividade elétrica (cond); c) acrescenta-se a variável açúcar não-redutor (anr), sem a condutividade.

CD = cereja descascada; NT = natural. As letras após cond. e anr representam grupos da análise Scott Knott.

4 CONCLUSÕES

As variáveis físico-químicas analisadas, exceto cinzas e fenólicos totais, apresentaram diferença entre as amostras.

A maioria das variáveis químicas analisadas apresentou relação com a nota sensorial do café conilon, destacando-se a condutividade elétrica e os açúcares.

Foi possível agrupar as amostras sensorialmente semelhantes com todas as variáveis e com grupos de, no mínimo, quatro ou cinco variáveis.

As variáveis condutividade elétrica, açúcar redutor e não-redutor, pH, umidade e cinza, em conjunto, podem ser utilizadas como indicadores químicos de qualidade do café conilon.

Os cafés finos se agruparam com o tipo 3-4, peneira 15, preparo cereja descascado, local Afonso Cláudio, menores valores de condutividade e maiores valores de açúcar não-redutor.

5 REFERÊNCIAS

- AGNOLETTI, B. Z. **Avaliação das propriedades físico-químicas de café arábica (*Coffea arabica*) e conilon (*Coffea canephora*) classificados quanto à qualidade da bebida.** 2015. 110 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2015.
- AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of AOAC International.** Maryland: AOAC International, 2005.
- AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of the association of official analytical chemists.** 15.ed. Washington, 1990. 684p.
- BARBOSA, J. N. Coffee Quality and Its Interactions with Environmental Factors in Minas Gerais, Brazil. **Journal of Agricultural Science**, v. 4, n. 5, p. 181-190, 2012.
- BARTHOLO, G.F. et al. Cuidados na colheita, no preparo e no armazenamento do café. **Informe Agropecuário**, v. 14, n. 162, p. 33-44, 1989.
- BATISTA, L. R.; CHALFOUN, S. M. Quality of coffee beans. In: SCHWAN, R. E. FLEET, G. H. **Cocoa and coffee fermentations.** London: CRC Press, 2014.
- BORÉM, F. M. et al. Qualidade do café natural e despulpado após secagem em terreiro e com altas temperaturas. **Ciência e agrotecnologia**, v. 32, n. 5, p. 1609-1615, 2008.
- BUDINI, R., TONELLI, D., GIROTTI, S. Analysis of Total Phenols Using the Prussian Blue Method. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 28, p. 1236–1238, 1980.
- CLEMENTE, A. C. S. et al. Operações pós-colheita e qualidade físico-química e sensorial de cafés. **Coffee Science**, v. 10, n. 2, p. 233 - 241, 2015.
- CRUZ, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**. v.35, n.3, p.271-276, 2013.
- FARAH, A. et al. Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee. **Food Chemistry**, v. 98, n. 2, p. 373–380, 2006.
- FAVARIN, J. L. et al. Qualidade da bebida de café de frutos cereja submetidos a diferentes manejos pós-colheita. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 39, n. 2, p. 187-192, 2004.
- FERNANDES, S. M. et al. Teores de polifenóis, ácido clorogênico, cafeína e proteína em café torrado. *Revista Brasileira de Agrociência*, v. 7, n. 3, p. 197-199, 2001.
- FIGUEIREDO, L. P. **Abordagem sensorial e química da expressão de genótipos de Bourbon em diferentes ambientes.** 2013. 127 p. Tese (doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.
- FIGUEIREDO, L. P. et al. Fatty acid profiles and parameters of quality of specialty coffees produced in different Brazilian regions. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 35, p. 3484-3493, 2015.
- GEROMEL, C. Sucrose metabolism during fruit development of *Coffea racemosa*. **Annals of Applied Biology**, v.152, p.179-187, 2008.
- GIUNTINI, E. B; LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. Composição de alimentos: um pouco de história. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 56, n. 3, p. 295-303, 2006.
- HAIR, J. F. **Análise multivariada de dados.** 6.ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

- ILLY, E. et al. Study on the characteristics and the industrial sorting of defective beans in green coffee lots. In: COLÓQUIO CIENTÍFICO INTERNACIONAL SOBRE O CAFÉ, 10. Salvador. **Anais...** Salvador, 1982. p.99-126.
- Knopp, S., Bytof, G., & Selmar, D. (2006). Influence of processing on the content of sugars in green Arabica coffee beans. **European Food Research and Technology**, v. 223, p. 195-201.
- MALTA, M. R. Condutividade elétrica e lixiviação de potássio do exsudato de grãos de café: alguns fatores que podem influenciar essas avaliações. **Ciência Agrotécnica**, v. 29, n. 5, p. 1015-1020, 2005.
- MAZZAFERA, P. et al. Oil Content of green beans from some coffee species. **Bragantia**, v. 57, n.1, p. 45-48, 1998.
- NELSON, N. A photometric adaptation of Somogy method for determination of glucose. **Journal of Biological Chemists**, v. 153, n. 1, p. 375-384, 1944.
- OIC. **Protocolos para a degustação do robusta**. Disponível em: <<http://www.ico.org/documents/pscb-123-p-robusta.pdf>>. Acesso em: 13 ago. 2015.
- PRETE, C. E. C. **Condutividade elétrica do exsudato de grãos de café (*Coffea arabica* L.) e sua relação com a qualidade da bebida**. 1992. 125 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1992.
- PRIVAT, I. A. et al. Differential regulation of grain sucrose accumulation and metabolism in *Coffea arabica* (Arabica) and *Coffea canephora* (Robusta) revealed through gene expression and enzyme activity analysis. **New Phytologist**, v. 178, n. 4, p. 781–797, 2008.
- REGAZZI, A.J. **Análise multivariada, notas de aula**. Viçosa: Departamento de Informática da Universidade de Viçosa, 2000.
- ROGERS, W. J. et al. Changes to the content of sugar, sugar alcohols, myo_inositol, carboxylic acid and inorganic anions in developing grains from different varieties of robusta (*Coffea canephora*) and arabica coffees. **Plant Science**, v. 149, n. 2, p. 115–123, 1999.
- SAATH, R. et al. Alterações na composição química e sensorial de café (*Coffea arabica* L.) nos processos pós-colheita. **Energia na Agricultura**, v. 27, n. 2, p. 96-112, 2012.
- SARAIVA, S. H. et al. Efeito do processamento pós-colheita sobre a qualidade do café conilon. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 9, p. 1-9, 2010.
- SILVA, E. A. et al. The influence of water management and environmental conditions on the chemical composition and beverage quality of coffee beans. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 17, n. 2, p. 229-238, 2005.
- SIQUEIRA, H. H.; ABREU, C. M. P. Composição físico-química e qualidade do café submetido a dois tipos de torração e com diferentes formas de processamento. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 1, p. 112-117, 2006.
- 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, n. 1, p. 197-204, 2006.
- VARELLA, C. A. A. **Análise de Componentes Principais**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Disponível em: <<http://www.ufrjr.br/institutos/it/deng/varella/Downloads>>. Acesso em 8 de dezembro de 2016.
- VASCONCELOS, A. L. S. et al. A comparative study of chemical attributes and levels of amines in defective green and roasted coffee beans. **Food Chemistry**, v. 101, p. 26–32, 2007.
- VOILLEY, A. et al. Influence of some processing conditions on the quality of coffee brew. **Journal Food Processes Preservatio**, n. 5, p 135-143, 1981.

CAPÍTULO II

Influência da Cafeína, Trigonelina, Ácido 5-cafeoilquínico e Ácidos Orgânicos na Qualidade do Café Conilon

Resumo: A qualidade sensorial do café está relacionada com uma gama de sabores e aromas provenientes de diversos compostos químicos. Dentre os compostos mais citados por suas contribuições à bebida do café arábica estão a cafeína, a trigonelina, o ácido 5-cafeoilquínico, e os ácidos orgânicos. Entretanto, pouco se sabe das relações destes compostos com a qualidade sensorial do café conilon, pois esta começou a ser considerada apenas recentemente. Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar a relação destes compostos com a qualidade sensorial do café conilon. Foram avaliados o teor de cafeína, trigonelina, ácido 5-cafeoilquínico, ácido acético e ácido cítrico em 24 amostras de café conilon com diferentes qualidades avaliadas por degustadores. Todas as variáveis apresentaram correlação negativa com a qualidade do café, sendo que o ácido 5-cafeoilquínico é o composto que mais influencia negativamente a qualidade, seguido pela cafeína e a trigonelina. Estes compostos parecem ser influenciados por diversos fatores, como a genética, o ambiente e o manejo, os quais devem ser considerados pelos produtores para a produção de cafés de maior qualidade.

Palavras-chave: análise sensorial; *Coffea canephora*; composição química.

Abstract: The coffee sensorial quality is associated to a range of flavors and aromas coming various chemical compounds. Among the compounds most cited for their contributions to the arabica coffee beverage are caffeine, trigonelin, 5-caffeoylquinic acid, and organic acids. However, little is known about the relationship of these compounds with the sensorial quality of conilon coffee, since this has only recently been considered. Thus, the objective of this work was to verify the correlation of these compounds with the sensorial quality of conilon coffee. The levels of caffeine, trigonelin, 5-caffeoylquinic acid, acetic and citric acid were evaluated in 24 conilon coffee samples with different qualities evaluated by tasters. All the variables presented a negative correlation with the quality of the coffee, and 5-caffeoylquinic acid is the compound that most negatively influences the quality, followed by caffeine and trigonelline. These compounds appear to be influenced by several factors, such as genetics, environment and management, which should be considered by producers to produce higher quality coffees.

Keywords: chemical composition; *Coffea canephora*; sensory analysis.

1 INTRODUÇÃO

Por muito tempo, a qualidade do café conilon (*Coffea canephora*) foi baseada apenas no seu tipo (PARTELLI; OLIVEIRA; SILVA, 2013). Recentemente, entretanto, existem mercados interessados na qualidade sensorial do café conilon e dispostos a pagar um acréscimo pelo diferencial da bebida (THOMAZINI; STURM; THOMAZINI, 2012).

A qualidade sensorial do café envolve uma gama de sabores e aromas que, analisados por especialistas, classificam a bebida em notas e classes, que indicam se a bebida é boa ou ruim. Esses sabores e aromas são provenientes de uma grande diversidade de compostos químicos, que há muito tempo tem sido estudadas no café (FARAH, 2012) e ainda assim não são completamente compreendidas, devido à alta complexidade. No café conilon, os estudos entre a relação da composição química com a qualidade são recentes (THOMAZINI et al., 2011; AGNOLETTI, 2015).

Dentre os compostos que tem sido relacionados com a qualidade do café estão a cafeína, a trigonelina, os ácidos clorogênicos e os ácidos orgânicos (FARAH et al., 2012). A trigonelina é um alcalóide derivado da metilação do ácido nicotínico. Contribui para o amargor da bebida e é um precursor para a formação de diferentes classes de compostos orgânicos voláteis durante a torrefação, tais como pirróis e piridinas, algumas das quais podem conferir um sabor desagradável (FARAH, 2012).

A cafeína é o composto mais conhecido do café devido às suas propriedades fisiológicas e farmacológicas. É um alcaloide farmacologicamente ativo, com efeito estimulante do sistema nervoso central, de diminuição do sono e estimulante do músculo cardíaco. 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 (NOGUEIRA; TRUGO, 2003).

Os ácidos clorogênicos conferem adstringência, amargor e acidez à bebida do café e são conhecidos antioxidantes. No entanto, quantidades elevadas no café verde, particularmente os ácidos cafeoilquínicos, podem produzir sabor indesejável devido a fenóis formados durante a torrefação (FARAH, 2012). O ácido 5-cafeoilquínico (5-ACQ) é o ácido clorogênicos predominante no café, representando 66% do conteúdo total em café arábica (TRUGO; MACRAE, 1984)

Os principais ácidos orgânicos presentes no café são o acético, cítrico, láctico, málico, quínico, tartárico e oxálico. Cada ácido tem o seu próprio sabor característico, tal como o sabor de limão do ácido cítrico, o sabor amanteigado do ácido láctico e o sabor de maçã do ácido málico que são, muitas vezes, mais perceptíveis como odores do que como sabores. O

ácido acético é proveniente da fermentação indesejável do grão e confere um sabor fermentado desagradável à bebida (LINGLE, 2011).

Assim, o objetivo deste trabalho foi investigar a relação entre estes compostos e a qualidade do café conilon.

2 METODOLOGIA

2.1 OBTENÇÃO DAS AMOSTRAS E ANÁLISE SENSORIAL

As amostras analisadas são provenientes de cafeicultores do estado do Espírito Santo, coletadas e cedidas pela COOPEAVI. As amostras foram avaliadas por degustadores durante o III Concurso Estadual de Café Conilon de Qualidade realizado no segundo semestre de 2014 (Tabela 2). Cada amostra foi acompanhada por uma ficha que continha as informações organizadas na Tabela 2.

2.2 ANÁLISES CROMATOGRÁFICAS

Para a realização das análises, cerca de 100 g de cada amostra foi secas a 105 ± 1 °C até peso constante e posteriormente moída em moinho de facas e passada em peneiras com malha 0,5 mm. As amostras moídas foram acondicionados em sacos plásticos, vedados por selagem do plástico e mantidos em geladeira a 4°C.

Foram realizadas análises de cafeína, trigonelina, ácido-5-cafeoilquínico (5-ACQ), ácido acético e ácido cítrico das 24 amostras de café conilon. As análises foram realizadas em três repetições.

2.2.1 Cafeína, trigonelina e ácido-5-cafeoilquínico (5-ACQ)

A extração dos compostos foi realizada pesando 100 mg de café cru moído em tubo de ensaio com tampa de rosca de 2x12 cm e adicionando em seguida 5 ml de metanol grau HPLC a 70% em água deionizada. Os tubos, tampados à meia rosca, foram colocados em banho-maria por 1 hora à 60 °C com agitação a cada 10 minutos. Estes foram centrifugados à 12000 rpm por 10 minutos. A solução sobrenadante foi transferida para microtubos de 1,5 mL e diluída 10 vezes em água deionizada. Posteriormente, uma parte do sobrenadante foi filtrado em membrana de 0,20 µm diretamente para vials para posterior análise cromatográfica. As extrações foram feitas em triplicata.

Tabela 2. Nota e classificação sensorial, município de produção, preparo pós-colheita, tipo e peneira de 24 amostras de café conilon.

Amostr a	Nota	Classificaçã o	Município	Preparo	Tipo	Peneira		
						15	12	Fund o
1	86	Fino	Afonso Cláudio	Cereja descascado	4	97	0	3
2	84,5	Fino	Afonso Cláudio	Cereja descascado	4-10	95	0	5
3	86	Fino	Afonso Cláudio	Cereja descascado	4	97	0	3
4	86,5	Fino	Afonso Cláudio	Cereja descascado	4-05	96	0	4
5	87,5	Fino	Afonso Cláudio	Cereja descascado	3-45	97	0	3
6	84	Fino	Afonso Cláudio	Cereja descascado	4	97	0	3
7	85	Fino	Afonso Cláudio	Cereja descascado	3-40	98	0	2
8	81	Fino	Santa Tereza	Cereja descascado	5-15	86	12	2
9	81	Fino	Itarana	Cereja descascado	7	45	51	4
10	78	Prêmio	São Roque	Cereja descascado	6-05	90	9	1
11	80	Fino	Santa Tereza	Natural	5-10	0	98	2
12	79	Prêmio	Santa Tereza	Natural	7	0	98	2
13	50	Comercial	Itaguaçu	Natural	7-25	0	99	1
14	77	Prêmio	Castelo	Natural	5-45	0	99	1
15	78	Prêmio	Castelo	Natural	6-20	0	98	2
16	50	Comercial	Santa Tereza	Natural	7-15	0	98	2
17	60	Médio	Santa Tereza	Natural	7-15	0	97	3
18	50	Comercial	Itarana	Natural	7-20	0	96	4
19	50	Comercial	Santa Tereza	Natural	7-30	0	97	3
20	50	Comercial	Fundão	Natural	8	0	95	5
21	50	Comercial	Ibiraçu	Natural	7-45	0	87	13
22	83	Fino	Santa Tereza	Natural	7-05	0	96	4
23	60	Médio	Santa Tereza	Natural	6-40	0	99	1
24	50	Comercial	Santa Tereza	Natural	7-30	0	98	2

As concentrações de cafeína, trigonelina e 5-ACQ foram determinadas simultaneamente, utilizando-se cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), modelo Shimadzu, com detector por arranjo de diodos. Foi utilizada um coluna de fase reversa C18 Shim-pack CLC-ODS (M), da marca Shimadzu, (5 µm, 250 mm x 4,6 mm d.i.). A fase móvel foi constituída de Metanol : Ácido Acético : Água (30 : 0,5 : 69,5) com vazão de 1 ml/min, a 22 °C. A concentração dos compostos foi determinada pelo método de calibração externa, pela utilização dos respectivos padrões dos compostos. Os teores finais de cafeína, trigonelina e 5-ACQ foram dados em porcentagem de matéria seca (FIGUEIREDO, 2013).

2.2.2 Ácidos orgânicos

Os ácidos orgânicos – acético e cítrico - foram extraídos de 500 mg de café cru moído colocados em balão de fundo chato e misturados com 70 ml de água deionizada aquecida a 70 °C. O balão foi agitado e incubado à 70 °C, durante 30 minutos. Após a incubação, o balão foi resfriado à temperatura ambiente. O conteúdo do balão foi filtrado em filtro de papel qualitativo diretamente em balão volumétrico de 100ml e aferido para 100 ml com água deionizada. Uma alíquota (1,5 ml) do filtrado foi filtrado uma segunda vez em filtros de seringa de 0,45 µm diretamente para vials para análise cromatográfica posterior.

Os ácidos orgânicos foram quantificados através de sistema CLAE, Shimadzu com detector por arranjo de diodos. A coluna cromatográfica foi uma Zorbax Eclipse C18 (250 x 4,6 mm d.i., 5µm). A fase móvel foi constituída por água ultrapura contendo 0,12% (m/v) de ácido fosfórico e 0,1% (m/v) de acetonitrila em um fluxo de 0,8 mL min⁻¹. Soluções padrões dos ácidos de interesse foram empregadas para a identificação dos picos dos cromatogramas e para o cálculo das suas concentrações nas amostras. Os teores finais dos ácidos orgânicos foram dados em porcentagem de matéria seca (FIGUEIREDO, 2013).

2.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os resultados obtidos através das análises cromatográficas foram organizados em tabela. Realizou-se uma análise de variância para identificar a existência de diferença estatística entre as amostras avaliadas ($\alpha = 5\%$). Para as variáveis que apresentaram diferença estatística, realizou-se um teste de Skott Knott ($\alpha = 5\%$), agrupando-as de acordo com a igualdade estatística entre os valores apresentados.

Para verificar a correlação entre as variáveis químicas e, principalmente, entre elas e a nota sensorial, realizou-se a análise de correlação de Pearson e a análise de componentes principais. A partir dos dois principais componentes, construiu-se um gráfico biplot para observar o agrupamento das amostras e das variáveis e o comportamento delas em relação umas às outras e principalmente à nota sensorial.

Por fim, as variáveis qualitativas (Tabela 2) foram avaliadas e agrupadas por meio de análise de correspondência múltipla. As variáveis quantitativas foram convertidas em qualitativas para serem também relacionadas.

As análises foram realizadas com o auxílio dos programas Genes (CRUZ, 2013) e R.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as variáveis cromatográficas analisadas apresentaram diferença estatística pela análise de variância e formaram de três a quatro grupos pelo teste de Skott Knott (Tabela 3).

Tabela 3. Nota sensorial e atributos químicos de 24 amostras de café conilon (% - base seca)

Amostra	Nota	Trigonelina	5-ACQ	Cafeína	Ác. acético	Ác. cítrico
1	86	0,68c	5,04c	1,08d	0,28c	0,80c
2	84,5	0,70c	4,13c	1,05d	0,33c	0,68c
3	86	0,64c	4,41c	1,13d	0,21c	0,65c
4	86,5	0,61c	3,84c	0,99d	0,35c	0,77c
5	87,5	0,54c	4,67c	1,08d	0,24c	0,79c
6	84	0,81b	5,96c	1,50c	0,32c	0,84c
7	85	0,67c	5,19c	1,35c	0,31c	0,56c
8	81	0,63c	5,17c	1,34c	0,30c	0,72c
9	81	0,55c	4,54c	1,21d	0,39c	0,94b
10	78	0,66c	5,79c	1,47c	0,49c	0,70c
11	80	0,85b	8,01b	1,81b	0,38c	0,93b
12	79	0,85b	8,34a	1,94a	0,38c	0,69c
13	50	0,93a	8,83a	1,94a	0,56b	1,16a
14	77	0,84b	6,97b	1,66b	0,68b	1,23a
15	78	0,94a	7,17b	1,78b	0,89a	0,79c
16	50	1,03a	9,05a	1,98a	0,67b	1,03b
17	60	1,01a	9,60a	2,12a	0,57b	0,84c
18	50	0,98a	9,44a	2,08a	0,61b	0,88c
19	50	0,89b	8,80a	1,80b	0,68b	0,92b
20	50	0,75c	7,74b	1,57b	0,85a	1,05b
21	50	0,88b	7,97b	1,65b	0,64b	0,99b
22	83	0,83b	6,77b	1,61b	0,56b	1,04b
23	60	0,80b	6,99b	1,77b	0,45c	1,35a
24	50	0,87b	7,84b	1,87a	0,43c	0,79c
Média		0,79	6,76	1,57	0,48	0,88
CV (%)		9,68	12,31	9,39	20,86	15,22

Médias seguidas por uma mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Os valores de trigonelina, 5-ACQ e cafeína encontrados corroboram com os obtidos por outros autores em *Coffea canephora* (KY et al., 2001; AGUIAR et al., 2005; AGNOLETTI, 2015). Aguiar et al. (2005) avaliaram a diferença de concentração destes compostos em seis variedades de café conilon, e observaram que não houve diferença significativa de teores de trigonelina entre as variedades; apenas uma variedade apresentou diferença no teor de 5-ACQ e três no teor de cafeína. Por outro lado, Ky et al. (2001) observaram diferença entre variedades de café conilon para os três compostos. Agnoletti (2015) não encontraram

diferença significativa entre os teores desses componentes em cafés de diferentes qualidades, talvez pelo menor número de amostras avaliadas, apenas quatro.

É possível observar que os cafés com maiores notas sensoriais – amostras de 1 a 7 – apresentam baixos teores de todos os compostos avaliados, indicando que a presença destes compostos é prejudicial à qualidade do café conilon.

Isto pode ser melhor observado através da análise de correlação (Tabela 4), onde a correlação foi significativa e negativa entre a nota e todas as variáveis. O 5-ACQ e a cafeína foram as variáveis que apresentaram maior correlação negativa com a nota, -0,802 e -0,7016, respectivamente, indicando serem as mais prejudiciais à qualidade. Estas variáveis e a trigonelina tiveram altas correlações entre si, acima de 0,9.

Tabela 4. Correlação de Pearson entre seis variáveis analisadas em 24 amostras de café conilon

	Nota	Trigonelina	5-ACQ	Cafeína	Ác. acético	Ác. cítrico
Nota	1					
Trigonelina	-0.685	1				
5-ACQ	-0.802	0.910	1			
Cafeína	-0.716	0.908	0.963	1		
Ac. acético	-0.634	0.655	0.659	0.610	1	
Ác. cítrico	-0.501	0.394	0.444	0.422	0.501	1

Em café arábica, a correlação negativa da cafeína, 5-ACQ e trigonelina com a qualidade também tem sido observada (DESSALEGN et al., 2008; FIGUEIREDO, 2013). O amargor conferido por estes compostos à bebida (FARAH, 2012), pode ser o responsável pela correlação negativa deles com a qualidade da bebida.

Os teores desses compostos, assim como a qualidade do café, são influenciados geneticamente, como relatado anteriormente (KY et al., 2001; AGUIAR et al., 2005), e também podem sofrer influências ambientais e de manejo. A cafeína apresenta alta herdabilidade (MONTAGNON et al., 1998), sofrendo, assim, menores influências externas, enquanto a trigonelina e o 5-ACQ possuem herdabilidade intermediária, sofrendo maiores influências do ambiente e do manejo. Assim, diante à correlação destes compostos com a qualidade, é necessário preocupar-se com a variedade plantada, com o local de plantio, e com o manejo adequado da lavoura e dos grãos para obtenção de cafés de qualidade.

Os ácidos cítrico e acético tiveram as menores correlações com a nota sensorial (Tabela 4), de -0,501 e -0,634, respectivamente. Ácidos orgânicos, como estes, influenciam a fragrância do café e tem gostos característicos como o de limão do ácido cítrico e o de fermentado do ácido acético (BORÉM et al., 2016). O teor de ácido cítrico aumenta com a

maturação do grão, enquanto o de ácido acético diminui ligeiramente e aumenta devido à fermentação inadequada do café durante a pós-colheita (ROGERS et al., 1999; KOSHIRO et al., 2015). Assim, a colheita de cafés verdes e o manejo pós-colheita inadequado contribuem para a maior presença do ácido acético, de sabor desagradável.

A correlação do ácido cítrico com a qualidade do café arábica tem apresentado resultados controversos: enquanto Borém et al. (2016) observaram correlação negativa, assim como observado neste trabalho para café conilon, Torres (2014) relataram correlação positiva. Como a sacarose é um precursor do ácido cítrico (KOSHIRO et al., 2015), a correlação negativa deste ácido com a qualidade pode estar relacionada com a redução dos açúcares nos grãos, utilizados na formação do ácido. Além disso, a quantidade adequada do ácido pode favorecer o sabor e o aroma do café, enquanto valores muito baixos ou muito altos podem prejudicá-lo. No caso do café conilon, que é uma bebida mais encorpada que o café arábica, teores mais baixos de ácido cítrico podem tornar a bebida mais suave e mais agradável.

Pela análise de componentes principais, foram obtidos seis componentes, sendo que o primeiro acumulou 72,3 % da variância (Tabela 5). Neste componente foi possível observar comportamento das variáveis semelhante ao observado na análise de correlação, pois a nota apresentou relação inversa às demais variáveis e o 5-ACQ e a cafeína foram as variáveis de maior peso.

No biplot (Figura 1), realizado com os dois primeiros componentes, as variáveis são representadas por vetores e as amostras por números. Quanto maior o vetor, maior a influência da variável no agrupamento, e quanto menor o ângulo entre os vetores, maior a correlação entre as variáveis. Assim é possível observar graficamente a correlação negativa entre as variáveis e a nota e a alta correlação entre as variáveis cafeína, trigonelina e 5-ACQ. As amostras apresentaram-se bastante distribuídas, sendo possível identificar apenas um grupo visualmente. Este grupo inclui, principalmente, amostras de qualidade fina, com notas acima de 84 pontos.

A distribuição das amostras no gráfico, bastante afastadas, demonstra haver uma grande variabilidade de composição química e, conseqüentemente, de sabores e aromas entre as amostras avaliadas, já que as variáveis analisadas estão relacionadas com essas sensações. Esta variabilidade, quando relacionada a cafés de boa qualidade, é de grande importância para atender as diferentes preferências dos consumidores.

A correlação negativa destes compostos com a qualidade do café não significa que eles não devam estar presentes nos grãos, pois possuem funções importantes na bebida. A cafeína, por exemplo, é a responsável pela descoberta e fama do café, graças ao seu efeito estimulante, e sua maior concentração no café conilon que no café arábica pode ser um benefício à este

efeito. A cafeína também apresenta uma nota de amargor importante para o sabor e aroma da bebida do café (MONTEIRO; TRUGO, 2005), mas que, em excesso, pode prejudicar o sabor. Assim, as bebidas com maiores notas parecem reunir quantidades adequadas dessas substâncias. Outros exemplos são a trigonelina, que produz a niacina após a torrefação, e o 5-ACQ, um importante antioxidante (MONTEIRO; TRUGO, 2005).

Tabela 5. Coeficientes de seis variáveis analisadas em 24 amostras de café conilon para os seis componentes principais.

Variáveis	PC1	PC2
Nota	-0.411	0.067
Trigonelina	0.439	0.289
5-ACQ	0.460	0.237
Cafeína	0.446	0.285
Ácido acético	0.380	-0.241
Ácido cítrico	0.288	-0.847
Variância	0.723	0.130
Variância acumulada	0.723	0.854

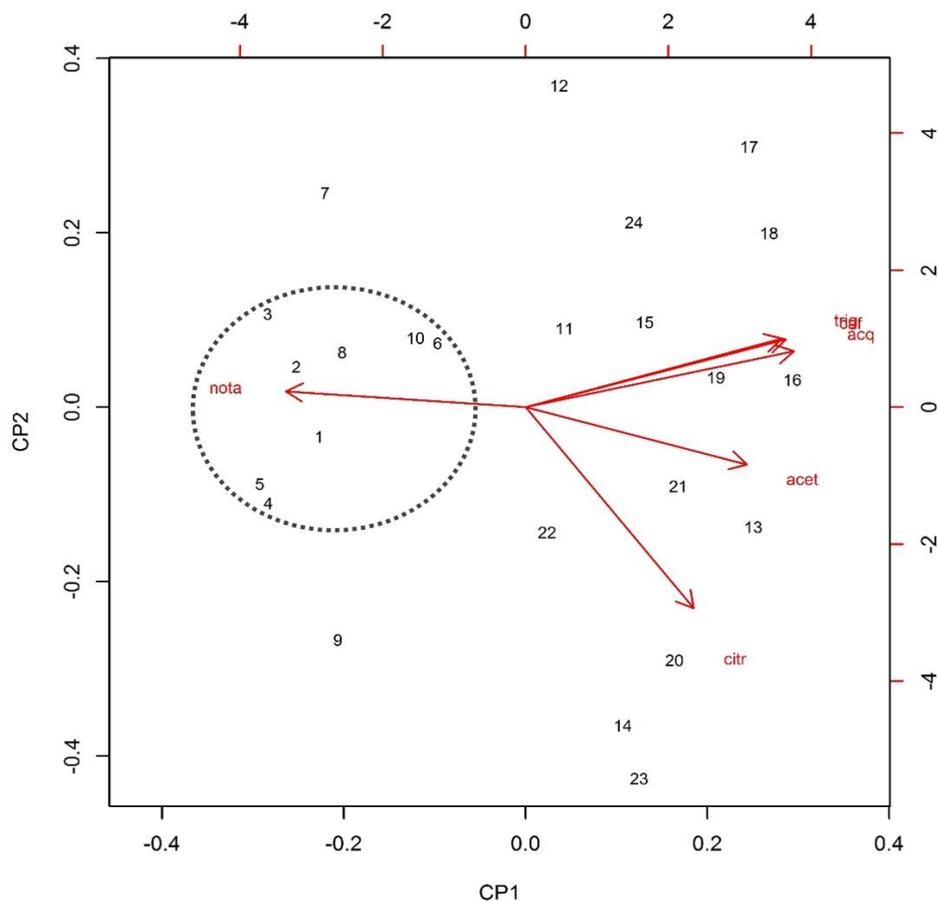


Figura 1. Biplot dos dois primeiros eixos da análise de componentes principais (CP1 e CP2) de seis variáveis em 24 amostras de café conilon.

A análise de correspondência foi realizada para verificar a associação entre características qualitativas das amostras de café: classe sensorial, local da lavoura, tipo de processamento, tamanho dos grãos e tipo do café e as características químicas 5-ACQ, ácido acético e ácido cítrico. O 5-ACQ foi selecionado para representar as variáveis trigonelina e cafeína devido à alta correlação entre estas variáveis e para que o gráfico não ficasse poluído com informações demasiadas. As variáveis químicas foram convertidas em qualitativas, classificando as amostras de acordo com o grupo em que ficaram no agrupamento de Scott Knott. Os parâmetros tamanho dos grãos e tipo do café foram simplificados para tornar os gráficos mais claros (Tabela 6).

Tabela 6. Atributos qualitativos de 24 amostras de café conilon

Amostra	Classe sensorial	Local de produção	Tipo	Preparo	Peneira	5-ACQ*	Ác. acético*	Ác. cítrico*
1	Fino	Afonso Cláudio	3-4	CD	15	C	C	C
2	Fino	Afonso Cláudio	3-4	CD	15	C	C	C
3	Fino	Afonso Cláudio	3-4	CD	15	C	C	C
4	Fino	Afonso Cláudio	3-4	CD	15	C	C	C
5	Fino	Afonso Cláudio	3-4	CD	15	C	C	C
6	Fino	Afonso Cláudio	3-4	CD	15	C	C	C
7	Fino	Afonso Cláudio	3-4	CD	15	C	C	C
8	Fino	Santa Tereza	5-6	CD	15	C	C	C
9	Fino	Itarana	7-8	CD	15_12	C	C	B
10	Prêmio	São Roque	5-6	CD	15	C	C	C
11	Fino	Santa Tereza	5-6	NT	12	B	C	B
12	Prêmio	Santa Tereza	7-8	NT	12	A	C	C
13	Comercial	Itaguaçu	7-8	NT	12	A	B	A
14	Prêmio	Castelo	5-6	NT	12	B	B	A
15	Prêmio	Castelo	5-6	NT	12	B	A	C
16	Comercial	Santa Tereza	7-8	NT	12	A	B	B
17	Médio	Santa Tereza	7-8	NT	12	A	B	C
18	Comercial	Itarana	7-8	NT	12	A	B	C
19	Comercial	Santa Tereza	7-8	NT	12	A	B	B
20	Comercial	Fundão	7-8	NT	12	B	A	B
21	Comercial	Ibiraçu	7-8	NT	12	B	B	B
22	Fino	Santa Tereza	7-8	NT	12	B	B	B
23	Médio	Santa Tereza	5-6	NT	12	B	C	A
24	Comercial	Santa Tereza	7-8	NT	12	B	C	C

CD = Cereja descascado; NT = Natural; 5-ACQ = ácido 5-cafeoilquinico

* As letras representam os grupos Skott Knott ($\alpha=5\%$) a que pertencem as amostras.

Com o gráfico da análise de correspondência (Figura 2) foi possível separar dois grupos visualmente: um contendo a classificação fino e outro contendo as classificações comercial e médio, a prêmio ficou próxima apenas do tipo 5-6. Todas as variáveis químicas tiveram suas

classes de menores teores, C, agrupadas com os cafés finos, peneira 15, tipo 3-4, preparo cereja descascado (CD), e local Afonso Cláudio.

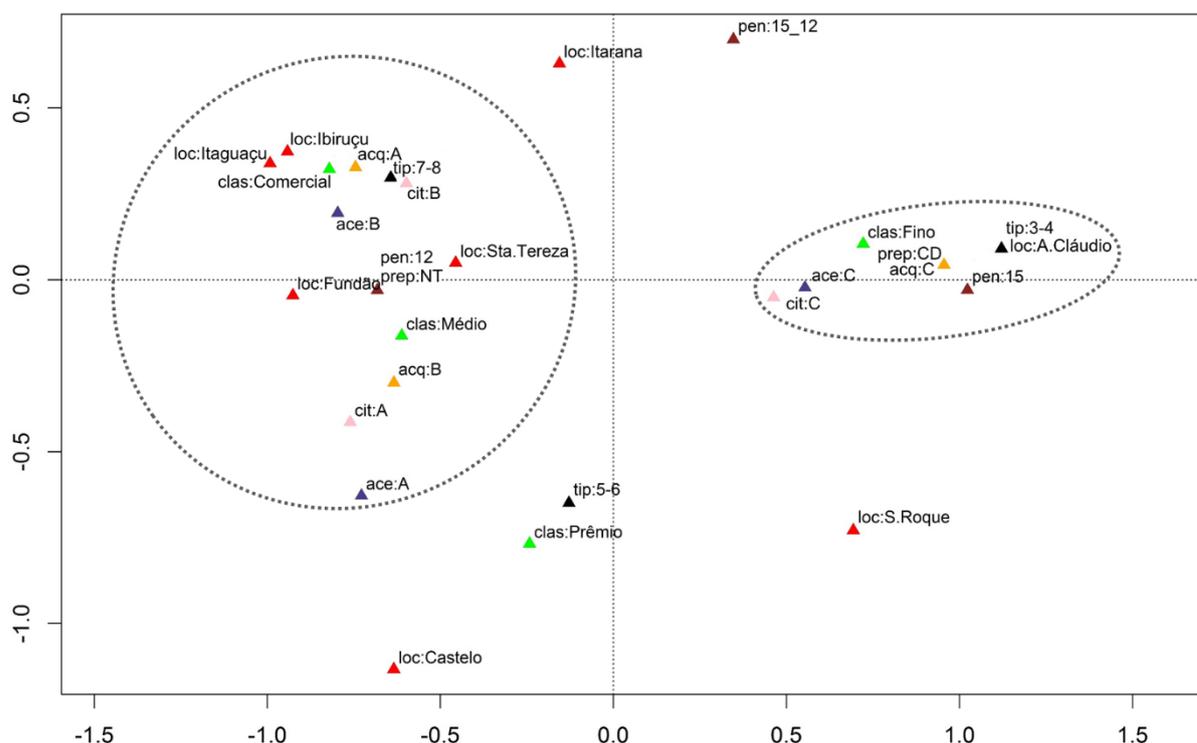


Figura 2. Análise de correspondência de variáveis qualitativas de 24 amostras de café conilon. Variáveis: classe sensorial (clas), local de produção (loc), tipo (tip), preparo (prep.), peneira (pen); ácido 5-cafeioquínico (acq); ácido acético (ace); ácido cítrico (cit). CD = cereja descascada; NT = natural.

A classe C do 5-ACQ, variável de maior correlação com a nota, demonstrou alta correlação com o preparo CD, tendo ocupado o mesmo ponto no gráfico, o que indica que este tipo de preparo pode reduzir o teor de 5-ACQ. Além disso, o agrupamento da classe C do 5-ACQ com o tipo 3-4 é justificado pelo maior teor deste composto em grãos defeituosos verdes e pretos (FARAH et al., 2006), pois sua concentração diminui com a maturação dos grãos (MENEZES, 1994; SMRKE et al., 2015). Assim, é possível que os menores teores de 5-ACQ em cafés finos estejam relacionados com a colheita de grãos maduros e com o preparo pós-colheita. Também podem estar relacionados com o ambiente, já que a classe C se agrupou com o município de Afonso Cláudio e esta relação já foi relatada anteriormente (FIGUEIREDO, 2013). Outro fator que parece afetar os valores de 5-ACQ é a genética. Este fator não pode ser estudado neste trabalho devido à mistura de genótipos presentes nas amostras, mas é relatado por outros autores (MALTA; CHAGAS, 2009; KITZBERGER et al., 2013).

Os menores teores de cafeína e trigonelina nos cafés finos não estão relacionados à maturação dos grãos, já que seus teores aumentam com o desenvolvimento do grão

(KOSHIRO et al., 2006), mas podem estar relacionadas ao ambiente e à genética (KY et al., 2001; AVELINO et al., 2005).

O agrupamento da classe C do ácido acético com o tipo 3-4 provavelmente está relacionada à menor presença de defeitos das amostras assim classificadas. Isto porque os defeitos do café são provenientes de grãos verdes e com fermentação inadequada, e o ácido acético está mais concentrado nestes tipos de grãos (ROGERS et al., 1999; KOSHIRO et al., 2015). Outro indicativo da influência da fermentação inadequada no maior teor de ácido acético é o agrupamento do preparo CD com a classe C do ácido, isto porque este tipo de preparo permite um maior controle da fermentação em relação ao preparo natural.

A secagem natural do café envolve a fermentação do fruto inteiro e produz, em geral, um café de corpo intenso, doce e complexo. Porém, ao longo desse processo, ocorre uma fermentação microbiana natural que pode influenciar a qualidade final do produto (SILVA et al., 2000). Essa fermentação pode ser excessiva em função da maior quantidade de açúcares que ficam nos grãos devido à manutenção da casca, o que pode levar à produção excessiva de ácido acético (SILVA et al., 2013).

Na análise de frutos de café durante a fermentação, o ácido acético foi encontrado principalmente na polpa e na mucilagem. Sua produção, entretanto, ocorre na superfície dos frutos por bactérias ou leveduras, daí o ácido pode migrar para a polpa e mucilagem, interferindo na qualidade sensorial dos grãos (SILVA et al., 2008).

O agrupamento da classe C do ácido cítrico com o preparo CD também parece estar relacionado à fermentação, já que o teor deste ácido aumenta após a fermentação em preparo natural (EVANGELISTA et al., 2013; SILVA et al., 2008), mas diminui em cafés despulpados (EVANGELISTA et al., 2014; EVANGELISTA et al., 2015). O ácido cítrico existe naturalmente na polpa, na mucilagem e na semente do café e já foi observado que ele diminui na polpa e na mucilagem e aumenta na semente durante a fermentação natural do grão (SILVA et al., 2008), provavelmente porque migra das partes externas para a semente, o que não ocorre no café despulpado, pois a casca é retirada. A síntese do ácido cítrico por microrganismos durante a fermentação do café não é relatada, entretanto a presença de microrganismos que sintetizam este ácido, como *Saccharomyces cerevisiae* (RIBEIRO et al., 2017) e *Aspergillus niger* (VANDENBERGHE et al., 2000) tem sido observada durante a fermentação natural do café (VILELA et al., 2010; SILVA et al., 2008).

O agrupamento das classes C dos ácidos com o preparo CD e a classificação fino, assim como a correlação negativa de todas as variáveis com a qualidade sensorial do café, parece indicar a preferência de cafés mais suaves pelos degustadores. Isto pode ocorrer porque o café conilon é um café naturalmente mais encorpado que o café arábica, levando os degustadores a

preferirem cafés conilon mais suaves. Estes cafés mais suaves são justamente estes com menor concentração destes compostos e obtidos pelo preparo CD.

Diante à estas afirmações, é preciso destacar que é possível obter café conilon de qualidade através do preparo natural, como pode ser observado na Tabela 2. Este preparo possui as vantagens de ser mais barato e acessível aos pequenos produtores, porém sua utilização requer um maior cuidado durante a fermentação do que o CD, para que esta não seja excessiva, gerando teores indesejáveis dos compostos anteriormente relatados. A obtenção de café com diferentes características sensoriais, mais ou menos encorpados e complexos é muito importante para que as diversas preferências dos consumidores sejam atendidas.

4 CONCLUSÕES

As variáveis analisadas apresentaram diferença entre as amostras.

As variáveis químicas avaliadas apresentaram correlação negativa com a qualidade sensorial do café, sendo o ácido 5-cafeoilquínico a variável que mais influencia negativamente a nota do café.

Os cafés finos se agruparam com o tipo 3-4, peneira 15, preparo cereja descascado, local Afonso Cláudio e menores valores de ácido 5-cafeoilquínico, cítrico e acético.

5 REFERÊNCIAS

- AGNOLETTI, B. Z. **Avaliação das propriedades físico-químicas de café arábica (*Coffea arabica*) e conilon (*Coffea canephora*) classificados quanto à qualidade da bebida.** 2015. 110 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2015.
- AGUIAR, A. T. E. Diversidade química de cafeeiros na espécie *Coffea canephora*. **Bragantia**, v. 64, n. 4, p. 577-582, 2005.
- 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, n. 11, p. 1869-1876, 2005.
- BORÉM, F. M. The relationship between organic acids, sucrose and the quality of specialty coffees. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 8, p. 709-717, 2016.
- CRUZ, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**. v.35, n.3, p.271-276, 2013.
- DESSALEGN, Y. et al. Genetic diversity and correlation of bean caffeine content with cup quality and green bean physical characteristics in coffee (*Coffea arabica* L.). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 88, n. 10, p. 1726–1730, 2008.
- FARAH, A. et al. Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee. **Food Chemistry**, v. 98, n. 2, p. 373–380, 2006.
- FARAH, A. Coffee Constituents. In: CHU, Y. **Coffee: Emerging Health Effects and Disease Prevention**. Chicago: Institute of Food Technologists, 2012.
- FIGUEIREDO, L. P. **Abordagem sensorial e química da expressão de genótipos de Bourbon em diferentes ambientes.** 2013. 127 p. Tese (doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.
- KITZBERGER, C. S. G. Composição química de cafés arábica de cultivares tradicionais e modernas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 11, p. 1498-1506, 2013.
- KOSHIRO, Y. et al. Changes in the content of sugars and organic acids during ripening of *Coffea arabica* and *Coffea canephora* fruits. **European Chemical Bulletin**, v. 4, n. 8, p. 378-383, 2015.
- KY, C. L. et al. Caffeine, trigonelline, chlorogenic acids and sucrose diversity in wild *Coffea arabica* L. and *C. canephora* P. accessions. **Food Chemistry**, v. 75, p. 223–230, 2001.
- LINGLE, T. R. **The coffee cupper's handbook: systematic guide to the sensory evaluation of coffee's flavor.** 4. ed. Long Beach: Specialty Coffee Association of America, 2011. 66 p.
- MALTA, M. R.; CHAGAS, S. J. R. Avaliação de compostos não-voláteis em diferentes cultivares de cafeeiro produzidas na região sul de Minas Gerais. **Maringá**, v. 31, n. 1, p. 57-61, 2009.
- MENEZES, H. C. The relationship between the state of maturity of raw coffee beans and the isomers of caffeoylquinic acids. **Food Chemistry**, v. 50, p. 293–296, 1994.
- MONTAGNON, C. et al. Genetic parameters of several biochemical compounds from green coffee, *Coffea canephora*. **Plant Breeding**, v. 117, p. 576-578, 1998.
- MONTEIRO, M.C.; TRUGO, L.C. Determinação de compostos bioativos em amostras comerciais de café torrado. **Química nova**, v. 28, p. 637-641, 2005.
- NOGUEIRA, M.; TRUGO, L. C. Distribuição de isômeros de ácido clorogênico e teores de cafeína e trigonelina em cafés solúveis brasileiros. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 2, p. 296-299, 2003.

PARTELLI, F. L.; OLIVEIRA, M. G.; SILVA, M. B. **Café Conilon: Qualidade, adubação e irrigação**. 1. ed. São Mateus: , 2013. v. 1. 167p .

RIBEIRO, L. S. et al. Behavior of yeast inoculated during semi-dry coffee fermentation and the effect on chemical and sensorial properties of the final beverage. **Food Research International**, v. 92, p. 26–32, 2017.

SILVA, C. F. et al. Evaluation of a potential starter culture for enhance quality of coffee fermentation. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 29, p. 235-247, 2013.

SILVA, C. F. et al. Microbial diversity during maturation and natural processing of coffee cherries of *Coffea arabica* in Brazil. **International Journal of Food Microbiology**, v. 60, p. 251–260, 2000.

SILVA, C. F. et al. Succession of bacterial and fungal communities during natural coffee (*Coffea arabica*) fermentation. **Food Microbiology**, v. 25, p. 951-957, 2008.

SMRKE, S. et al. Differentiation of degrees of ripeness of Catuai and Tipica green coffee by chromatographical and statistical techniques. **Food Chemistry**, v. 174, p. 637–642, 2015.

THOMAZINI, A. et al. Abordagem sobre qualidade da bebida no café conilon. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 12, p. 1-9, 2011.

THOMAZINI, A. J. ; STURM, G. M. ; THOMAZINI, A. . Atualidades e desafios para a sustentabilidade do café conilon de qualidade. In: TOMAZ, M. A. et al. (Org.). **Inovação, difusão e integração: bases para a sustentabilidade da cafeicultura**. 1ed. Alegre: CCAUFES, 2012, v. 3, p. 45-55.

TORRES, L. M. **Compostos bioativos, ácidos orgânicos, atividade antioxidante e suas correlações com a qualidade da bebida de café arábica**. 2014. 127 p. Dissertação (mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

TRUGO, L. C.; MACRAE R. A Study of the Effect of Roasting on the Chlorogenic Acid Composition of Coffee Using HPLC. **Food Chemistry**, v. 15, p. 219-227, 1984.

VANDENBERGHE, L. P. S. et al. Solid-state fermentation for the synthesis of citric acid by *Aspergillus niger*. **Bioresource Technology**, v. 74, p. 175-178, 2000.

VILELA, D. M. 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.