



INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
Centro de Ciência e Qualidade de Alimentos

LARICIA OLIVEIRA CARDOSO DOMINGUES

**PREVISÃO DA QUALIDADE GLOBAL DA BEBIDA DE CAFÉ: UMA
AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E SENSORIAL A PARTIR DE MÉTODOS
QUIMIOMÉTRICOS**

CAMPINAS

2019

LARICIA OLIVEIRA CARDOSO DOMINGUES

**PREVISÃO DA QUALIDADE GLOBAL DA BEBIDA DE CAFÉ: UMA
AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E SENSORIAL A PARTIR DE MÉTODOS
QUIMIOMÉTRICOS**

*Dissertação apresentada ao Instituto de
Tecnologia de Alimentos para obtenção do
título de Mestre em Ciência e Tecnologia de
Alimentos.*

Aluno: Laricia Oliveira Cardoso Domingues
Orientador: Prof. Dr. Marcelo Antônio
Morgano
Coorientador: Dra. Aline de Oliveira Garcia

Este exemplar corresponde à versão final da Dissertação defendida pela aluna Laricia Oliveira Cardoso Domingues e orientada pelo Prof. Dr. Marcelo Antônio Morgano.

CAMPINAS

2019

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Ficha Catalográfica

Biblioteca do Instituto de Tecnologia de Alimentos
Elaborado por: Lucilene Paulina da Silva – CRB 8/8507

D671p Domingues, Laricia Oliveira Cardoso.

Previsão da qualidade global da bebida do café: uma avaliação físico-química e sensorial a partir de métodos quimiométricos. Laricia Oliveira Cardoso Domingues / Dissertação de mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos. - Campinas, SP: ITAL, 2019.

82 f.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Antônio Morgano.

1. Qualidade do café. 2. Sensorial. 3. Café Gourmet. 4. Quimiometria. 5. OCC. I. Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL). Centro de Ciência e Qualidade de Alimentos (CCQA). II. Domingues, Laricia Oliveira Cardoso. III. Título.

Título em inglês: Coffee quality Prediction: a physicochemical and sensory evaluation using chemometrics methods.

Key-words: coffee quality; sensory; *Gourmet* coffee; chemometric; OCC

Titulação: Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Banca Examinadora: Prof. Dr. Marcelo Antônio Morgano (orientador), Dra. Aline de Oliveira Garcia (coorientadora), Profa. Dra. Marcia Miguel Ferreira (titular), Dra. Kátia Maria Vieira Avelar Bittencourt Cipolli (titular), Profa. Dra. Beatriz Thie Iamanaka (suplente).

Data da Defesa: 23/08/2019

Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos

BANCA EXAMINADORA

Este exemplar corresponde à redação final da Dissertação de Mestrado defendida por Laricia Oliveira Cardoso Domingues, aprovada pela Comissão Julgadora em 23/08/2019.

Prof. Dr. Marcelo Antônio Morgano
CCQA - ITAL (Presidente)

Dra. Aline de Oliveira Garcia
CCQA - ITAL (coorientadora)

Profa. Dra. Marcia Miguel Castro Ferreira
IQ - UNICAMP (titular)

Dra. Kátia Maria Vieira Avelar Bittencourt Cipolli
CCQA - ITAL (titular)

Profa. Dra. Beatriz Thie Iamanaka
CCQA - ITAL (suplente)

A ata de defesa de dissertação de mestrado com as respectivas assinaturas dos membros da banca encontra-se arquivada junto à documentação do aluno.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me conceder essa oportunidade e me sustentar durante todo o período.

À minha mãe e meu pai (in memoriam), que não tiveram a oportunidade de estudar, mas sempre apoiaram e incentivaram a minha formação. Isso foi essencial para eu chegar até aqui.

Ao meu marido, por compreender minha ausência, suportar meus anseios e me apoiar incondicionalmente e ao meu filho, por tornar esta jornada ainda mais emocionante.

Ao Instituto de Tecnologia de Alimentos – ITAL, pela oportunidade de realização do Mestrado e ao Centro de Ciência e Qualidade de Alimentos (CCQA) por toda estrutura concedida.

Ao Prof. Dr. Marcelo Antônio Morgano, meu orientador, pelas sugestões, disponibilidade, atenção, paciência e dedicação prestadas.

À Dra. Aline de Oliveira Garcia, idealizadora do projeto e minha coorientadora, pelo suporte, incentivo e tantos ensinamentos passados a mim.

À Profa. Dra. Marcia Miguel Castro Ferreira que me ajudou a encontrar respostas através da análise multivariada, pela disponibilidade e paciência.

À Dra. Rita Ormenese por me apoiar, incentivar e permitir que eu conseguisse conciliar meu trabalho com as atividades do mestrado.

Às técnicas de laboratório: Gabrielle, Vanessa, Xênia e Michelle, pela amizade, incentivo e colaboração nas análises realizadas.

À equipe de avaliadores treinados do LAFISE, pela participação e empenho na análise sensorial dos cafés.

À Juliana Ferini, pela paciência, apoio e colaboração nas etapas da execução deste trabalho.

À Elenice, por ser sempre tão gentil e pelo suporte sempre que foi necessário.

À banca examinadora, pelo auxílio e por ter aceito o convite.

A todos que de alguma forma contribuíram para que eu concluísse essa jornada.

Muito obrigada!

RESUMO

As bebidas originadas do café torrado podem ser classificadas em cafés *Gourmet*, Superior, Tradicional e não recomendável para fornecimento em função da sua qualidade sensorial. Entretanto, a avaliação da qualidade sensorial do café tem sido questionada devido ao viés subjetivo que pode apresentar, uma vez que os avaliadores podem sofrer influência de fatores, psicológicos, fisiológicos e/ou emocionais. Assim, o principal objetivo deste trabalho foi desenvolver um modelo multivariado capaz de prever a qualidade global de cafés *Gourmet*, Superior, Tradicional e não recomendável para fornecimento, a partir dos resultados de parâmetros físicos e físico-químicos de cafés. Para isso, 108 amostras de cafés torrado e moído foram avaliadas quanto a granulometria, ponto de torra, identificação histológica, umidade, cinzas, extrato aquoso, sólidos solúveis (Brix), pH e perfil sensorial descritivo. Não houve diferença significativa quanto ao teor de umidade e sólidos solúveis (Brix) entre os cafés *Gourmet*, Superior, Tradicional e não recomendável para fornecimento. Todas as amostras foram classificadas com moagem fina, sendo o café Tradicional o mais fino de todas as categorias. Os cafés de qualidade Tradicional e não recomendável para fornecimento apresentaram maiores teores de cinzas e pH. Os pontos de torra apresentaram cores mais claras e as bebidas tornaram-se mais ácidas à medida que a qualidade do café era melhor. A partir dos resultados dos parâmetros físico-químicos e aplicação da Análise de Componentes Principais foi possível a separação dos cafés em duas classes: melhor qualidade (*Gourmet* e Superior) e qualidade inferior (Tradicional e Não Recomendável). A torra clara e moagem levemente mais grossa (peneira 30) foram correlacionados com os cafés de melhor qualidade, enquanto maiores teores de extrato aquoso, cinzas e pH foram correlacionados com os cafés de qualidade inferior. O modelo uma classe (OCC), construído a partir dos parâmetros físico-químicos, apresentou boa sensibilidade e conseguiu classificar satisfatoriamente os cafés de qualidade *Gourmet* das demais amostras.

Palavras-chave: qualidade do café; sensorial; café *Gourmet*; quimiometria; OCC

ABSTRACT

Beverages obtained from roasted coffee can be classified into *Gourmet*, Superior, Traditional and not recommended for supply coffees according to their sensory quality. However, the evaluation of coffee sensory quality has been questioned due to the subjective bias it may present, since evaluators may be influenced by psychological, physiological and/or emotional factors. Thus, this work aimed to develop a multivariate model that is able to predict the overall quality of *Gourmet*, Superior, Traditional and not recommended for supply coffees, based on the results of physical and physicochemical parameters of coffees. For this purpose, 108 roasted and ground coffee samples were evaluated for grinding, roasting degree, histological identification, moisture, ash content, aqueous extract, soluble solids (Brix), pH and descriptive sensory profile. There was no significant difference in moisture content and soluble solids (Brix) among *Gourmet*, Superior, Traditional and not recommended coffees. All samples were classified with fine grinding, with the Traditional coffee being the thinnest of all categories. Traditional and not recommended for supply coffees presented higher ash content and pH. Considering the roasting degrees presented, the lighter the colors were, the better was the quality of the coffee. Through the results of the physicochemical parameters and application of principal component analysis it was possible to separate the coffees into two classes: best quality (*Gourmet* and Superior) and inferior quality (Traditional and not recommended). Light roasting and slightly gridding (sieve 30) were correlated with best quality coffees, while higher aqueous extract, ash and pH were correlated with inferior quality coffees. The one-class model (OCC), constructed using the physicochemical parameters, presented good sensitivity and was able to satisfactorily classify *Gourmet* quality coffees from other samples.

Key words: coffee quality; sensory; Gourmet coffee; chemometric; OCC

SUMÁRIO

RESUMO.....	v
ABSTRACT	vi
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	ix
INTRODUÇÃO	1
OBJETIVOS	3
Objetivo principal.....	3
Objetivos específicos.....	3
CAPÍTULO 1.....	4
1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
1.1 Café – Histórico	5
1.2 Cadeia produtiva – Fatores que afetam a qualidade do café	6
1.2.1 Fatores climáticos	7
1.2.2 Maturação e colheita do café	7
1.2.3 Pós-colheita	9
1.2.4 Preparo por via seca	9
1.2.5 Preparo por via úmida	9
1.2.6 Secagem.....	10
1.2.7 Armazenamento.....	11
1.2.8 Beneficiamento	11
1.3 Composição química do café	13
1.3.1 Sólidos Solúveis em água.....	14
1.3.2 Umidade.....	15
1.3.3 Acidez e pH.....	16
1.4 Torração e moagem	16
1.5 Qualidade sensorial do café	18
1.5.1 Método da <i>Specialty Coffee Association of America</i> – SCAA	20

1.5.2 Análise Descritiva.....	20
1.6 Legislação para café torrado	21
1.7 Análise multivariada de dados (Quimiometria)	24
1.7.1 Métodos Não Supervisionados de Reconhecimento de Padrões	25
1.7.2 Métodos Supervisionados.....	27
1.7.3 Calibração Multivariada.....	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29
CAPÍTULO 2.....	38
PREVISÃO DA QUALIDADE GLOBAL DE CAFÉS GOURMET, SUPERIOR E TRADICIONAL USANDO PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MODELO MULTIVARIADO.....	38
RESUMO.....	39
1. INTRODUÇÃO	40
2. MATERIAL E MÉTODOS	42
2.1 Amostras	42
2.2 Análise sensorial	42
2.3 Análises físicas.....	43
2.4 Análises físico-químicas	43
2.5 Análise multivariada de dos dados	44
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
3.1 Análise sensorial	44
3.2 Análises físicas e físico-químicas	48
3.3 Análise multivariada: análise de componentes principais (PCA) e classificação de uma classe (OCC)	52
4. CONCLUSÃO.....	58
5. REFERÊNCIAS	59
CONCLUSÃO GERAL.....	63
ANEXOS.....	64

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIC	Associação Brasileira da Indústria de Café
CODEAGRO	Coordenadoria de Desenvolvimento dos Agronegócios
SINDICAFÉ	Sindicato da Indústria do Café do Estado de São Paulo
COB	Classificação Oficial Brasileira
SAA	Secretaria da Agricultura e Abastecimento
PVA	Pretos, verdes, ardidos
PQC	Programa de Qualidade do Café
ADQ	Análise Descritiva Quantitativa
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
IFT	Institute of Food Technologists
PCA	Análise de Componentes Principais
HCA	Análise de Agrupamentos Hierárquicos
PC	Componente Principal
SCAA	Specialty Coffee Association of America
SIMCA	Modelagem Independente por Analogia de Classes
KNN	K-vizinhos mais próximos
ITAL	Instituto de Tecnologia de Alimentos
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.
PLS	Regressão por Mínimos Quadrados Parciais
OCC	Classificação de uma classe

INTRODUÇÃO

O café é um produto de intensa comercialização no mercado nacional e internacional. Até sua bebida ser consumida, o café passa por uma longa cadeia de transformações e diversos fatores, desde a produção até a sua comercialização, podem contribuir para a qualidade do produto final (THOMAZINI *et al.*, 2011).

O estado de São Paulo tem em vigor as Resoluções SAA 30 e 31 de 2007 e SAA 19 de 2010, que permitem fixar a identidade e as características mínimas de qualidade a que deve atender o café torrado. Estas resoluções determinam a realização da avaliação sensorial da bebida do café, que numa escala de 10 pontos classificam em café *Gourmet* (7,3 a 10,0); café Superior (6,0 a 7,2); e café Tradicional (4,5 a 5,9). As resoluções também estabelecem limites para parâmetros como teor de umidade, cinzas, extrato aquoso dentre outros (SÃO PAULO, 2007; SÃO PAULO, 2007; SÃO PAULO, 2010).

A Instrução Normativa 16, de 24 de maio de 2010 (BRASIL, 2010) vislumbrou a necessidade de estabelecer um padrão mínimo de qualidade para café torrado e moído brasileiro, tanto física quanto sensorial, porém foi revogada em fevereiro de 2013 por não ver a possibilidade de controlar esta última exigência, bem como, pelo fato da análise sensorial exigir tempo e muito treino, uma vez que etapas como: recrutamento e seleção de julgadores, treinamento e validação da equipe são necessários para a análise do perfil descritivo do café. A avaliação sensorial do café realizada por equipe de julgadores selecionados e treinados para expressarem a sua percepção olfativa e gustativa tem sido questionada devido ao viés subjetivo que pode apresentar, uma vez que fatores psicológicos, fisiológicos e/ou emocionais, podem comprometer a precisão com que os avaliadores classificam o café com relação à qualidade da bebida. Desta forma, existe a necessidade de se buscar novos parâmetros para servirem como auxílio na avaliação sensorial do produto final (FARIA; YOTSUYANAGI, 2010; MUÑOZ; GARCIA, 2013; RIBEIRO *et al.*, 2012).

Com a finalidade de tornar a avaliação da bebida do café objetiva, alguns estudos correlacionaram os dados de análises químicas e físico-químicas do grão de café com as características sensoriais da bebida (FARAH *et al.*, 2006;

RIBEIRO *et al.*, 2010; PAIVA, 2010; ARRUDA *et al.*, 2012; BRESSANELLO *et al.*, 2016). Nestes estudos, os parâmetros físico-químicos foram determinados utilizando diferentes técnicas instrumentais como: cromatografia líquida e gasosa, espectroscopia no infravermelho (NIR) e as avaliações sensoriais foram realizadas por meio da “prova de xícara” - método da *Specialty Coffee Association of America* (SCAA), no qual a avaliação da bebida é realizada a partir dos grãos crus do café, submetidos a uma torra clara, o que é diferente dos cafés torrados e moídos comumente encontrados no mercado e chegam às mesas dos consumidores.

Sabe-se que a qualidade final da bebida do café é resultante de vários fatores como: tipo de grão, práticas de manejo, processo de secagem, torração dentre outros que, conseqüentemente, resulta em cafés com características distintas. Para entender as possíveis relações entre as características físico-químicas e sensoriais do café comercializado e a qualidade final da bebida é necessária uma criteriosa análise dos resultados de diversos parâmetros obtidos dos cafés de diferentes categorias de qualidade. Neste contexto, a utilização de técnicas multivariadas permite avaliar os resultados obtidos de forma global, possibilitando a obtenção de informações relevantes do conjunto de dados.

Assim sendo, métodos quimiométricos podem ser utilizados para facilitar a compreensão da influência que as propriedades físicas, sensoriais ou químicas (variáveis) possam ter na qualidade do café, podendo ser uma ferramenta alternativa utilizada na predição da qualidade final da bebida. Não foram encontrados na literatura estudos que correlacionassem parâmetros físico-químicos e a qualidade dos cafés de categoria Tradicional, Superior e *Gourmet* por meio de ferramentas quimiométricas. Diante do exposto, o estudo foi delineado com o objetivo de construir de um modelo multivariado a partir dos resultados dos parâmetros físicos e físico-químicos de cafés torrados e moídos, capaz de prever a qualidade global de cafés *Gourmet*, Superior e Tradicional.

OBJETIVOS

OBJETIVO PRINCIPAL

- O presente estudo tem por objetivo construir, a partir de dados da avaliação física, físico-química e sensorial, modelos quimiométricos capazes de classificar e atribuir corretamente a qualidade global da bebida de café comercial de diferentes categorias.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar a análise do perfil descritivo dos cafés comerciais de diferentes categorias (Tradicional, Superior, *Gourmet* e não recomendável para fornecimento) por meio de análise sensorial.

- Caracterizar amostras de café comerciais de diferentes categorias utilizando análises físicas e físico-químicas.

- Aplicar a Análise de Componentes Principais para estudar as relações entre os parâmetros físicos, físico-químicos e sensoriais.

- Utilizar métodos de calibração ou reconhecimento supervisionado de padrões (OCC) para classificar amostras de cafés de diferentes categorias.

CAPÍTULO 1

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 Café – Histórico

O cafeeiro é um arbusto que pertence à família *Rubiaceae* e ao gênero *Coffea*. Segundo Pimenta (2003), existem descritas aproximadamente 100 espécies do gênero *Coffea*, mas somente duas têm importância econômica no mercado nacional e internacional: *Coffea arábica* (café arábica) e *Coffea canephora* (café *conilon* ou robusta). Estas duas espécies exibem diferenças consideráveis em suas características genéticas, químicas, morfológicas e apresentam bebidas com características sensoriais bem distintas (ILLY; VIANI, 2005).

O café arábica é originário das florestas subtropicais da região serrana da Etiópia (MATOS *et al.*, 2012). Esta espécie se desenvolve em altitudes elevadas (acima de 800 metros) e temperaturas médias diárias entre 18°C e 22°C. Apresenta sabores mais complexos, muitas vezes descritos como ricos. Quando torradas, as espécies de café arábica produzem uma bebida fina, com amargor e acidez balanceados e notas de aroma achocolatado e amendoado. Em geral, possui sabor e aroma mais intenso, não necessitando misturas com outros tipos de café para ser consumido (ILLY; VIANI, 2005; KREUM *et al.*, 2013).

O café *canephora* é originário das regiões equatoriais baixas, quentes e úmidas da bacia do Congo e requer temperaturas médias diárias de 22°C e 26°C para o seu desenvolvimento (MATOS *et al.*, 2012). É caracterizado por apresentar uma bebida com baixa acidez, maior amargor e adstringência, além de um maior teor de sólidos solúveis. Sua bebida não apresenta variações, sendo muitas vezes descritas como “neutra”. Por apresentar maior teor de sólidos solúveis, o café *conilon* é amplamente utilizado na indústria cafeeira para produção de cafés solúveis (ILLY; VIANI, 2005; MENDES, 2001).

Buscando aproveitar o potencial de cada café, as indústrias elaboram *blends* (misturas) a partir destas duas espécies. Além da vantagem econômica devido ao seu baixo preço, a adição do café *conilon* ao arábica aumenta o teor de cafeína e sólidos solúveis, conferindo mais corpo e diminuindo a acidez da bebida do café (RIBEIRO *et al.*, 2014; FILHO *et al.*, 2015). Assim, a elaboração dos *blends* possibilita a manutenção da uniformidade de sabor e a padronização da qualidade do café (FERNANDES *et al.*, 2003)

O café é uma das *commodities* mais comercializadas em todo o mundo e, atualmente, o Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café. Com um parque cafeeiro estimado em 2,25 milhões de hectares, em 2017 o Brasil foi responsável por 36% da produção mundial de café, sendo Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Bahia, Rondônia e Paraná os principais estados brasileiros responsáveis por essa produção (RICARDI, 2016; CONAB, 2017; ABIC, 2018;).

Considerada uma bebida tradicional pelo brasileiro, o consumo interno do café seguiu uma trajetória crescente nas últimas décadas. Embora o consumo de cafés nas categorias cápsulas e grão torrado tenha aumentado ao longo dos anos, o café torrado e moído ainda possui grande espaço nos lares brasileiros, sendo o café filtrado a forma predominante de consumo. Em 2017, o café torrado e moído representou cerca de 80% do volume total de café consumido no país (EUROMONITOR, 2017). De acordo com dados da Associação Brasileira da Indústria de Café - ABIC, de novembro de 2017 a outubro de 2018, o consumo per capita foi de 4,82kg de café torrado e moído, o equivalente a 80 litros por habitante, o que mantém o Brasil como o segundo maior consumidor de café do mundo, atrás apenas dos Estados Unidos (ABIC, 2018).

1.2 Cadeia produtiva – Fatores que afetam a qualidade do café

Até chegar à mesa dos consumidores e sua bebida ser consumida, o café passa por uma longa cadeia de transformações e diversos fatores podem impactar na sua qualidade (THOMAZINI *et al.*, 2011). As diferenças encontradas na qualidade da bebida do café estão associadas não somente a fatores ambientais ou de espécies, mas também a alterações que ocorrem nos grãos durante a fase de processamento. Uma breve descrição das etapas de produção e as suas influências na qualidade do café são apresentadas a seguir:

1.2.1 Fatores climáticos

O cafeeiro é geralmente afetado em sua fase de crescimento pelas condições ambientais, principalmente pela distribuição de chuvas e temperatura do ar que interferem no seu desenvolvimento e, conseqüentemente, na produtividade e qualidade dos frutos (CAMARGO, 2010). Condições adversas do clima como geadas, granizos e períodos prolongados de seca podem danificar as plantas e frutos, afetando a qualidade final do café (WINTGENS, 2009). Para o café arábica, a temperatura ótima varia entre 18°C durante a noite e 22°C durante o dia (DESCROIX; SNOECK, 2009). Acima de 23°C o desenvolvimento e o amadurecimento da fruta são acelerados, levando à perda de qualidade. A exposição contínua a temperaturas diárias de até 30°C pode resultar no amarelamento das folhas, enquanto temperaturas abaixo de 18°C causam comprometimento no crescimento da planta (CAMARGO, 2010).

Considerado mais resistente às adversidades climáticas, o café *conilon* cresce melhor em áreas com temperatura entre 22°C a 28°C, com precipitação anual bem distribuída. Temperaturas abaixo de 10°C são prejudiciais ao cafeeiro, podendo causar a morte da planta quando próximas a 5°C. Altas temperaturas também são prejudiciais para o *conilon*, especialmente em uma atmosfera seca, uma vez que a fotossíntese é reduzida em temperaturas acima de 30°C (MENDES, 2001; DESCROIX; SNOECK 2009).

1.2.2 Maturação e colheita do café

Desde a formação até sua completa maturação, o fruto de café passa por diversas fases e cada uma destas fases é determinante para obtenção de grãos sadios e graúdos (MESQUITA *et al.*, 2016). O processo de maturação dos grãos de café, conforme descrito por Pimenta (2003), inicia-se com o aumento da atividade respiratória e com a síntese de etileno, acompanhado do metabolismo de açúcares e ácidos, degradação da clorofila e síntese de pigmentos responsáveis pela mudança na coloração da casca, que passa de verde à vermelho cereja ou amarela, além do decréscimo de adstringência e síntese de

compostos voláteis, como aldeídos, ésteres, cetonas e álcoois, que caracterizam o aroma do fruto maduro.

O auge da maturação ocorre quando o fruto atinge o estado cereja. Nesta fase, o grão apresenta o máximo desenvolvimento de todos os seus componentes (casca, mucilagem, pergaminho e sementes) apresentando composição química adequada para que, durante o processo de torra, ocorram todas as reações físico-químicas necessárias para a obtenção das características sensoriais desejáveis com destaque para o aroma, sabor, acidez e doçura da bebida (SATH, 2010; GIOMO, 2012).

A maturação dos frutos é um dos principais fatores que determinam a qualidade da bebida do café. Segundo Pimenta (2003), os frutos imaturos (verdes) não completaram o ciclo de maturação e, portanto, não apresentam composição química plena e equilibrada. As propriedades organolépticas não se desenvolvem completamente durante o processo de torração dos grãos verdes, o que pode acarretar em bebidas adstringentes e com amargor acentuado, com qualidade inferior àquela proporcionada por frutos maduros. Por outro lado, os frutos que passaram do ponto ideal de colheita (sobre maduros ou passas), também são responsáveis pela perda de qualidade, especialmente devido à ação de microrganismos que podem causar fermentações e alterar o equilíbrio entre os componentes químicos dos grãos, refletindo negativamente no sabor e aroma do café (GIOMO, 2012).

O cafeeiro, por apresentar mais que uma florada, proporciona numa mesma planta frutos com diferentes estádios de maturação. Dessa forma, a colheita deve ocorrer quando a maioria dos frutos atinge o estado cereja, momento em que o fruto expressa o seu potencial máximo de desenvolvimento, tornando-se assim matéria-prima para obtenção de um café de boa qualidade (PIMENTA, 2003; SATH, 2010).

Segundo Giomo (2012), a colheita do café pode ocorrer de forma seletiva (manual ou mecânica), onde apenas os frutos maduros são retirados da planta, sendo a melhor maneira para explorar o potencial qualitativo das lavouras ou por derriça (manual ou mecânica), onde todos os frutos da planta podem ser colhidos em uma única vez e realizando-se a separação hidráulica dos frutos em diferentes estádios de maturação no início do processamento do café.

1.2.3 Pós-colheita

Posteriormente a colheita, o processamento deve começar o mais breve possível para evitar a fermentação indesejável dos grãos. Giomo (2012) ressalta que o processamento pós-colheita não melhora significativamente a qualidade do café, mas possibilita que a qualidade inicialmente pré-determinada no campo seja preservada. Assim sendo, se a qualidade do café for comprometida na lavoura, essa situação vai persistir durante todas as etapas do processamento.

O café colhido pode ser constituído de uma mistura de frutos (verdes, maduros e secos) e impurezas (folhas, ramos, paus e pedras). O processo de limpeza e separação das impurezas pode ser realizado por peneiramento manual (abanação) ou ventilação forçada (máquinas de pré-limpeza). Já os frutos passam pelo lavador que proporciona a separação dos frutos cerejas e verdes (mais pesados) dos frutos boias (mais leves). Após a etapa de limpeza e lavagem, os frutos são direcionados diretamente para a secagem (via seca) ou passam pelos processos de descascamento ou despulpamento, para depois seguir para a secagem (via úmida) (REIS; CUNHA; CARVALHO 2011; MATOS *et al.*, 2012).

1.2.4 Preparo por via seca

É a forma de preparo do café mais difundida e utilizada no Brasil, sendo considerada simples e menos dispendiosa. Neste preparo, os frutos inteiros (casca, pergaminho e mucilagem), são direcionados diretamente para a secagem em terreiros ou em secadores mecânicos, resultando no café natural, também chamado de café em coco (GIOMO, 2012).

1.2.5 Preparo por via úmida

No preparo do café por via úmida, ocorre a separação dos frutos por estágio de maturação. O café é passa pelo lavador para separação hidráulica e a fração mais leve dos grãos, aquela constituída pela mistura de frutos secos e chochos, é separada e encaminhada diretamente para o terreiro de secagem. A fração mais pesada, constituída pela mistura dos frutos em estágio cerejas

(maduros), verdes e passas, segue para o descascador-separador, onde ocorre a separação mecânica de frutos verdes. Por fim, os frutos maduros são encaminhados para o descascador complementar, onde ocorre a separação das cascas, resultando nos cafés pergaminho (GIOMO, 2012).

O preparo por via úmida dá origem aos cafés: a) cerejas descascadas, onde ocorre a remoção da casca e o café é submetido à secagem com a mucilagem aderida ao pergaminho; b) desmucilados, onde ocorre a remoção da mucilagem remanescente após o descascamento; c) despulpados ou lavados, no qual a mucilagem é removida por ação microbiana. O descascamento dos frutos e a eliminação da mucilagem diminuem a incidência de microrganismos, impedindo a ocorrência de fermentações que poderiam afetar negativamente a qualidade do café (GIOMO, 2012; REIS; CUNHA; CARVALHO, 2011).

1.2.6 Secagem

A secagem dos grãos pode ser realizada de maneira natural (terreiros) ou por meio de secadores artificiais. Segundo Filho; Silva (2006), na secagem em terreiros o café é espalhado sobre pisos de cimento, de tijolo, de chão batido ou de asfalto, com o objetivo de expor o produto diretamente à radiação solar. Os grãos são revolvidos continuamente com o auxílio de um rodo ou de outro equipamento similar, promovendo a circulação do ar. Já na secagem artificial, são utilizados secadores mecânicos onde o ar aquecido passa através da massa de grãos por meio de um sistema de ventilação forçada podendo, ou não, serem movimentados dentro do secador.

Esta etapa constitui um dos pontos mais críticos na pós-colheita do café. Durante a secagem, os teores de água dos grãos são reduzidos de 60% para aproximadamente 12% (WINTGENS, 2009). A remoção da água presente nos grãos, de maneira criteriosa e controlada, é primordial para garantir a conservação do café tanto pela inibição da ação de microrganismos como pela redução da atividade metabólica. Quando bem conduzida, a secagem mantém a integridade física e preserva os componentes químicos dos grãos, o que é essencial para expressão das características organolépticas e atributos sensoriais da bebida após o processo de torra (GIOMO, 2012).

1.2.7 Armazenamento

O armazenamento tem fundamental importância para manutenção das propriedades dos grãos, devendo manter o valor comercial do café pelo maior tempo possível, preservando a integridade e todas as características dos grãos (ROJAS, 2009). O armazenamento do café em condições inadequadas pode resultar em modificações na coloração dos grãos e comprometimento do sabor e aroma do café colaborando para a perda da qualidade do produto final (REIS; CUNHA; CARVALHO, 2011).

1.2.8 Beneficiamento

O beneficiamento consiste num conjunto de operações onde o café seco (em coco ou pergaminho) deve ser limpo, descascado e classificado, dando origem ao café beneficiado ou café verde. O objetivo da fase de beneficiamento é obter lotes homogêneos que atendam padrões de comercialização do café verde (PIMENTA, 2003; GIOMO, 2012). Existem normas que classificam o café beneficiado quanto à coloração dos grãos, presença e tipo de grãos defeituosos, bem como pelo tipo de bebida obtida (SANTOS, 2008).

Os defeitos presentes no café beneficiado podem ser classificados em intrínsecos ou extrínsecos. Os defeitos intrínsecos podem ser decorrentes da colheita precoce ou tardia, resultando os grãos pretos, verdes, ardidos (PVA) ou pela infestação de insetos ou fungos, resultando em grãos brocados ou manchados. Os defeitos extrínsecos são aqueles estranhos ao café, que foram introduzidos aos grãos, devido principalmente ao preparo inadequado, aparecendo então cafés coco, marinheiro, cascas, paus e pedras (MORAIS *et al.*, 2007; WITNGENS, 2009).

No Brasil, a classificação do grão do café beneficiado é realizada de acordo com a Classificação Oficial Brasileira – COB, da Instrução Normativa nº 8 de 11/06/2003, que tem por base a avaliação da quantidade de defeitos (grãos pretos, verdes, ardidos, quebrados, brocados, cascas, paus, pedra, entre outros) presentes em uma amostragem de 300g de grãos de café verde. Após a determinação do número total de defeitos da amostra, o produto é categorizado

numa escala de classificação numérica que varia de Tipo 2 (poucos defeitos) a Tipo 8 (muitos defeitos) ou Fora de Tipo (presença de defeitos acima do limite tolerado). Quando classificado como Fora de Tipo, o café não poderá ser comercializado, devendo ser: rebeneficiado, desdobrado e recomposto, para efeito de enquadramento em Tipo; reensacado e remarcado, para efeito de atendimento às exigências do Regulamento (BRASIL, 2003).

A Classificação por bebida é feita segundo o sabor e aroma que o café apresenta na prova de xícara, realizada por profissionais treinados e experientes na avaliação de café. A prova consiste da experimentação de 7 infusões (7 xícaras) com 8 a 10 gramas de pó de café de torração clara, moagem grossa, escaldados em água mineral em ponto de primeira fervura. Por meio do aroma e sabor da bebida, o provador classifica o produto nas classes: superior (estritamente mole, mole, e apenas mole), intermediária (bebida dura) e inferior (bebida riada, rio ou rio zona) (BRASIL, 2003).

O café beneficiado (café verde) é utilizado como matéria prima na produção de café torrado em grãos e café torrado e moído comercializados no país. No Estado de São Paulo, as resoluções SAA 19, 30 e 31 orientam quanto à utilização do café beneficiado para obtenção de cafés de diferentes categorias de qualidade (Tabela 1). Deste modo, o tipo e o número de defeitos no café podem apresentar influência significativa na qualidade final da bebida (BRASIL, 2003; SÃO PAULO, 2007; SÃO PAULO, 2007; SÃO PAULO, 2010).

TABELA 1. Recomendação das características mínimas de qualidade do grão para obtenção de bebidas de qualidade *Gourmet*, *Superior* e *Tradicional*.

Café Gourmet	Café Superior	Café Tradicional
<ul style="list-style-type: none"> •Café 100% arábica, de origem única ou blendados. •Grãos tipos 2, 3 ou 4 da COB. •Bebida mole ou estritamente mole. •Evitar a presença de grãos pretos, verdes e ardidos (PVA). 	<ul style="list-style-type: none"> •Café arábica blendados ou não com cafés <i>conillon</i>. •Grãos tipo 2 a 6 da COB. •Bebida dura ou mole. •Máximo de 10% do <i>blend</i> de grãos pretos, verdes e ardidos (PVA) 	<ul style="list-style-type: none"> •Café arábica blendados ou não com cafés <i>conillon</i>. •Grãos tipo 8 da COB •Bebida variando de mole a rio. •Máximo 20% de defeitos pretos, verdes e ardidos (PVA).

SÃO PAULO 2007, SÃO PAULO 2007, SÃO PAULO 2010.

1.3 Composição química do café

A composição química do grão é responsável pelas características qualitativas da bebida, sendo precursora dos compostos que conferem o sabor e o aroma do café durante o processo de torração. Além das peculiaridades de cada espécie, os compostos químicos do café podem sofrer variações relacionadas a cultivar, clima, condições de colheita e pós-colheita e industrialização (ILLY; VIANNI, 2005; REIS; CUNHA; CARVALHO, 2011; FARAH, 2012). Algumas diferenças entre a composição química o café arábica e conilon/robusta podem ser observadas na Tabela 2.

TABELA 2- Constituintes químicos (%) presentes em grãos de café arábica e robusta/conilon.

Constituintes químicos	Grãos crus	
	Arábica	Robusta
Cafeína	0,9 - 1,2	1,6 - 2,4
Trigonelina	1,0 - 1,2	0,7 - 1,0
Ácido Clorogênico	5,5 - 8,0	7,0 - 10,0
Outros ácidos	1,5 - 2,0	1,5 - 2,0
Açúcares:		
Sacarose	6,8 - 8,0	5,0 - 7,0
Redutores	0,1 - 1,0	0,4 - 1,0
Polissacarídeos	44,0 - 55,0	37,0 - 47,0
Proteínas	11,0 - 13,0	11,0 - 13,0
Lipídeos	14,0 - 16,0	9,0 - 13,0

REIS; CUNHA; CARVALHO, 2011; FARAH 2012.

1.3.1 Sólidos Solúveis em água

Dentre os sólidos solúveis presentes no café, podemos citar os açúcares, a cafeína, a trigonelina e os ácidos clorogênicos, vitamina C e algumas pectinas (SMITH, 1985; PIMENTA, 2003). O teor de sólidos solúveis pode variar de acordo com o estágio de maturação do grão, entre as diferentes espécies e entre os cultivares (PIMENTA; ANGELICO; CHALFOUN, 2018). Na literatura é comumente reportado que o café conilon possui maiores quantidades de sólidos solúveis em relação ao café arábica, com valores que variam de 26,07% a 39,96%; e 23,85% a 27,64%, respectivamente (FERNANDES *et al.*, 2003; AGNOLETTI 2015). O maior teor de sólidos encontrados em café robusta tem sido associado a seu maior potencial em liberar maiores quantidades de carboidratos em relação ao café arábica (MENDONÇA; PEREIRA; MENDES, 2005).

Moura *et al.*, (2007b), avaliaram diferentes proporções de *blends* de café arábica com robusta, e verificaram que o aumento da porcentagem de sólidos solúveis foi proporcional à adição de café robusta no *blend*. Os teores de sólidos solúveis foram de 26,84% e 29,85%, respectivamente, para o café 100% arábica

e 100% robusta. Para os *blends* contendo de 10 a 50% de adição de robusta, esses teores variaram entre 27,87% e 28,89%.

Segundo as resoluções SAA 30 e 31 (2007) e SAA 19 (2010), o teor de sólidos solúveis para os cafés torrados, deve ser determinado por meio do método de extrato aquoso. O extrato o aquoso representa a quantidade de substâncias capazes de se solubilizarem em água fervente e pode servir como um indício da ocorrência de fraude ou adulteração no café torrado, uma vez que substâncias estranhas podem ser responsáveis pela alteração nos valores deste parâmetro. De acordo com as legislações vigentes, o teor de extrato aquoso deve ser de no mínimo 25% para o café torrado em grão e torrado e moído (LICCIARDI, 2005; FERNANDES *et al.*, 2003; SÃO PAULO, 2007; SÃO PAULO, 2007; SÃO PAULO, 2010).

1.3.2 Umidade

A água é um dos constituintes mais importantes do grão de café e, independentemente do modo de preparo (via seca ou via úmida), a secagem deve ser realizada de maneira que a umidade do grão beneficiado (grão verde) não exceda 12% (PIMENTA, 2003; SANTOS 2008). Após a torração, espera-se que o teor de umidade do café seja baixo, uma vez que a água livre do grão é perdida durante essa etapa. Segundo Farah (2012) o café torrado apresenta um teor de umidade que varia de 1,5% a 5%, podendo ocorrer uma variação conforme o grau de torrefação utilizado.

A diminuição de qualidade tanto do café verde como do café torrado está relacionada, principalmente, com o ganho de umidade após as etapas de processamento. Segundo Sarantópoulos (2002), devido às alterações que ocorrem durante a torração, os grãos de café podem se tornar higroscópico e susceptível à oxidação. Por esse motivo, o acondicionamento e a estocagem do café devem ser realizados de maneira cuidadosa, a fim de evitar o ganho de umidade, que acarreta perda de aroma e, a partir de teores superiores a 10% de umidade na superfície do grão torrado, pode acarretar no desenvolvimento de microrganismos.

1.3.3 Acidez e pH

A acidez da bebida é um importante atributo para análise sensorial, sendo apontada, juntamente com a doçura, amargor e perfil de aroma, como um bom indicativo de qualidade do produto. Os principais ácidos presentes no grão cru do café são o málico e o cítrico, responsáveis por uma acidez desejável, proporcionando um sabor ácido característico do produto (PIMENTA, 2003).

A acidez pode variar de acordo os diferentes estádios de maturação do café, podendo aumentar gradativamente com a maturação dos grãos. No entanto, diferentes tipos de fermentações podem ocorrer nos frutos alterando a acidez do café. Uma acidez excessiva pode ser desagradável, prejudicando as características sensoriais e a qualidade final da bebida (PIMENTA, 2003, REIS; CUNHA; CARVALHO, 2011; SUNARHARUM; WILLIAMS; SMYTH, 2014).

Segundo Torres (2014), durante a torração ocorre à formação dos ácidos acético e láctico a partir da sacarose e o conteúdo desses ácidos no café, principalmente na forma livre, tem influência na acidez da bebida. Mendonça *et al.* (2005) relatam que a acidez do café tem sido correlacionada com seu pH e, portanto, este parâmetro pode ser considerado como um atributo sensorial. Segundo Torres (2014), os ácidos orgânicos (ácidos láctico, acético, málico, oxálico e cítrico) presentes no café tendem a produzir maiores teores de íons de hidrogênio, o que caracteriza uma bebida com maior acidez perceptível.

1.4 Torração e moagem

A torração consiste da passagem dos grãos por um aquecimento controlado, sendo considerada uma das etapas mais importantes para o desenvolvimento do sabor e aroma do café. Durante a torração, ocorrem mudanças físicas na estrutura dos grãos, bem como o desenvolvimento de algumas reações químicas importantes e necessárias à formação da qualidade do café (SIQUEIRA; ABREU, 2006; SCHMIDT; MIGLIORANZA; PRUDENCIO, 2008).

O processo de torração pode ser dividido em três fases: primeiramente o grão passa pela secagem, na qual ocorre eliminação da umidade, em seguida pela fase de torração propriamente dita, responsável pelas modificações físicas e químicas dos grãos onde ocorrem as reações de pirólise (190°C a 210°C), modificando a coloração dos grãos e resultando no sabor característico de café e finalmente a fase de resfriamento (ILLY; VIANI, 2005). Esta etapa é importante, visto que o binômio tempo x temperatura influencia diretamente na coloração dos grãos bem como no sabor e aroma do café (MELO, 2004; SÃO PAULO, 2010).

Diferentes condições de torração dos grãos podem resultar em alterações no perfil sensorial da bebida do café (MONTEIRO *et al.*, 2011). Características como acidez, aroma, corpo, bem como a presença ou ausência do sabor de queimado são importantes indicadores da qualidade da bebida em função do grau de torra. Na torra clara, a característica predominante é a acidez, mas à medida que a torra aumenta, isto é, torna-se mais escura, ocorre à carbonização de alguns componentes, acentuando o sabor de queimado da bebida (MELO, 2004; BHUMIRATANA; KOUSHIK; CHAMBERS, 2011).

Após o processo de torração, o café pode ser comercializado na forma de grãos inteiros (para ser moído e consumido na hora) ou moído (embalado e comercializado na forma de café em pó). Para obtenção do café em pó, é empregado o método de moagem, que consiste em esmagar e quebrar o grão torrado em fragmentos milimétricos por meio das forças de cisalhamento resultando em partículas com diferentes tamanhos. A moagem dos grãos possibilita a liberação dos compostos aromáticos desenvolvidos no café e extração destes compostos do café moído para a bebida final (ILLY; VIANI, 2005; BHUMIRATANA; KOUSHIK; CHAMBERS, 2011).

As dimensões das partículas que constituem o café torrado e moído são determinadas por meio da análise de granulometria, realizada com base na percentagem de retenção do café moído em peneiras granulométricas padronizadas, com tamanhos de malhas conhecidos. A granulometria do café torrado e moído pode ser definida como: grossa, média e fina, conforme apresentado na Tabela 3.

TABELA 3. Classificação da granulometria do café moído.

Granulometria	% de retenção			Tolerância (% que passa Peneira 30)	
	Peneira 12 e 16	Peneira 20 e 30	Fundo	Mínimo	Máximo
Grossa	33	55	12	9	15
Média	7	73	20	16	24
Fina	0	70	30	25	40

LINGLE, 1996

A granulometria pode influenciar a qualidade final da bebida, uma vez que interfere diretamente no tempo de preparo e na extração da bebida. Cafés submetidos a uma moagem mais grossa podem propiciar uma bebida mais fraca, pouco aromática e menos saborosa, uma vez que a água passa mais rapidamente pelo pó, não conseguindo extrair todos os compostos químicos do café. Já uma moagem muito fina faz com que a água fique mais tempo em contato com o pó durante a extração do café, resultando numa bebida com característica de amargor muito acentuado (ABIC, 2018; PIMENTA, 2003; ILLY; VIANI, 2005).

Por fim, posteriormente às etapas de torração e moagem, o café poderá ser comercializado nos diferentes postos de venda do país, e a qualidade obtida nas etapas anteriores deve ser mantida. Para isso, o café torrado deve ser acondicionado em embalagens herméticas a fim de evitar o detrimento da qualidade ocasionada pela perda do aroma e por alterações no seu sabor característico, devido à exposição ao oxigênio e/ou umidade (MELO, 2004).

1.5 Qualidade sensorial do café

A análise sensorial foi definida, em 1975 pelo *Institute of Food Technologists* (IFT), como a ciência usada para evocar, medir, analisar e interpretar reações das características dos alimentos e materiais como são percebidas pelos sentidos da visão, olfato, gosto, tato e audição (STONE; SIDEL, 2004). Na avaliação sensorial do café, atributos de qualidade como a fragrância, o sabor e a sensação na boca são metodicamente avaliados.

A fragrância é um atributo ligado ao olfato, sendo percebida através de milhares de receptores localizados nas membranas internas do nariz, onde as moléculas voláteis odoríferas são transportadas pelo fluxo de ar ao serem inaladas. As moléculas voláteis também são liberadas na boca ao se ingerir um alimento e atingem os receptores olfativos no nariz por retro inalação da boca através da faringe até o nariz. Essa sensação detectada durante a degustação do alimento via retronasal, é chamada de aroma (ILLY; VIANI, 2005).

O sabor é percebido através das papilas gustativas localizadas na superfície da língua. Quando consumido, o café encobre a superfície da língua onde a bebida é então aprisionada pelas papilas gustativas. As gotas de óleo fixam-se na mucosa, onde liberam lentamente as substâncias voláteis dissolvidas, de modo que são percebidas por um tempo (até 15 minutos) após a bebida ter sido engolida (ILLY; VIANI, 2005).

A sensação na boca é uma sensação tátil percebida pelas mucosas, juntamente com uma resposta térmica devido à temperatura da bebida. A sensação está relacionada a pequenos movimentos da língua contra o palato e as gengivas, que aplicam uma tensão de cisalhamento ao líquido, realizando uma espécie de medida reológica de viscosidade e textura. A sensação de corpo é um importante atributo do café, e se deve à presença de gotículas de óleo, que não só dissolvem componentes importantes de sabor, como também aumentam a viscosidade da bebida. Outra sensação tátil que pode estar presente na bebida do café é a adstringência. Considerada uma sensação negativa, pode estar relacionada à presença de grãos imaturos, que contêm substâncias polifenólicas adstringentes à mucosa e que interagem com proteínas solúveis na saliva (ILLY; VIANI, 2005).

Tradicionalmente, a qualidade do café é determinada por meio da análise sensorial utilizando-se vários métodos para descrever a qualidade da bebida. Nestes métodos, leva-se em consideração não somente os atributos individualmente, mas principalmente, a percepção conjunta do aroma, sabor e corpo da bebida. Essa etapa tem grande importância, uma vez que, a partir da determinação da qualidade do café, são definidos os preços e sua aceitação no mercado (BRASIL, 2003; SÃO PAULO, 2007; SÃO PAULO, 2007; SÃO PAULO, 2010).

1.5.1 Método da *Specialty Coffee Association of America* – SCAA

O método de avaliação da *Specialty Coffee Association of America* – SCAA é baseado na metodologia do “*Cup of Excellence*” (CoE), indicada por Howell (1998), sendo um procedimento muito reconhecido no mercado de cafés especiais.

Neste método, cada avaliador atribui notas de 0 a 10 aos atributos sensoriais: fragrância e aroma, sabor, retrogosto, acidez, corpo, uniformidade, balanço, xícara limpa, doçura e impressão geral, de acordo com suas intensidades na amostra. São considerados especiais os cafés que, mediante avaliação sensorial pelo método da SCAA (HOWELL, 1998), apresentam nota final igual ou superior a 80 pontos. Para avaliação da qualidade dos cafés utilizando esta metodologia são necessários profissionais treinados na classificação e na degustação dos cafés especiais, com certificação mundial reconhecida pela SCAA, os Q graders (SCAA, 2018).

1.5.2 Análise Descritiva

A análise descritiva é uma técnica utilizada para analisar descritivamente as características sensoriais de diversos produtos alimentícios, sendo a avaliação do produto realizada por uma equipe de avaliadores selecionados e treinados para tal. Neste método, os avaliadores analisam o grau de intensidade com que cada atributo está presente no alimento. Para tal, é necessário que os avaliadores sejam treinados para utilizarem as escalas empregadas nas avaliações de forma consistente com relação à equipe sensorial, às amostras e ao longo de todo período de avaliação (STONE; SIDEL, 2004; DUTCOSKY, 2013).

Métodos descritivos têm sido adotados para mensurar a qualidade de diferentes tipos de café. Para o café torrado e moído, que comumente chega às mesas dos consumidores do Estado de São Paulo, a avaliação da qualidade sensorial é normatizada pelas Resoluções SAA 30 e 31, de 22/06/2007 e SAA 19, de 05/04/2010, onde uma equipe de avaliadores treinados utiliza uma escala não estruturada de 0 a 10 cm para avaliação dos atributos de fragrância do pó, aroma da bebida, defeitos, acidez, amargor, sabor, sabor residual, adstringência, corpo da bebida e avaliação final da qualidade global do café, qualificando, quanto às

características sensoriais em café *Gourmet* (nota de qualidade variando de 7,3 a 10,0), café Superior (nota de qualidade variando de 6,0 a 7,2) e café Tradicional (nota de qualidade variando de 4,5 a 5,9). A Figura 1 mostra que a nota de qualidade global mínima recomendável para o café é de 4,5.

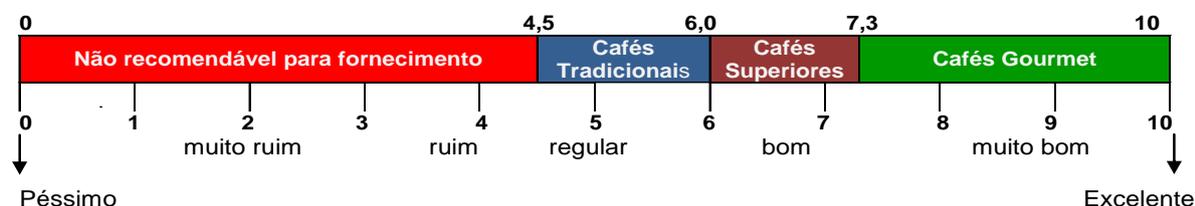


FIGURA 1: Escala de avaliação da qualidade global para cafés torrados (SÃO PAULO 2007, SÃO PAULO 2007, SÃO PAULO 2010).

1.6 Legislação para café torrado

A valorização da qualidade do café é uma antiga preocupação que levou setores ligados à atividade cafeeira no Brasil a elaborarem diversas normas que permitam classificar e assegurar a qualidade dos cafés comercializados nacionalmente (ZAMBOLIM, 2000; REIS; CUNHA; CARVALHO, 2011).

No estado de São Paulo, a primeira iniciativa a garantir a melhoria da qualidade do café comercializado internamente, surgiu na década de 90 quando o Programa Selo de Pureza foi criado pela ABIC visando proporcionar ao consumidor a segurança em adquirir um café livre de impurezas, sem adulteração ou fraudes. Contudo, o selo não garantia a qualidade dos aspectos sensoriais da bebida. Consecutivamente foi conduzido um trabalho solicitado pela Coordenadoria de Desenvolvimento dos Agronegócios (CODEAGRO) e realizado pelo Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), pela Associação Brasileira da Indústria de Café (ABIC) e o Sindicato da Indústria do Café do Estado de São Paulo (SINDICAFÉ) que resultou na elaboração da Resolução SAA 37 de 09/11/2001, norma de qualidade mínima para o café, que utilizou a análise do perfil descritivo, similar à análise descritiva quantitativa (ADQ), para estabelecer a nota mínima de 3,5, utilizando uma escala linear de 10 cm, para a qualidade global da bebida de café (ABIC 2018; ITAL, 2013).

Em 2004, a ABIC levou este critério de classificação da qualidade final do café torrado para o consumidor através do lançamento do Programa de Qualidade do Café (PQC). O programa certifica a qualidade do produto final por meio de uma metodologia de análise sensorial validada, classificando e diferenciando os cafés em três categorias: *Gourmet*, Superior e Tradicional e possui como objetivo promover informação ao consumidor para aumentar a busca por cafés com melhor valor agregado e melhor custo benefício, auxiliando o consumidor interno a identificar e decidir qual a qualidade do café que deseja ao adquirir (ABIC, 2018; MUÑOZ, 2013).

Atualmente, o estado de São Paulo tem em vigor as Resoluções SAA 30 e 31 (2007) e SAA 19 (2010), que permitem fixar a identidade e as características mínimas de qualidade a que deve atender o Café Torrado em Grão e o Café Torrado e Moído. Dentre os requisitos, as Características Sensoriais e Qualidade Global da bebida devem ser avaliadas, sendo que o café de qualidade *Gourmet* varia entre muito bom a excelente (7,3 a 10,0), o café Superior varia entre razoavelmente bom a bom (6,0 a 7,2) e o café Tradicional varia entre regular e ligeiramente bom (4,5 a 5,9).

Além da exigência quanto à avaliação sensorial, estas Resoluções vigentes no Estado de São Paulo sugerem ainda os limites máximos e mínimos para alguns parâmetros físico-químicos presentes no café torrado e moído e torrado em grãos. Os limites para os principais parâmetros que classificam os cafés em *Gourmet*, Superior e Tradicional são apresentados na Tabela 4 (SÃO PAULO, 2007; SÃO PAULO, 2007; SÃO PAULO, 2010).

TABELA 4. Parâmetros físico-químicos estabelecidos pelas legislações SAA 19, 30 e 31 do Estado de São Paulo para café torrado.

Parâmetros	Especificação
Umidade	Máx 5%
Cinzas	Max 5%
Cinzas insolúveis	Max 1%
Cafeína	Max 5%
Cafeína para produto descafeinado	Max 0,1%
Extrato Aquoso	Mín 25%
Extrato Aquoso produto descafeinado	Mín 20%
Extrato Etéreo	Mín 8%

SÃO PAULO, 2007; SÃO PAULO, 2007; SÃO PAULO, 2010.

Nacionalmente, a Instrução Normativa 16, de 24 de maio de 2010 (BRASIL, 2010) vislumbrou a necessidade de estabelecer um padrão mínimo de qualidade para café torrado e moído brasileiro, tanto física quanto sensorial, porém foi revogada em fevereiro de 2013 por não haver a possibilidade de controlar esta última exigência, bem como, pelo fato da análise sensorial exigir tempo e muito treino, uma vez que etapas como: recrutamento e seleção de avaliadores, treinamento e validação da equipe, análise das amostras, tabulação e análise dos resultados são necessárias para a análise do perfil descritivo do café. A avaliação sensorial do café realizada por equipe de avaliadores selecionados e treinados para expressarem a sua percepção olfativa e gustativa tem sido questionada devido ao viés subjetivo que pode apresentar, uma vez que fatores psicológicos, fisiológicos e emocionais, dentre outros, podem comprometer a precisão com que os avaliadores classificam o café com relação à qualidade da bebida. Assim, existe a necessidade de se buscar novos parâmetros, como características físicas, físico-químicas e químicas, para servirem como auxílio na avaliação da qualidade do produto final (MUNHOZ; GARCIA 2013; FARIA; YOTSUYANAGI, 2010; RIBEIRO *et al.*, 2012).

Alguns estudos identificaram determinados parâmetros que foram considerados como bons marcadores para avaliar a qualidade do café em grãos:

sólidos solúveis (SANTOS; CHALFOUN; PIMENTA, 2009; RIBEIRO *et al.*, 2014), teor total de açúcar (MENDONÇA *et al.*, 2007; PÉREZ-HERNÁNDEZ *et al.*, 2012), acidez total titulável (FILHO *et al.*, 2015). Entretanto, sabe-se que a qualidade final da bebida do café é resultante de vários fatores que devem ser avaliados simultaneamente como: tipo de grão (BERGO; PEREIRA; SALES, 2008), práticas de manejo (SIQUEIRA; ABREU, 2006; FERREIRA, *et al.*, 2011), processo de secagem (FILHO; SILVA, 2006; GIOMO, 2012), torração (FRANCA; MENDONÇA; OLIVEIRA, 2005; MOURA *et al.*, 2007a) e que estes fatores contribuem para a obtenção de cafés com características distintas.

Desta forma, para entender as possíveis relações entre as características físicas e físico-químicas do café torrado e moído e a qualidade global de sua bebida, uma análise conjunta dos resultados de diversos parâmetros faz-se necessária e, neste contexto, a utilização da Análise multivariada constitui uma importante ferramenta de análise de dados.

1.7 Análise multivariada de dados (Quimiometria)

A análise multivariada de dados químicos, conhecida como quimiometria, utiliza métodos estatísticos e matemáticos para o planejamento, delineamento de experimentos, bem como para obter informações relevantes de dados químicos multivariados (MARÇO *et al.*, 2014; FERREIRA, 2015). Métodos quimiométricos constituem uma importante ferramenta de análise, uma vez que é possível avaliar um conjunto de dados de forma global, sendo possível analisar mais que uma variável simultaneamente e observar a correlação entre elas (SOUZA; POPPI, 2012).

Os métodos multivariados de análise utilizados na quimiometria podem ser divididos em: métodos não supervisionados de reconhecimento de padrões, métodos supervisionados de reconhecimento de padrões e de calibração multivariada (FERREIRA, 2015).

1.7.1 Métodos Não Supervisionados de Reconhecimento de Padrões

O objetivo dos métodos não supervisionados de reconhecimento de padrões é verificar se existem agrupamentos em um conjunto de dados sem utilizar, nos cálculos, informações a respeito das classes de amostras. O conjunto de dados é examinado para revelar a presença de agrupamentos naturais das amostras, definidos pelas medidas experimentais. Nestes métodos não existe uma regra preditiva e por isso também são chamados de método de análise exploratória dos dados. Dentre esses métodos destacam-se a Análise de Componentes Principais (PCA) e a Análise de Agrupamentos Hierárquicos (HCA, do inglês, *Hierarchical Cluster Analysis*) (CORREIA; FERREIRA, 2007; FERREIRA, 2015).

A Análise de Componentes Principais (PCA) é provavelmente a técnica multivariada mais popular na quimiometria, sendo também amplamente usada por várias disciplinas científicas para descrever informações presentes em um determinado conjunto de dados (HONGYU; SANDANIELO; JUNIOR, 2015; SAPORTA; NIANG, 2009).

Neste método não se conhece *a priori* a que classes pertencem às amostras. Os dados são organizados em uma matriz de dados X , formada por N linhas e M colunas. As linhas podem conter, por exemplo, a identificação de amostras de diferentes locais, enquanto as colunas, as medidas realizadas para estas amostras (ABDI; WILLIAMS, 2010).

A análise de componentes principais promove uma redução na dimensionalidade do conjunto de dados, mas mantendo tanto quanto possível a variabilidade presente no conjunto original. O método consiste numa transformação matemática da matriz de dados X com o objetivo de representar as informações apresentadas em muitas variáveis, através de um número menor de novas variáveis, as componentes principais (PCs – *Principal Components*) (RIBEIRO, 2009).

As PCs são obtidas em ordem decrescente de quantidade de informação estatística que descrevem. Desta forma, a primeira componente principal aponta o sentido da maior variação no conjunto de dados; a segunda, perpendicular à primeira, aponta outra direção que descreve a variação não explicada pela

primeira componente e assim por diante (FERREIRA 2015, KOZAC; SCAMAN, 2008). As amostras são projetadas no novo sistema de eixos (PCs) de dimensão menor e com isto, as informações mais significativas ou predominantes do conjunto de dados se tornam mais evidentes.

A partir das PCs, são gerados os gráficos bi ou tridimensionais mostrando a similaridade entre as amostras (*scores*) e a contribuição de cada variável para a formação das PCs (*loadings*). Assim, é possível observar com maior clareza a disposição das amostras, os possíveis agrupamentos e quais variáveis são responsáveis pelas diferenças observadas entre as amostras, possibilitando uma compreensão do conjunto de dados (RIBEIRO, 2009; SOUZA *et al.*, 2012).

Estudando o perfil de café arábica de torra clara, Ribeiro *et al.* (2010), aplicaram a PCA aos resultados obtidos de voláteis de cafés torrados por cromatografia e encontraram possíveis marcadores para a diferenciação da qualidade da bebida segundo o seu aroma, qualidade global e sabor. Arruda *et al.* (2012), investigando a influência do pré-processamento sobre os precursores de voláteis presentes nos grãos de café da variedade Catuaí Amarelo, conseguiram discriminar o café desmucilado dos cafés natural e despulpado.

A análise de agrupamentos hierárquicos (HCA), assim como a PCA, é uma técnica multivariada que pode ser utilizada para obter informações de um conjunto de dados. Esta técnica consiste em agrupar objetos de acordo com suas similaridades, podendo ser considerada uma ferramenta útil para determinar semelhanças, bem como detectar amostras anômalas de um amplo conjunto de dados (MORGANO, 2005).

Neste método é realizado um processo hierárquico no qual, em cada passo, a matriz de dados é diminuída em uma dimensão, pela reunião de pares semelhantes, até a reunião de todos os pontos em um único grupo, visando exibir os dados em um espaço bidimensional de maneira a enfatizar os agrupamentos e padrões naturais. Desta forma, as amostras mais semelhantes são agrupadas entre si (PANERO *et al.*, 2009). Segundo Ferreira (2015), a finalidade do método é reunir amostras de tal modo que aquelas pertencentes a um mesmo grupo sejam mais parecias entre si do que com as amostras de outros grupos. A ideia é maximizar a homogeneidade interna, dentro dos grupos e maximizar a heterogeneidade entre os grupos.

A distância observada entre as amostras reflete a similaridade de suas propriedades. Algumas das formas mais comuns de cálculo das distâncias empregadas na HCA são: distância euclidiana e distância de mahalanobis. Como resultado, o método produz os chamados dendrogramas, que é a representação gráfica em forma de árvore das estruturas dos agrupamentos hierárquicos (CORREIA; FERREIRA 2007; FERREIRA, 2015).

Utilizando métodos não supervisionados para estudar o conteúdo de minerais presentes em quiabos de diferentes origens, Panero *et al.* (2009) aplicaram a PCA e HCA ao conjunto de dados e observaram que a PCA conseguiu discriminar as amostras provenientes de diferentes estados e que a HCA confirmou os resultados produzidos pela PCA, discriminando geograficamente as amostras de quiabo.

1.7.2 Métodos Supervisionados

Métodos supervisionados de reconhecimento de padrões são utilizados quando o objetivo é construir modelos matemáticos para classificação de determinadas amostras. Estes métodos utilizam o conhecimento prévio a cerca das classes das amostras que compõem um determinado conjunto de dados, para identificar e classificar amostras desconhecidas em uma ou várias classes (TAVARES, 2007; BRERETON, 2007).

Segundo Ferreira (2015), na análise supervisionada utiliza-se uma série de amostras representativas de cada classe, para as quais são coletadas medidas experimentais. Esse conjunto de amostras, cuja classe à qual cada uma delas pertence é conhecida a priori, constitui o conjunto de treinamento. A partir das informações do conjunto de treinamento, uma regra de classificação é construída e posteriormente utilizada para fazer o reconhecimento de novas amostras. Dentre os métodos mais comuns podem ser citados a Modelagem Independente por Analogia de Classes (SIMCA, do inglês, *Soft Independent Modeling of Class Analogy*) e K-vizinhos mais próximos (KNN, do inglês, *k-Nearest Neighbor*).

As abordagens tradicionais de classificação utilizam dados de uma ou várias classes de amostras para construção de um modelo matemático. No entanto, dependendo do conjunto de dados, as classes nem sempre estão disponíveis ou são bem representadas (KHOT; NATARAJAN; SHAVLIK, 2014). Como alternativa a estas questões, pesquisas visando à modelagem de classes individuais têm sido realizadas (BRERETON, 2007; KHAN; MADDEN, 2009).

O método de classificação de uma classe (OCC, do inglês, *One-Class Classification*) é uma abordagem usada na construção de modelos matemáticos cujo objetivo é identificar objetos de uma classe específica (RODIONOVA; OLIVERI; POMERANTSEV, 2016; OLIVERI, 2017). O método consiste em construir um modelo de classificação a partir de uma classe alvo de objetos e em detectar se um novo objeto se parece ou não com essa classe. Para isso, um conjunto de amostras com características bem definidas, chamada classe positiva ou classe alvo é utilizado e uma regra de classificação ao redor desta classe é construída (POMERANTSEV; RODIONOVA, 2018).

Técnicas de classificação de uma classe foram empregadas para identificar adulterações em alimentos por Zhang *et al.* (2015), que construíram um modelo de classificação a partir do perfil de ácidos graxos de óleos de amendoim e conseguiram identificar amostras de óleos adulterados. No trabalho de Gondim *et al.* (2017) foi possível discriminar amostras de leite cru adulteradas das não adulteradas utilizando o método de classificação de uma classe.

1.7.3 Calibração Multivariada

A Calibração Multivariada tem como objetivo construir um modelo matemático utilizando simultaneamente as variáveis medidas em um determinado conjunto de dados (variáveis independentes) para quantificar alguma outra variável de interesse (variável dependente). O método visa encontrar expressões matemáticas que possam descrever o comportamento da variável de interesse em função das variáveis medidas. Dentre os métodos de calibração multivariada disponíveis na literatura, o mais popular em Quimiometria é a Regressão por Mínimos Quadrados Parciais (PLS, do inglês *Partial Least Squares*) (FERREIRA *et al.*, 1999; SENA *et al.*, 2000; FERREIRA, 2015).

Para construção do modelo pela técnica de regressão por mínimos quadrados parciais, as informações do conjunto de dados de uma matriz X (parâmetros físico-químicos) são usadas para correlacioná-las com as informações do conjunto de dados da matriz Y (análise sensorial) a fim de se obter uma relação linear. Por meio das combinações lineares, se obtém o número de variáveis latentes necessários para correlacionar os dois conjuntos de dados (GAGULA; MAGDIĆ; HORVAT, 2016). Na construção do modelo, utiliza-se um número de variáveis latentes que proporcione o menor erro de previsão, ou seja, as diferenças entre os valores medidos e os valores previstos devem ser os menores possíveis (FERREIRA, 2015).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDI, H.; WILLIAMS, L. J. Principal Component Analysis. **Wires Computational Statistics**. v. 2, n. 4, p.433-459, 2010.

AGNOLETTI, B. Z. **Avaliação das propriedades físico-químicas de café arábica (*coffea arabica*) e conilon (*coffea canephora*) classificados quanto à qualidade da bebida**. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Federal do Espírito Santo. 2015.

ARRUDA, N.P., HOVEL, A. M. C., REZENDE, C. M., FREITAS, S.P., COURI, S., BIZZO, H. R. Correlação entre precursores e voláteis em café arábica brasileiro processado pelas vias seca, semiúmida e úmida e discriminação através da análise por componentes principais. **Química. Nova**, v. 35, n.10, p. 2044-2051, 2012.

Associação Brasileira da Indústria de Café (ABIC). **Programa de Qualidade do Café - PQC**. Disponível em: <<http://www.abic.com.br/publique>>. Acesso em: 31 mai. 2018.

Associação Brasileira da Indústria de Café (ABIC). **Indicadores da indústria de café no Brasil**. Disponível em: <<http://www.abic.com.br>>. Acesso em: 01 ago. 2018.

Associação Brasileira da Indústria de Café (ABIC). **Dicas de preparação de café**. Disponível em: <<http://abic.com.br/o-cafe/dicas-do-cafe/dicas-de-preparacao-de-cafe>>. Acesso em: 25 de abril de 2018.

BERGO, C. L.; PEREIRA, R. C. A.; SALES, F. de. Avaliação de genótipos de cafeeiros Arabica e Robusta no estado do Acre. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 1, p. 11-16, 2008.

BHUMIRATANA, N., KOUSHIK A., CHAMBERS, E. Evolution of sensory aroma attributes from coffee beans to brewed coffee. **LWT- Food Science and Technology**, v. 44, p. 2185-2192, 2011.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Regulamento Técnico de identidade e de qualidade para a classificação do café beneficiado grão cru. Instrução Normativa n. 8, de 11 de junho de 2003. Diário Oficial da União, Brasília, 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Instrução Normativa nº16, de 24 de maio de 2010. Regulamento Técnico para o Café Torrado em Grão e para o Café Torra do e Moído. Diário Oficial, Brasília, 2010.

BRERETON, R. G. **Applied chemometrics for scientists**. John Wiley & Sons, p.369, 2007.

BRESSANELLO, D., LIBERTO, E.; CORDERO, C., RUBIOLO., PELEGRINO, G., RUOSI, M. R. BICCHI, C. Coffee aroma: Chemometric comparison of the chemical information provided by three different samplings combined with GC-MS to describe the sensory properties in cup. **Food Chemistry**, v. 214, p. 218-116, 2016.

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

Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 09 jul. 2017.

CORREIA, P. R. M.; FERREIRA, M. M. C. Reconhecimento de padrões por métodos não supervisionados: explorando procedimentos quimiométricos para tratamento de dados analíticos. **Química Nova**, v.30, n.2, p. 481-487, mar./abr. 2007.

DESCROIX, F.; SNOECK, J. Environmental Factors Suitable for coffee cultivation In: **Coffee: growing, processing, sustainable production. A guidebook for growers, processors, traders, and researchers**. 2nd ed 983p, 2009.

DUTCOSKY, S. D. **Análise Sensorial de Alimentos**. PUCPress, 4ª ed., p 531, 2013.

EUROMONITOR INTERNATIONAL. Tendências do Mercado de Café em 2017. Relatório para ABIC - Associação Brasileira da Indústria de Café. 2017.

FARAH, A.; MONTEIRO, M. C.; CALADO, V.; FRANCA, A.S.; TRUGO, L. C. 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: **Coffee: Emerging Health Effects and Disease Prevention**. p. 352, 2012.

FARIA, E. V. de; YOTSUYANAGI, K. **Técnicas de análise sensorial**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, p.116, 2008.

FERNANDES, S.M.; PEREIRA, R.G.F.A.; PINTO, N.A.V.D.; NERY, F.C. Constituintes químicos e teor de extrato aquoso de cafés arábica (*Coffea arabica* L.) e conilon (*Coffea canephora* Pierre) torrados. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 5, p. 1076-1081, out. 2003.

FERREIRA, G.F.P.; NOVAES, Q. S.; BATISTA, L. R.; SOUZA, S. E.; AZEVEDO, G. B.; SILVA, D. M. da S. Fungos associados a grãos de café (*Coffea arabica* L.) beneficiados no sudoeste da Bahia. **Summa Phytopathologica**, v. 37, n. 3, p. 98-102, set. 2011.

FERREIRA, M. M. C.; ANTUNES, A. M.; MELGO, M. S.; VOLPE, P. L. O. Quimiometria I: calibração multivariada, um tutorial. **Química Nova**, v. 22, n. 5, set. 1999.

FERREIRA, M. M. C., **Quimiometria: Conceitos, métodos e aplicações**. Editora: Unicamp, p. 493, 2015.

FILHO, T. L.; LUCIA, S. M. D.; SARAIVA, S. H.; LIMA, R. M. Características físico-químicas de bebidas de café tipo expresso preparadas a partir de blends de café arábica e conilon. **Revista Ceres**, v. 62, n.4, p. 333-339, ago. 2015.

FILHO, A. F. L.; SILVA, J. S. Secagem de café em combinação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 671-678, set. 2006.

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

GAGULA, G.; MAGDIĆ, D.; HORVAT, D. PLSR modelling of quality changes of lager and malt beer during storage. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 122, p.116-125, jan. 2016.

GIOMO, G. S. Uma boa pós colheita é segredo de qualidade. In: **A Lavoura**. p.60, 2012. Disponível em: http://sna.agr.br/wp-content/uploads/alav688_cafe.pdf. Acesso 04 de agosto de 2017.

GONDIM, C. S., JUNQUEIRA, R. G., SOUZA, S. V. C., RUISÁNCHEZ, I. C, CALLAO, M. P. Detection of several common adulterants in raw milk by MID-infrared spectroscopy and one-class and multi-class multivariate strategies. **Food Chemistry**, v. 230, p. 68-75, sep. 2017.

HONGYU, K., SANDANIELO, V. L. M., JUNIOR, G. J. O. Análise de Componentes Principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. **Engineering and Science**, v.1 n. 5, p.83-90, 2016.

HOWELL, G. SCAA Universal Cupping Form & How to use it. 10th Annual Conference & Exhibition "Peak of Perfection"- Presentation Handouts. Denver-Colorado, 1998.

ILLY, A.; VIANI, R. **Espresso coffee: the science of quality**. 2ª ed., London: Academic Press, p. 398, 2005.

ITAL - INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. **Ciência, tecnologia e inovação a serviço da sociedade e da indústria brasileira de alimentos: ITAL 50 anos**. Campinas: [s.n.], p. 251, 2013.

KHAN, S.S.; MADDEN, M. A survey of recent trends in one class classification. In Proceedings of the Irish Conference on Artificial Intelligence and Cognitive Science, p. 188-197, aug 2009.

KHOT, T.; NATARAJAN, S.; SHAVLIK, J. Relational One-Class Classification: A Non-Parametric Approach. **AAAI Conference on Artificial Intelligence**. North America, 2014. Disponível em: <<https://www.aaai.org/ocs/index.php/AAAI/AAAI14/paper/view/8578/8713>>. Date acesso: 23 Jun. 2019.

KREUML, M. T. L, MAJCHRZAK, D., PLOEDERL, B., KOENIG, J. Changes in sensory quality characteristics of coffee during storage. **Food Science & Nutrition**, v. 1, p. 267-272, mar. 2013.

KOZAC, M.; SCAMAN, C. H. Unsupervised classification methods in food science: discussion and outlook. **Journal of the Food Science and Agriculture**, v. 88, n. 7, p. 1115-1117, mar. 2008.

LICCIARDI, R.; PEREIRA, R. G. F. A.; MENDONÇA, L. M. V. L.; FURTADO, E. F. avaliação físico-química de cafés torrados e moídos, de diferentes marcas comerciais, da região sul de minas gerais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 3, p. 425-429, set. 2005.

LINGLE, T.R. The coffee brewing handbook. A Systematic Guide to Coffee Preparation. Califórnia. Specialty Association of America. p. 27-29, 1996.

MARÇO, P. H, VALDERRAMA, P.; ALEXANRINO, G.L., POPPI, R.J., TAULE, R. Resolução multivariada de curvas com mínimos quadrados alternantes: descrição, funcionamento e aplicações. **Química Nova**, v. 37, n. 9, p. 1525-1532, 2014.

MATOS, E. C.; MATOSINHOS, F.C.L.; SAMPAIO, M.E.; VALENZUELA, V.C.T.; MOREIRA, W.A.; COSTA, C.R.; NASCIMENTO, R.P. **Atlas de microscopia: café torrado e moído (Coffea sp.)**. Belo Horizonte: Funed, p. 48, 2012.

MELO, W.L.B. A importância da informação sobre do grau de torra do café e sua influência nas características organolépticas da bebida. Comunicado técnico. São Carlos: EMBRAPA, 2004.

MENDES, L. C., DEMENEZES, H. C., SILVA M. A. A. P. Optimization of the roasting of robusta coffee (*C. canéfora conillon*) using acceptability tests and RSM. **Food Quality and Preference**, v.12, n. 2, p. 153-162, mar. 2001.

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

MENDONÇA, L. M. V. L., PEREIRA, R. G. F. A., MENDES, A. N. G., BORÉM, F. M., MARQUES, E. R. Composição química de grãos crus de cultivares de *Coffea arabica* L. suscetíveis e resistentes à *Hemileia vastatrix* Berg et Br. **Ciência e agrotecnologia**, v. 31, n. 2, p. 413-419, mar./abr. 2007.

MESQUITA, C. M. de .; REZENDE, J. E. de.; CARVELHO, S. J.; JUNIOR, M. A. F.; MORAES, N. C.; DIAS. P. T.; CARVALHO, R. M de.; ARAUJO, W.G. **Manual do café: colheita e preparo (Coffea arábica L.)**. EMATER-M, p. 52, 2016.

MORAIS, S. A. L.; AQUINO, F. J. T.; CHANG, R.; NASCIMENTO, E. A.; OLIVEIRA, G. S.; SANTOS, N. C. Análise química de café arábica (*Coffea arabica* L.) e grãos pretos, verdes e ardidados (pva) submetidos a diferentes graus de torração. **Coffee Science**, v. 2, n. 2, p. 97-111, jul./dez. 2007.

MORGANO, M. A. **Aplicação de métodos quimiométricos em análise de alimentos. Tese (Doutorado em Química)**. Universidade Estadual de Campinas, 2005.

MONTEIRO, M. A. M.; MINIM, V. P. R.; SILVA, A. F.; CHAVES, J. B. P.; CARDELLO, H. M. A. B. Perfil sensorial da bebida café (*Coffea arabica* L.) determinado por análise tempo-intensidade. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 4, p. 772-780, 2005.

MOURA, S. C. S. R.; GERMER, S. P. M.; ANJOS, V. D. A.; MORI, E. E. M.; MATTOSO, L. H. C.; FIRMINO, A. NASCIMENTO, C. J. F. Influência dos parâmetros de torração nas características físicas, químicas e sensoriais do café arábica puro. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 10, n.1, p. 17-25, 2007a.

MOURA, S. C. S. R.; GERMER, S. P. M.; ANJOS, V. D. A.; MORI, E. E. M.; MATTOSO, L. H. C.; FIRMINO, A. NASCIMENTO, C. J. F. Avaliações físicas, químicas e sensoriais de blends de café arábica com café *canephora* (robusta). **Brazilian Journal Food Technology**. v. 10, n. 4, p. 271-277, 2007b.

MUÑOZ B. I.; GARCIA A.O. Estudo do consumo da bebida do café no Estado de São Paulo. In: VIII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, Salvador - BA, 2013.

OLIVERI, P. Class-modelling in food analytical chemistry: Development, sampling, optimisation and validation issues - A tutorial. **Analytica Chimica Acta**, v. 982, p. 9-19, aug. 2017.

PAIVA, E. F. F. **Avaliação sensorial de cafés especiais: um enfoque multivariado**. 2010. 99 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2010.

PANERO, F. S.; VIEIRA, M. F. P.; CRUZ, Â. M. F.; MOURA, M. F. V.; SILVA, H. E. B. Aplicação da análise exploratória de dados na discriminação geográfica do quiabo do Rio Grande do Norte e Pernambuco. **Eclética Química**, v.34, n.3, p.33-40, 2009.

PÉREZ-HERNÁNDEZ, L. M., CHÁVEZ-QUIROZ, K., MEDINA-JUÁREZ, L. Á., MEZA, N. G. Phenolic characterization, melanoidins and antioxidant activity of some commercial coffees from *Coffea arabica* and *Coffea canephora*. **Journal of the Mexican Chemical Society**. v. 56, n. 4, p. 430-435, 2012.

PIMENTA, C. J. **Qualidade de café**. Lavras: Editora UFLA, v. 1, p. 304, 2003.

PIMENTA, C. J.; ANGELICO, C. L.; CHALFOUN, S. M. Challenges in coffee quality: Cultural, chemical and microbiological aspects. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 42, n. 4, p. 337-349, jul./ago. 2018.

POMERANTSEV A. L, RODIONOVA O.Y. Multiclass partial least squares discriminant analysis: Taking the right way- A critical tutorial. **Jornal of Chemometrics**. v. 32, n.8, apr. 2018.

REIS, P.R.; CUNHA, R.L. da; CARVALHO, R.G. **Café arábica – do pós colheita ao consumo**. Lavras: EPAMIG, v. 2, p. 734, 2011.

RICARDI, E. A. F. **Emoções, sensações e afeições do consumidor brasileiro pela café caracterização física, química e sensorial**. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição). Universidade Estadual de Campinas, 2016.

RIBEIRO, B. B.; MENDONÇA, L. M. V. L.; ASSIS, G. A.; MENDONÇA, J. M. A.; MALTA, M. R., MONTANARI, F. F. Avaliação química e sensorial de blends de *coffea canefora Pierre* e *coffea arabica*. **Coffee Science**, v. 9, n. 2, p. 178-186, 2014.

RIBEIRO, J. S.; AUGUSTO, F.; FERREIRA, M. M. C., SALVA, T. J. G. Uso de perfis cromatográficos de voláteis de cafés arábicas torrados para a diferenciação das amostras segundo o sabor, o aroma e a qualidade global da bebida. **Química Nova**, v. 33, n. 9, p. 1897-1904. 2010.

RIBEIRO, J. S. **Previsão de diferentes atributos sensoriais ligados a qualidade do café arábica brasileiro utilizando-se métodos analíticos distintos e ferramentas quimiométricas**. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, 2009.

RIBEIRO, J. S.; AUGUSTO, F.; SALVA, T. J. G.; FERREIRA, M. M. C. Prediction models for Arabica coffee beverage quality based on aroma analyses and chemometrics. **Talanta**, v. 101, p. 253-260, nov/2012.

RODIONOVA, O. Y., OLIVERI, P., POMERANTSEV, A. L. Rigorous and compliant approaches to one-class classification. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**. v. 159, p. 89-96, 2016.

ROJAS, J. Green Coffee Storage. In: Coffee: growing, processing, sustainable production. **A guidebook for growers, processors, traders, and researchers**. 2ª ed., p. 983, 2009.

SANTOS, R. A. dos. **Monitoramento de parâmetros físico-químicos na pós-colheita de Café Arábica (Coffea arabica L.) colhido em diferentes estádios de maturação**. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas. 2008.

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

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Resolução SAA nº 30 de 22 de junho de 2007. **Norma de padrões mínimos de qualidade para café torrado em grão e torrado e moído** - característica especial: café Superior. Diário Oficial do Estado de São Paulo. Executivo Seção I, São Paulo, 117 (117), p. 23-24, 2007.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Resolução SAA nº31 de 22 de junho de 2007. **Norma de padrões mínimos de qualidade para café torrado em grão e torrado e moído** - característica especial: café Gourmet. Diário Oficial do Estado de São Paulo. Executivo Seção I, São Paulo, 117 (117), 23 jun. 2007.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Resolução SAA nº19 de 05 de abril de 2010. **Norma de padrões mínimos de qualidade para café torrado em grão e torrado e moído** – característica: café Tradicional. Diário Oficial do Estado de São Paulo. Executivo Seção I, São Paulo, 120 (66), 09 de abril de 2010.

SARANTÓPOULOS, C. I. G. L., OLIVEIRA, L. M., CANAVESI, E. **Embalagens plásticas flexíveis - principais polímeros e avaliação de propriedades**. Campinas: CETEA/ITAL, p. 267, 2002.

SAPORTA, G.; NIANG, N., Principal Component Analysis: Application to Statistical Process Control In: Data Analysis. 1ª ed., p.323, 2009.

SATH, R. **Qualidade do café natural e despulpado em diferentes condições de secagem e tempos de armazenamento.** Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2010.

SCHMIDT, C. A. P.; MIGLIORANZA, E.; PRUDENCIO, S. H. Interação da torra e moagem do café na preferência do consumidor do oeste paranaense. **Ciência Rural**, v.38, n. 4, p. 1111-1117, jul. 2008.

SENA, M. M. de; POPPI, R. J.; FRIGHETTO, R.T. S.; VALARINI, P. J. Avaliação do uso de métodos quimiométricos em análise de solos. **Química Nova**, v. 23, n. 4, p. 547-556, jul./ago 2000.

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

SMITH, A. W. Introduction. In R. J. Clarke & R. Macrae (Eds.), *Coffee volume 1: Chemistry*. London: Elsevier Applied Science, p. 1-41, 1985.

SOUZA, A. M. D.; POPPI, R. J. Experimento didático de quimiometria para análise exploratória de óleos vegetais comestíveis por espectroscopia no infravermelho médio e análise de componentes principais: um tutorial, parte I. **Química Nova**, v. 35, n. 1 p. 223-229, 2012.

SOUZA, A. M.; COELHO, M. R., FIGUEIRAS, P., CUNHA, T. A. F., DART, R. O., PARÉS, J. G., SIMON, P. L., CRUZ, B. G., POPPI, R. J., SANTOS, M. L. M., BERBARA, R. L. L. Proposta de tutorial de Quimiometria utilizando técnicas modernas para a análise de solos. IN: VI Simpósio Brasileiro de Educação em Solos. 2012.

SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA – (SCAA). SCAA Cupping Protocols. Disponível em: <http://scaa.org/?page=resources&d=cupping-protocols> Acesso em: 31 ago. 2018.

STONE, H.; SIDEL, J. **Sensory Evaluation Practices**. Academic Press, 3ª ed., p. 394, 2004.

SUNARHARUM, W. B.; WILLIAMS, D. J.; SMYTH, H. E. Complexity of coffee Flavor: A compositional and sensory perspective. **Food Research International**, v. 62, n. 1, p. 315-325, aug. 2014.

TAVARES, K. M.; PEREIRA, R. G. F. A.; NUNES, C. A., PINHEIRO A. C. M. Espectroscopia no infravermelho médio e análise sensorial aplicada à detecção de adulteração de café torrado por adição de cascas de café. **Química Nova**, v. 35, n. 6, p.1164-1168, 2012.

TAVARES, A. L. **Utilização de Métodos Quimiométricos aliados a RMN na caracterização de diferentes tipos de cafés comerciais.** Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de São Carlos. 2007.

THOMAZINI, A.; TOMAZ, M. A.; MARTINS, L. D. RODRIGUES, W. N. Abordagem sobre qualidade da bebida no café conilon. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 12, p. 1-16, 2011.

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

WINTGENS, J. N. Coffee: growing, processing, sustainable production. **A guidebook for growers, processors, traders, and researchers**. 2^a ed., p. 983, 2009.

ZAMBOLIM, L. **Café: Produtividade, Qualidade e Sustentabilidade**. UFV, p.395, 2000.

ZHANG, L., LI, P., SUN, X., MAO, J., MA, F., DING, X., ZHANG, Q. One-class classification based authentication of peanut oils by fatty acid profiles. **Royal Society of Chemistry Advances**, v. 5, n. 103, p. 1-14, oct. 2015.

CAPÍTULO 2

PREVISÃO DA QUALIDADE GLOBAL DE CAFÉS GOURMET, SUPERIOR E TRADICIONAL USANDO PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MODELO MULTIVARIADO

Laricia Oliveira Cardoso Domingues; Marcia Miguel Castro Ferreira; Aline de Oliveira Garcia; Marcelo Antônio Morgano

O artigo foi traduzido para o inglês e submetido à revista Coffee Science.

RESUMO

As bebidas originadas do café torrado podem ser classificadas em cafés *Gourmet*, Superior, Tradicional e não recomendável para fornecimento em função da sua qualidade sensorial. Entretanto, a avaliação da qualidade sensorial do café tem sido questionada devido ao viés subjetivo que pode apresentar, uma vez que os avaliadores podem sofrer influência de fatores psicológicos, fisiológicos e/ou emocionais. Diante disso, o objetivo deste estudo foi desenvolver modelos multivariados capazes de prever a qualidade global de cafés *Gourmet*, Superior e Tradicional, a partir de parâmetros físicos e físico-químicos dos cafés. Para isso, 108 amostras de cafés torrados e moídos, foram avaliadas quanto a granulometria, ponto de torra, identificação histológica, umidade, cinzas, extrato aquoso, sólidos solúveis (Brix), pH e o perfil sensorial descritivo. Todas as categorias de qualidade avaliadas apresentaram granulometria fina. Não houve diferença significativa quanto ao teor de umidade e sólidos solúveis (Brix), entre os cafés *Gourmet*, Superior, Tradicional e não recomendável para fornecimento. Os cafés Tradicional e não recomendável para fornecimento apresentaram maiores teores de extrato aquoso, cinzas e pH. Os pontos de torra apresentaram cores mais claras e as bebidas apresentaram-se mais ácidas à medida que a qualidade do café era melhor. A partir dos resultados dos parâmetros físico-químicos e aplicação da Análise de Componentes Principais foi possível a separação dos cafés em duas classes: melhor qualidade (*Gourmet* e Superior) e qualidade inferior (Tradicional e não recomendável), enquanto a classificação de uma classe (OCC) apresentou boa sensibilidade e conseguiu classificar satisfatoriamente as amostras de cafés *Gourmet* das demais.

Palavras-chave: qualidade do café; sensorial; café *Gourmet*; quimiometria; OCC

1. INTRODUÇÃO

O café é uma planta originária do continente africano, pertencente à família *Rubiaceae* e ao gênero *Coffea*. Dentre as várias espécies do gênero *Coffea*, duas possuem importância econômica no mercado nacional e internacional: o *Coffea arabica* (café arábica) e o *Coffea canephora* (café *conilon* ou robusta) (PIMENTA 2003). Estas duas espécies exibem diferenças em suas características genéticas, químicas, morfológicas e apresentam bebidas com características sensoriais bem distintas (ILLY; VIANI, 2005). O café arábica produz uma bebida mais fina, com sabor e aroma geral mais intenso, enquanto o café *conilon* apresenta menor acidez e maior gosto amargo (KREUML *et al.*, 2013).

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café, além de apresentar um expressivo consumo interno da bebida. Até sua bebida ser consumida, o café passa por uma longa cadeia de transformações e, diversos fatores ao longo da cadeia de produção como: clima (CAMARGO, 2010), maturação e colheita dos grãos (GIOMO, 2012; SANTOS *et al.*, 2018), processo de secagem (ARRUDA *et al.*, 2012, WINTGENS, 2009), podem impactar na sua qualidade final.

No Estado de São Paulo, a avaliação da qualidade do café torrado, tanto físico-química quanto sensorial, é normatizada pelas Resoluções SAA 30 e 31 de 2007 e SAA 19 de 2010, que fixam a identidade e as características mínimas de qualidade a que deve atender o Café Torrado em Grão e o Café Torrado e Moído e, qualificam os cafés quanto às características sensoriais em café *Gourmet*, Superior, Tradicional e não recomendável para fornecimento (SÃO PAULO, 2007; SÃO PAULO, 2010).

A avaliação sensorial da qualidade café é realizada por avaliadores selecionados e treinados para expressarem a sua percepção olfativa e gustativa e tem sido questionada devido ao viés subjetivo que pode apresentar, uma vez que fatores psicológicos, fisiológicos e emocionais, dentre outros, podem comprometer a precisão com que os avaliadores classificam o café com relação à qualidade da bebida (DUTCOSKY, 2013; BRASIL, 2010; RIBEIRO *et al.*, 2012). Desta forma, existe a necessidade de se buscar novos parâmetros para servirem como auxílio na avaliação sensorial do produto final.

Alguns autores correlacionaram dados de análises químicas e físico-químicas do grão de café com as características sensoriais da bebida (FARAH *et al.*, 2006; RIBEIRO *et al.*, 2010; BRESSANELLO *et al.*, 2016). Nestes estudos, os parâmetros físico-químicos foram determinados utilizando diferentes técnicas instrumentais, como: cromatografia líquida e gasosa, espectroscopia no infravermelho (NIR) e usando avaliações sensoriais realizadas por meio da “prova de xícara” - método da *Specialty Coffee Association of America* (SCAA), onde a bebida é avaliada a partir dos grãos crus do café, submetidos a uma torra clara, o que é diferente dos cafés torrados e moídos comumente encontrados no mercado e que chegam às mesas dos consumidores.

Nos estudos com café é comum avaliar um grande número de variáveis e, neste contexto, a aplicação de métodos quimiométricos permite descrever o conjunto de dados de forma global, possibilitando a obtenção de informações relevantes, de maneira rápida e confiável (MARÇO *et al.*, 2014).

Utilizando a análise de componentes principais (PCA), ferramenta de análise exploratória muito popular em quimiometria (ABDI; WILLIAMS, 2010), Ribeiro *et al.* (2010), identificaram possíveis marcadores para a diferenciação da qualidade da bebida segundo o seu aroma, qualidade global e sabor, enquanto Arruda *et al.* (2012), investigando a influência do pré-processamento nos grãos de café Catuaí Amarelo, conseguiram discriminar o café desmucilado dos cafés natural e despulpado. Já Tavares *et al.* (2012), usando a PCA e a regressão de mínimos quadrados parciais (PLS) conseguiram identificar e determinar cafés torrados e moídos adulterados com diferentes percentuais de cascas.

A modelagem de dados é outro método amplamente empregado na quimiometria. Técnicas de modelagem, como a classificação de uma classe são empregadas para identificar objetos de uma classe específica, dentre o conjunto de objetos avaliados (RODIONOVA; OLIVERI; POMERANTSEV, 2016; OLIVERI, 2017). A classificação de uma classe foi empregada para identificar adulterações em alimentos por Zhang *et al.* (2015), que construíram um modelo de classificação a partir do perfil de ácidos graxos de óleos de amendoim e conseguiram identificar amostras de óleos adulterados. Em outro estudo, Gondim *et al.* (2017), estudando adulterantes comuns em leite, conseguiram discriminar amostras adulteradas e não adulteradas de leite cru.

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi desenvolver modelos multivariados correlacionando os dados da análise sensorial de bebidas de café com os parâmetros físicos e físico-químicos de cafés torrados e moídos, de modo a prever a qualidade global de cafés *Gourmet*, *Superior* e *Tradicional*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Amostras

Cento e oito amostras comerciais de café torrado e moído, cuja qualidade sensorial foi avaliada por equipe selecionada e treinada, por meio de teste descritivo, foram utilizadas neste estudo. Do total, 14 amostras foram classificadas como sendo de qualidade *Gourmet* (G), 35 de qualidade *Superior* (S), 40 de qualidade *Tradicional* (T) e 19 amostras apresentaram qualidade insatisfatória, sendo classificadas como não recomendável para fornecimento (NR). Para este trabalho foram utilizadas as qualidades definidas pela equipe e não aquelas originalmente informadas pelos fabricantes. Posteriormente à avaliação sensorial, os cafés moídos foram submetidos às análises físicas (granulometria, ponto de torra e identificação histológica) e físico-químicas (teor de umidade, extrato aquoso e cinzas) e as bebidas dos cafés foram analisadas quanto ao teor de sólidos solúveis (Brix) e pH.

2.2 Análise sensorial

A bebida de café foi preparada através de percolação com filtro de papel, utilizando 50g de café torrado e moído para 500 ml de água mineral aquecida à temperatura de 92°C. As amostras foram armazenadas em garrafas térmicas por até 1 hora e mantidas até o momento da análise. A análise sensorial descritiva do café foi realizada por equipe selecionada e treinada composta de cinco a nove julgadores por sessão, fazendo uso de escala não estruturada de 0 a 10 cm para avaliação quanto à fragrância do pó do café e aos seguintes atributos da bebida: aroma, defeitos, acidez, amargor, sabor, sabor residual, adstringência e corpo. Para conclusão quanto à qualidade sensorial final do café, foi utilizado o sistema de classificação das Normas Técnicas de identidade e qualidade para café

torrado em grão e café torrado e moído: as Resoluções SAA 30 (café Superior) e 31 (café Gourmet) de 22/06/2007 e a Resolução SAA 19 (café Tradicional) de 5/04/2010. Para a classificação dos cafés, estas Resoluções consideram o intervalo entre 7,3 e 10,0 da escala de qualidade sensorial como “Cafés Gourmet”; entre 6,0 e 7,2 como “Cafés Superiores”; entre 4,5 e 5,9 como “Cafés Tradicionais”, sendo 4,5 a nota de qualidade global mínima recomendável para fornecimento (SÃO PAULO, 2007 e SÃO PAULO, 2010).

2.3 Análises físicas

A granulometria foi realizada em triplicata e determinada com base na percentagem de retenção em peneiras granulométricas n° 12 (1,70mm), n° 16 (1,18 mm), n° 20 (0,85 mm), n° 30 (0,60 mm) e fundo (LINGLE, 1996). O ponto de torra foi determinado após leitura (três repetições) em espectrofotômetro *Agtron Coffee Roast* e classificação por meio do Sistema *Agtron / SCAA Roast Classification Color Disk* (Clara - discos n° 75 a 95, Média - discos n° 65 e 55, Escura - discos n° 25 a 45). Para este estudo foi utilizado à média das leituras diretas obtidas em espectrofotômetro e não a classificação final da torra do café. A Identificação histológica foi realizada de acordo com GASSNER (1989).

2.4 Análises físico-químicas

O teor de extrato aquoso foi determinado em triplicata segundo a metodologia do ZENEBON; PASCUET; TIGLEA (2005). A determinação do teor de cinzas foi realizada em triplicata conforme AOAC (2012). O teor de umidade foi determinado em duplicata conforme metodologia ISO 11294 (1994). O pH da bebida do café foi obtido utilizando pHmetro Marconi PA-200 e o teor de sólidos solúveis (Brix) foi realizado utilizando refratômetro de bancada Bausch & Lomb conforme ZENEBON; PASCUET; TIGLEA (2005).

2.5 Análise multivariada de dos dados

Os resultados obtidos nas análises sensorial, físicas e físico-químicas das amostras de cafés (pó e bebida) para as quatro categorias estudadas (G, S, T e NR) foram avaliados estatisticamente por Análise de Variância (Anova-Welch) e as médias obtidas foram comparadas pelo teste Games-Howell.

Para avaliar as interações entre os parâmetros físicos e físico-químicos e a análise sensorial do café foi aplicada a Análise de Componentes Principais (PCA) aos resultados obtidos. A técnica usando o modelo de uma classe foi empregada para desenvolvimento do modelo de classificação para a qualidade da bebida. Para isso, foi utilizada uma classe alvo, constituída pelas amostras de cafés *Gourmet* e uma classe alternativa, constituída pelas amostras de cafés Superior, Tradicional e não recomendável para fornecimento. O modelo para a classe *Gourmet* foi construído usando dois fatores e o limite da classe foi traçado com 95% de confiança ($\alpha = 0,05$). O tratamento estatístico dos dados e as análises multivariadas foram realizados utilizando os programas XLSTAT versão 2018 (Addinsoft, New York), Pirouette® 4.5 (Infometrix) e Matlab.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise sensorial

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios obtidos para os atributos sensoriais das 108 amostras de café torrado e moído (pó) e da bebida. Para o pó foi avaliado o atributo fragrância e para a bebida do café os atributos: aroma, defeitos, acidez, amargor, sabor, sabor residual, adstringência e corpo. A qualidade global do café foi determinada pela equipe treinada levando-se em consideração não somente os atributos individualmente, mas principalmente, a percepção conjunta do aroma, sabor e corpo da bebida.

TABELA 1. Resultados médios obtidos para cada atributo sensorial da análise descritiva dos cafés *Gourmet* (G), Superior (S), Tradicional (T) e não recomendável para fornecimento (NR).

Atributos sensoriais	Classificação sensorial do Café			
	G	S	T	NR
Fragrância do pó	7,3 (0,1)a	6,3 (0,3)b	5,1 (0,3)c	4,5 (0,2)d
Aroma da bebida	7,2 (0,1)a	6,4 (0,3)b	4,8 (0,3)c	4,2 (0,2)d
Defeitos	1,4 (0,2)d	3,0 (0,5)c	5,0 (0,4)b	5,6 (0,2)a
Acidez	4,0 (0,2)a	3,9 (0,3)a	2,8 (0,2)b	2,5 (0,1)c
Amargor	2,5 (0,1)d	3,9 (0,5)c	5,5 (0,4)b	6,0 (0,3)a
Sabor	7,3 (0,1)a	6,3 (0,3)b	4,7 (0,3)c	4,1 (0,2)d
Sabor Residual	7,3 (0,1)a	6,3 (0,3)b	4,7 (0,3)c	4,1 (0,1)d
Adstringência	1,3 (0,2)d	3,2 (0,7)c	5,3 (0,5)b	5,6 (0,2)a
Corpo	6,7 (0,1)a	6,3 (0,2)b	5,1 (0,2)c	4,9 (0,2)d
Qualidade Global	7,4 (0,1)a	6,4 (0,3)b	4,9 (0,3)c	4,2 (0,2)d

Valores expressos como média (desvio-padrão) dos cafés G = 14 amostras; S= 35 amostras; T= 40 amostras e NR = 19 amostras. Para cada categoria de café (colunas) os valores seguidos de letras diferentes são estatisticamente diferentes ao nível de erro de 5% (Games-Howell).

Observa-se que os cafés avaliados resultaram em bebidas que diferiram estatisticamente entre si ao nível de erro de 5% quanto a todos os atributos avaliados, com exceção do atributo acidez, que não apresentou diferença significativa entre os cafés *Gourmet* e Superior. Conseqüentemente, os cafés estudados também diferiram quanto à sua qualidade final.

De acordo com a Tabela 1, os cafés de qualidade *Gourmet*, obtiveram médias correspondentes à intensidade forte para os atributos avaliados, com exceção dos atributos defeitos, amargor e adstringência, para a qual obtiveram médias correspondentes à intensidade fraca. Já os cafés de qualidade Superior obtiveram médias entre moderada e alta intensidade para os atributos avaliados, com exceção dos atributos defeitos, amargor e adstringência, para qual obtiveram médias entre intensidade fraca e moderada.

Conforme a terminologia descritiva de avaliação da qualidade sensorial dos cafés, o café de qualidade *Gourmet* foi caracterizado pela equipe treinada como apresentando um pó mais aromático, lembrando um café fresco. A bebida

apresentou um sabor característico de café, com equilíbrio de acidez, amargor e adstringência e ausência de sabores estranhos. Conseqüentemente, estes cafés obtiveram maiores médias para a Qualidade Global sendo, portanto, considerados como cafés de melhor qualidade. Segundo Reis; Cunha; Carvalho (2011) os cafés de qualidade *Gourmet*, bem como os de qualidade Superior, apresentam maior qualidade sensorial, pois possuem uma criteriosa seleção dos grãos utilizados em sua composição, além de apresentarem um maior controle em relação ao processo de torra utilizado. Assim, as notas atribuídas na análise descritiva, refletem a qualidade da matéria prima utilizada na confecção dos cafés.

Os cafés de qualidade Tradicional obtiveram médias correspondentes à intensidade próxima à moderada em relação a todos os atributos avaliados, com exceção da acidez, para a qual obtiveram médias entre intensidade fraca e moderada.

Alguns cafés, inicialmente considerados de qualidade Tradicional, obtiveram médias entre intensidade fraca e moderada para os atributos fragrância do pó, aroma da bebida, acidez, sabor, sabor residual e corpo, enquanto para os atributos defeitos, amargor e adstringência, obtiveram médias entre moderada e alta intensidade. Estes cafés apresentaram características de qualidade insatisfatória, apresentando gosto preponderante dos grãos defeituosos, maior amargor e adstringência sendo, portanto, classificadas como não recomendável para fornecimento. A resolução SAA 19 permite a utilização de até 20% de defeitos para cafés de qualidade Tradicional. No entanto, a utilização de cafés com grãos heterogêneos (mistura de grãos defeituosos com sadios) podem comprometer a qualidade do café, resultando em cafés com características indesejáveis (PIMENTA, 2003).

As características sensoriais das 108 amostras de cafés foram evidenciadas através da Análise de Componentes Principais (PCA), apresentando grande discriminação entre as amostras e concordância com os resultados apresentados na Tabela 1. A separação entre as categorias de café foi descrita na primeira componente principal, como pode ser visualizado na Figura 1 (CP1 versus CP2), a qual descreveu 97% da variância total dos dados.

Conforme a Figura 1 observa-se que os cafés *Gourmet* e Superior, localizados à esquerda do gráfico, foram caracterizadas pelos atributos: fragrância

do pó, aroma da bebida, acidez, sabor, sabor residual e corpo. Estes cafés foram avaliados pela equipe como sendo mais aromáticos e com uma fragrância do pó lembrando a um café fresco. A bebida apresentou aroma característico de bebida recém-preparada e um sabor característico de café, com equilíbrio de acidez, amargor e adstringência e ausência de sabores estranhos.

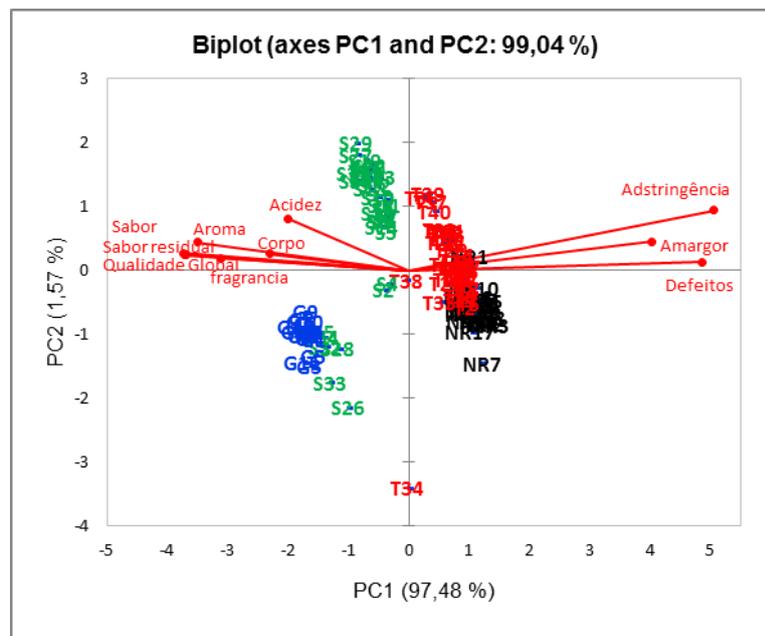


FIGURA 1. Gráficos de *scores* e *loadings* das duas primeiras componentes principais obtidos do perfil sensorial das amostras de café. G = café *Gourmet*; S= café *Superior*; T= café *Tradicional* e NR = café não recomendado para fornecimento.

A análise sensorial visa detectar defeitos de sabor atrelados à qualidade do grão (pretos, verdes e ardidos) utilizando a escala linear para classificar o café. Os cafés de qualidade Tradicional e não recomendáveis para fornecimento, localizados à direita, foram caracterizadas pelos atributos amargor, defeitos e adstringência. Conforme avaliado pela equipe, estes cafés apresentaram presença preponderante do gosto dos grãos defeituosos, com maior amargor e adstringência.

Observa-se também que as amostras de cafés de qualidade Superior S26, S32, S33, S34, S35 foram posicionadas próximas aos cafés *Gourmet*, uma vez que estes cafés apresentaram menor sensação de adstringência em relação a sua categoria, se aproximando dos cafés de qualidade *Gourmet*.

3.2 Análises físicas e físico-químicas

Em relação aos resultados obtidos quanto à composição dos cafés, observou-se que todas as amostras classificadas sensorialmente como sendo de qualidade *Gourmet* eram constituídas somente por café arábica, já para o café Superior, 20 amostras eram compostas por café arábica e 15 pela mistura de café arábica e conilon.

Quanto aos cafés classificados como sendo de qualidade Tradicional, 25 amostras eram compostas por café arábica, enquanto 15 amostras apresentaram mistura de café arábica e *conilon* em sua composição. Já para os cafés classificados como não recomendável para fornecimento, 13 amostras eram compostas por café arábica e 6 amostras pela mistura de café arábica e conilon. Os resultados médios obtidos para os demais parâmetros físicos e físico-químicos avaliados, bem como para a Qualidade Global das amostras de cafés estão apresentados na Tabela 2.

TABELA 2. Resultados médios dos parâmetros físicos, físico-químicos e sensoriais dos cafés *Gourmet* (G), Superior (S), Tradicional (T) e não recomendável para fornecimento (NR).

Parâmetros	Classificação sensorial do Café				
	G	S	T	NR	
Parâmetros físicos	Peneira 12	0,1 (0,1)	0,2 (0,2)	0,3 (0,3)	0,4 (0,7)
	Peneira 16	0,7 (0,8)	0,6 (0,9)	0,4 (0,4)	0,4 (0,3)
	Peneira 20	7,5 (7,1)	4,3 (4,9)	3,3 (5,2)	3,6 (1,5)
	Peneira 30	27,9 (14,4)a	17,0 (10,5)ab	12,4 (5,9)b	15,5 (6,3)b
	Fundo	64,1 (20,6)b	78,2 (14,0)ab	83,5 (9,5)a	80,5 (6,9)ab
	Classificação	Fina	Fina	Fina	Fina
	Torra	54,9 (6,9)a	55,1 (6,1)a	44,9 (4,5)b	43,6 (7,6)b
	Disco n°/Grau	65/ média	75/ clara	55/ média	55/ média
Parâmetros físico-químicos	Ext. Aquoso (%)	23,9 (2,2)c	26,3 (3,2)b	28,5 (2,5)a	27,7 (2,6)b
	Cinzas (%)	4,3 (0,2)b	4,4 (0,3)b	5,0 (0,4)a	5,5 (0,7)a
	Umidade (%)	3,1 (1,3)	2,9 (1,0)	3,9 (1,9)	4,3 (1,8)
	pH	5,1 (0,1)c	5,3 (0,3)b	5,6 (0,2)a	5,6 (0,3)a
	Sólidos solúveis (Brix)	2,0 (0,4)	2,2 (0,4)	2,1 (0,4)	2,0 (0,4)
Análise Sensorial	Qualidade Global	7,4 (0,1)a	6,4 (0,3)b	4,9 (0,3)c	4,2 (0,2)d

Resultados expressos como média (desvio padrão). Para cada parâmetro (colunas) valores seguidos de letras diferentes são estatisticamente diferentes ao nível de erro de 5% (Games-Howell). Os dados sem indicação de letras não são significativamente diferentes.

A análise estatística mostrou diferenças significativas para alguns dos parâmetros físicos e físico-químicos dos cafés avaliados. Em relação aos resultados obtidos para análise de granulometria, não foram observadas diferenças significativas nas peneiras granulométricas 12, 16 e 20, porém houve diferenças significativas na porcentagem de retenção do pó na peneira 30 e no fundo, para os cafés de qualidade *Gourmet*, Superior, Tradicional e não recomendado para fornecimento. Embora todos os cafés tenham apresentado granulometria fina (Tabela 2), o café Tradicional apresentou maior quantidade de pó retido no fundo das peneiras granulométricas, obtendo maior média para este parâmetro (83,5) sendo, portanto, considerado com granulometria mais fina e diferindo significativamente do café de qualidade *Gourmet*, que obteve menor média (64,1). Os cafés de qualidade Superior e não recomendado para fornecimento obtiveram médias intermediárias para o fundo (78,2 e 80,5, respectivamente) e não diferiram significativamente entre si e nem dos cafés *Gourmet* e Tradicional.

Observa-se na Tabela 2 que, as menores médias de Qualidade Global foram obtidas para os cafés com granulometrias mais fina. A granulometria pode influenciar na qualidade final da bebida, uma vez que interfere diretamente no tempo de preparo e na extração bebida. Uma moagem muito fina faz com que a água fique mais tempo em contato com o pó durante a extração do café, resultando numa bebida com característica de amargor muito acentuado (PIMENTA, 2003; ILLY; VIANI, 2005).

Em relação a torra, os cafés de qualidade *Gourmet* e Superior obtiveram maiores médias para coloração do café (54,9 a 55,1, respectivamente) sendo classificados como cafés de torra média/moderadamente clara e não diferiram significativamente entre si. Mas, diferiram significativamente dos cafés de qualidade Tradicional e não recomendável para fornecimento, que obtiveram as menores médias de coloração (44,9 e 43,6, respectivamente), sendo considerados como cafés de torra moderadamente escura/ escura.

Os cafés comercializados no Brasil apresentam, tradicionalmente, uma torra mais escura (PIMENTA, 2003). Pode-se observar na Tabela 2 que os cafés com qualidade insatisfatória e, portanto, classificados na avaliação descritiva como não recomendável para fornecimento, apresentaram a torra mais intensa

(menor média). Sabe-se que a intensidade de torra a qual o café é submetido pode afetar grandemente as suas características sensoriais e, conseqüentemente a sua qualidade final. Na torra clara, a característica predominante é a acidez, mas à medida que a torra aumenta, isto é, torna-se mais escura, ocorre à carbonização de alguns componentes, acentuando o sabor de queimado da bebida (MELO, 2004; BHUMIRATANA *et al.*, 2011).

Com relação aos resultados obtidos da análise de extrato aquoso, observou-se que os cafés de qualidade *Gourmet* obtiveram menor média (23,9%) diferindo-se significativamente dos cafés de qualidade Tradicional (28,5%), que obtiveram as maiores médias. Já os cafés de qualidade Superior e não recomendável para fornecimento obtiveram médias intermediárias (26,3% e 27,7%, respectivamente), não diferindo significativamente entre si, mas diferindo dos cafés *Gourmet* e Tradicional. De acordo com os resultados encontrados na determinação do extrato aquoso, somente os cafés de qualidade *Gourmet* encontram-se fora dos padrões indicados pelas resoluções SAA 30 e 31 de 2007 e SAA 19 de 2010, que deve ser no mínimo 25%.

O café torrado e moído comumente apresenta diferentes graus de torra e moagem, sendo constituído de diferentes misturas de variedades de cafés. Um maior teor de extrato aquoso encontrado para os cafés de qualidade Tradicional avaliados neste trabalho possivelmente se deve ao fato do mesmo ser constituído, em sua maioria, de blends de cafés. Moura *et al.*, (2007)b, avaliaram diferentes proporções de blends de café arábica com conilon e encontraram valores entre 27,87% e 28,89% para até 50% de adição do café *conilon* ao arábica. Em outro estudo, Licciardi *et al.*, (2005), avaliaram amostras comerciais de cafés torrados e moídos e observaram alterações no teor de extrato aquoso possivelmente em função da época de colheita e fabricação dos cafés. Segundo os autores, os cafés fabricados nos meses de janeiro apresentaram teores de extrato aquoso variando de 24,38 a 29,73% enquanto os fabricados nos meses de julho variam de 24,57 a 37,88%, ou seja, o teor de extrato aquoso aumentou com o passar dos meses. A variável colheita não foi considerada neste estudo, porém como as amostras de café foram adquiridas ao longo de 1 ano e meio, entende-se que esta variável pode ter impactado nos resultados de extrato aquoso.

Quanto à determinação de cinzas nas amostras de cafés, o teor observado nas diferentes categorias de café variou de 4,3% a 5,4%. Conforme apresentado na Tabela 2, os cafés de qualidade *Gourmet* e Superior obtiveram menores médias para o teor de cinzas (4,3% e 4,4%, respectivamente), não diferindo significativamente entre si, mas diferiam significativamente dos cafés de qualidade Tradicional e não recomendável para fornecimento, que apresentaram as maiores médias para este parâmetro (5,0% e 5,4%, respectivamente). Teixeira; Passos; Mendes (2016) encontraram valores semelhantes para o teor de cinzas ao analisarem diferentes tipos de cafés torrados e moídos, sendo os menores valores observados também para o café *Gourmet* (4,0%). O café *Gourmet* é composto somente por café arábica, que comumente possui menor teor de cinzas, enquanto os demais cafés são compostos por blends e a adição de café *conilon* pode contribuir para o aumento do teor de cinzas (CONTI *et al.* 2013; TEIXEIRA; PASSOS; MENDES, 2016).

Segundo as resoluções SAA 30 e 31 de 2007 e SAA 19 de 2010, o teor de cinzas para o café torrado não deve ultrapassar o limite de 5%. Resultados elevados para este parâmetro podem estar relacionados a grandes quantidades de impurezas nestas amostras, indicando problemas possíveis alterações nos processos de produção. No presente estudo, observou-se que os cafés com elevado teor de cinzas, apresentaram qualidade sensorial insatisfatória, sendo classificados como não recomendável para fornecimento (SÃO PAULO, 2007; SÃO PAULO, 2007; SÃO PAULO, 2010; CECCHI, 2002).

O pH das bebidas de café torrado e moído encontradas neste estudo variou entre 5,1 e 5,6. Observa-se na Tabela 2 que os cafés de qualidade Tradicional e não recomendável para fornecimento obtiveram maiores médias (5,6 e 5,6) para o parâmetro pH e diferiram significativamente dos cafés de qualidade Superior e *Gourmet*, que obtiveram médias menores para este parâmetro (5,3 e 5,1, respectivamente) e, considerados mais ácidos que os cafés de qualidade Tradicional e não recomendável para fornecimento, conforme a avaliação média da equipe de avaliação sensorial (Tabela 1).

A acidez do café é um atributo importante, estando normalmente presente em maior intensidade nos cafés de melhor qualidade do café. Mendonça; Pereira; Mendes (2005), relatam que a acidez do café tem sido correlacionada com seu

pH, portanto o pH tem sido considerado uma forma de avaliar esse atributo sensorial.

Os valores de pH observados para os cafés *Gourmet* e *Superior* estão dentro do intervalo recomendado por Fernandes *et al.* (2003), que relatam que valores de pH entre 4,95 e 5,20 proporcionam uma bebida com sabor palatável, sem excesso de acidez ou amargor. O menor valor médio de pH do café *Gourmet* pode ser atribuído ao fato do café ser constituído apenas de café da espécie arábica, enquanto os demais cafés apresentaram misturas em sua composição. Segundo Sunarharum; Williams; Smyth (2014), os grãos de café arábica apresentam pH entre 4,85 e 5,15, estando esse estudo em concordância os autores, que citam ainda que o café conilon apresenta pH entre 5,25 e 5,40.

As diferenças observadas nos valores de pH possivelmente também se devem à torra do café, uma vez que os cafés avaliados neste estudo foram classificados com diferentes graus de torra (Tabela 2). Em um estudo para avaliar a influência da torra nas características de café arábica, MOURA *et al.* (2007)a, observaram que quanto mais torrado o café, maior foi pH obtido. Ainda segundo os autores, a elevação do pH em função da torra mais intensa ocorre devido à degradação dos ácidos presentes no café verde e também daqueles formados no início do processo de torra.

3.3 Análise multivariada: análise de componentes principais (PCA) e classificação de uma classe (OCC)

Para a avaliação da qualidade global dos cafés a partir das propriedades físicas e físico-químicas estudadas foi utilizada a análise de componentes principais. Os métodos multivariados, como a PCA, permitem a avaliação simultânea de todos os parâmetros físicos e físico-químicos estudados (granulometria, ponto de torra, identificação histológica, umidade, cinzas, extrato aquoso, sólidos solúveis (Brix), pH) facilitando a diferenciação dos cafés entre as quatro categorias estudadas (G, S, T e NR).

A matriz de dados inicial de 108 (amostras) X 12 (parâmetros físicos e físico-químicos) foi submetida à análise univariada, visando investigar a relação

entre cada parâmetro físico e físico-químico com a qualidade global dos cafés. Os parâmetros peneira 30, fundo, torra, extrato aquoso, cinzas, umidade e pH apresentaram correlação maior que 0,3 com a Qualidade Global, sendo selecionados para a etapa seguinte da análise multivariada. Assim, uma nova matriz de dados (108 X 7) foi obtida e submetida à Análise de Componentes Principais (PCA). Devido às diferentes ordens de grandeza dos parâmetros estudados, os dados foram previamente autoescalados, atribuindo assim, um mesmo peso para todas as variáveis estudadas.

A Figura 2 (A e B) representa os *scores* e os *loadings* gerados pela PCA. A PCA mostrou que as 3 primeiras componentes principais descrevem 80% dos dados, sendo 44% da variância total descrita pela primeira componente principal (PC1), 22% descrita pela segunda componente principal (PC2) e 14% descrita pela terceira componente principal (PC3).

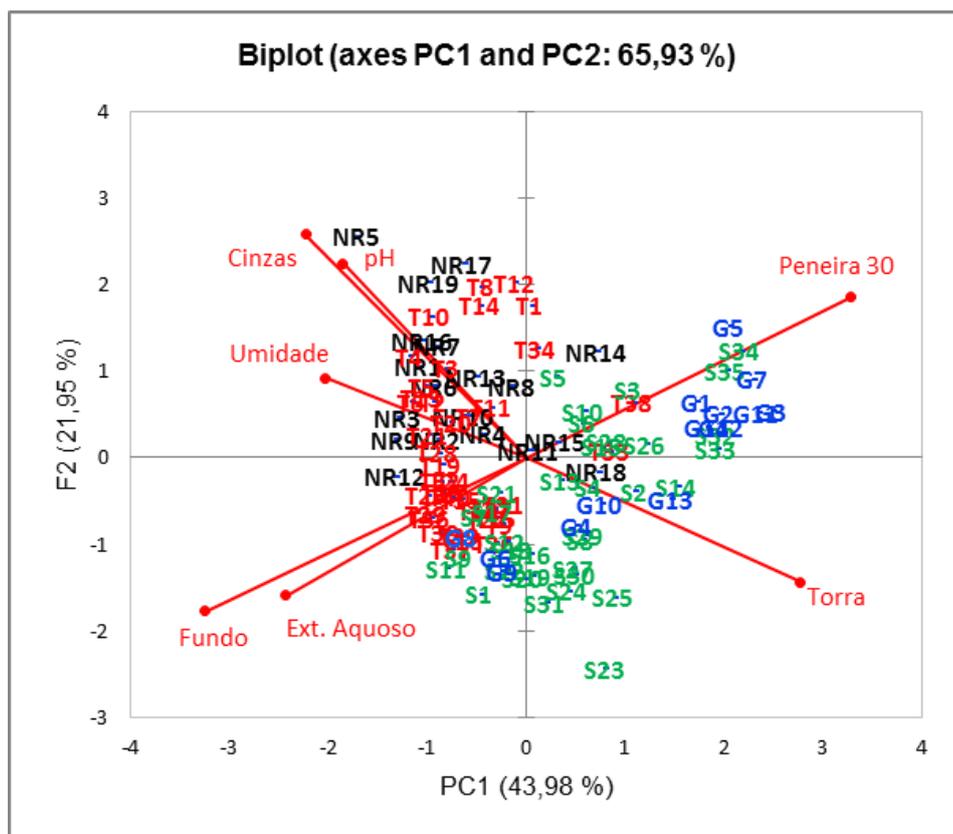


FIGURA 2A. Gráfico de *scores* e *loadings* gerado pela PCA aplicada aos resultados dos parâmetros físicos e físico-químicos dos cafés. G = café *Gourmet*, S= café *Superior*; T= café *Tradicional* e NR = café não recomendado para fornecimento. Os eixos PC1 e PC2 referem-se às componentes principais

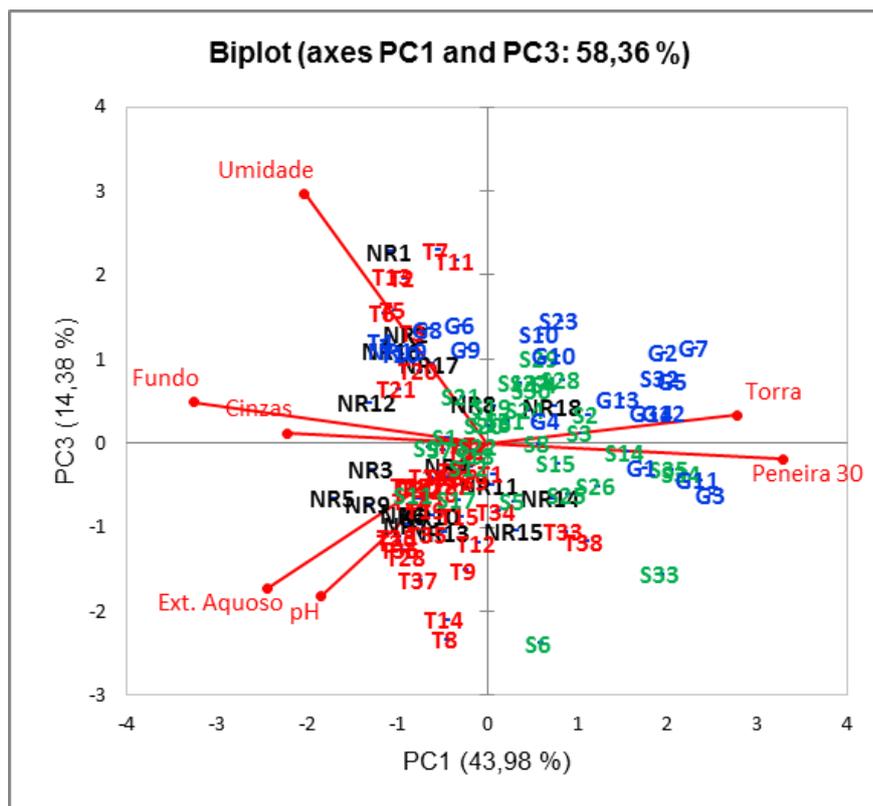


FIGURA 2B. Gráfico de *scores* e *loadings* gerado pela PCA aplicada aos resultados dos parâmetros físicos e físico-químicos dos cafés. G = café *Gourmet*; S= café *Superior*; T= café *Tradicional* e NR = café não recomendado para fornecimento. Os eixos PC1 e PC3 referem-se às componentes principais

De acordo com o posicionamento dos cafés nas duas primeiras dimensões (Figura 2A), observa-se que há uma dispersão das amostras por todo o gráfico, não evidenciando uma clara separação entre os cafés de diferentes qualidades segundo os parâmetros físico-químicos avaliados, porém uma tendência de separação entre as qualidades de cafés pode ser observada ao longo da PC1.

Observa-se que os cafés de qualidade *Gourmet* e a maioria dos cafés de qualidade *Superior*, estão localizados mais à direita do gráfico, sendo caracterizados com uma granulometria mais grossa, por apresentarem valores mais elevados de retenção na peneira 30 e também por apresentarem uma torração mais clara que os cafés de menor qualidade, bem como por apresentarem um menor teor de extrato aquoso e menor quantidade de pó retido no fundo das peneiras. A PCA apresentada na figura 2B (PC1 versus PC3) reforça que as amostras de café *Gourmet* se distanciam das demais por apresentarem menor extrato aquoso e também por apresentarem menor pH.

Ainda conforme observado na Figura 2A, os cafés qualidade Tradicional e não recomendável para fornecimento, estão localizados mais à esquerda do gráfico, opostas aos cafés de qualidade considerados de melhor qualidade (Gourmet e Superior). Estas amostras foram caracterizadas por apresentarem um pó com granulometria mais fina, uma vez que apresentaram maior quantidade de pó retido no fundo das peneiras, maiores teores de cinzas, umidade e pH e também por apresentarem uma torra mais escura do que o observado para os cafés *Gourmet* e Superior.

A partir dos *scores* de PCA nas duas primeiras dimensões (que descreveram 66% da variabilidade dos dados), foram traçadas elipses com 95% de confiança, usando os parâmetros físicos e físico-químicos, de forma a descrever o comportamento de cada categoria de café. As elipses traçadas são apresentadas na Figura 3.

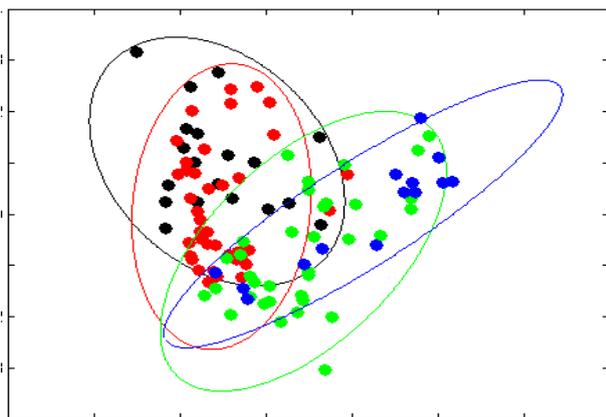


FIGURA 3A. Elipses traçadas com 95% de confiança para os cafés de categoria não recomendável para fornecimento (preto), Tradicional (vermelho), Superior (verde) e Gourmet (azul).

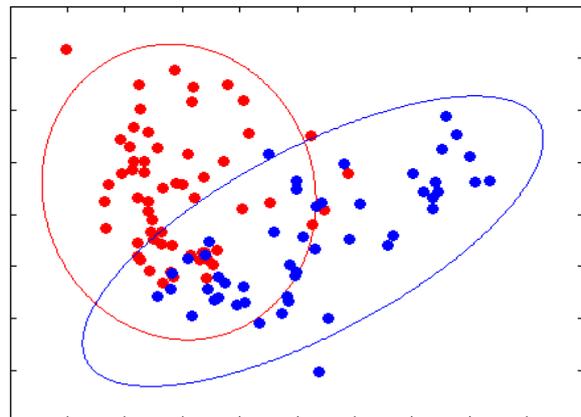


FIGURA 3B. Elipses traçadas com 95% de confiança considerando 2 classes: Tradicional e não recomendável para fornecimento (vermelho) e Gourmet e Superior (azul).

Conforme as elipses de confiança apresentadas na Figura 3A, observa-se que a variabilidade dos *scores* de PCA não foi satisfatória para discriminar as 4 categorias de café de acordo com suas propriedades físico-químicas. Nota-se na figura que não há distâncias entre as diferentes categorias e que existe uma sobreposição das elipses de confiança. Isso indica que as variáveis escolhidas para este trabalho não têm informação suficiente para discriminar melhor as 4 categorias de café.

Com a finalidade de aumentar a discriminação entre as categorias de qualidade, diminuiu-se o número de categorias. Assim, foi considerado duas categorias, cafés com notas $\leq 5,9$ (Tradicional e não recomendável para fornecimento) e cafés com notas $\geq 6,0$ (*Gourmet* e Superior), para recalcular as elipses de confiança (Figura 3B). Deste modo, com 95% de confiança houve a formação de um grupo com cafés *Gourmet* e Superior (melhor qualidade) e outro com cafés Tradicional e não recomendável para fornecimento (qualidade inferior), ou seja, as amostras que compõem cada um destes dois grupos possuem comportamento semelhante diante das propriedades avaliadas. Isso provavelmente se deve a matéria prima utilizada, uma vez que cafés de qualidade *Gourmet* e Superior possuem maior atenção desde a matéria prima utilizada até o processamento final (PIMENTA, 2003).

Como não foi possível a construção de um modelo para a classificação da Qualidade de café para as quatro categorias (G, S, T e NR), devido à natureza dos dados obtidos neste estudo, foi utilizado um método alternativo de modelagem de dados, a classificação de uma classe (OCC, do inglês, *One-Class Classification*) (RODIONOVA; OLIVERI; POMERANTSEV, 2016) para a classificação da Qualidade da bebida. Nesta abordagem, um limite de classificação em torno de uma classe alvo é definido e, em seguida, o modelo construído é utilizado para detectar se um novo objeto pertence a esta classe ou não (POMERANTSEV; RODIONOVA, 2018).

Por meio da análise exploratória dos dados foi possível observar que o café *Gourmet* apresentou um comportamento mais distinto dentre as amostras analisadas. Este comportamento, provavelmente, se deve ao fato do café *Gourmet* ser composto por grãos da espécie arábica, que usualmente é empregado um processamento mais cuidadoso e submetido a uma torra mais clara durante a sua elaboração. Esses cuidados propiciam maior padronização do café, tornando o produto mais homogêneo, sendo possível uma boa caracterização deste grupo mesmo com poucas amostras. Assim, o café *Gourmet* foi utilizado como classe alvo neste trabalho, onde um modelo foi construído a partir de suas propriedades físico-químicas e posteriormente utilizado para classificação das demais amostras. O modelo de classificação obtido é apresentado na Figura 4.

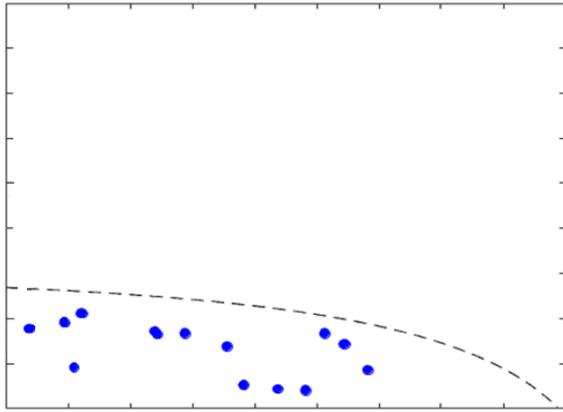


FIGURA 4A. Modelo de uma classe. Classe alvo: café *Gourmet*; Linha pontilhada corresponde a $\alpha = 0,05$

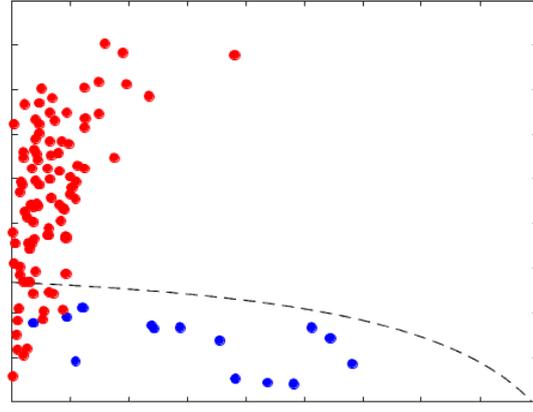


FIGURA 4B. Classe alvo: café *Gourmet* (azul); classe alternativa: cafés Superior, Tradicional e não recomendável para fornecimento (vermelho).

Uma área de aceitação foi estabelecida em torno da classe alvo e a qualidade da classificação estimada sem usar nenhuma informação sobre a classe alternativa (RODIONOVA; OLIVERI; POMERANTSEV, 2016). Conforme a Figura 4A, a linha pontilhada foi traçada com 95% de confiança ($\alpha = 0,05$), sendo possível observar que todas as amostras da classe alvo situaram-se dentro deste limite. Foi empregado o erro tipo alfa igual a 0,05, onde este supervisiona a classificação para que evite com que a classe alvo situe-se fora do limite quando na verdade está dentro, isto não foi observado, demonstrando que o modelo proposto apresentou 100% de sensibilidade. O modelo construído foi então utilizado para fazer a previsão das amostras pertencentes a classe alternativa (Figura 4B).

Observa-se na Figura 4B, que algumas amostras da classe alternativa foram classificadas incorretamente como membros da classe alvo. Estas amostras alternativas, alocadas dentro do limite traçado com 95% de confiança, foram consideradas como cafés de qualidade *Gourmet* quando na verdade não são. Desta forma, 13 falsos positivos foram observados: 1 falso positivo NR; 2 falsos positivos T e 10 falsos positivos S. Ao avaliar os resultados obtidos para estas 13 amostras de café que não foram corretamente classificadas, nota-se que os cafés apresentaram parâmetros físico-químicos semelhantes ao da classe alvo. Porém, sensorialmente, estas amostras foram classificadas em categorias distintas de qualidade (Superior, Tradicional e não recomendável para fornecimento)

Semelhante ao café Gourmet, o falso positivo NR apresentou uma torração clara e granulometria mais grossa, uma vez que possui maiores valores de retenção para a peneira 30. Porém, sensorialmente, apresentou intensidade fraca para atributos de qualidade como: fragrância do pó, aroma da bebida, acidez, sabor, sabor residual e corpo, além do gosto preponderante dos grãos defeituosos, maior amargor e adstringência sendo, portanto, classificada como não recomendável para fornecimento.

Os 2 falsos positivos T, apresentaram uma torra mais clara e um menor valor de pH, semelhante aos cafés *Gourmet*. Sensorialmente, não refletiram a qualidade sensorial dos cafés Gourmet, apresentando intensidade próxima à moderada para todos os atributos avaliados.

Quanto aos 10 falsos positivos S, estas foram às amostras que mais se assemelharam aos cafés *Gourmet* nos parâmetros físicos e físico-químicos, uma vez que apresentaram granulometria mais grossa, uma torração clara, menores valores para o teor de extrato aquoso e bebidas com pH ácidos. Dentre estas 10 amostras, 4 foram inicialmente comercializadas como cafés *Gourmet*, mas esta qualidade sensorial não foi percebida pela equipe treinada e as amostras foram classificadas como sendo de qualidade Superior.

4. CONCLUSÃO

A análise de componentes principais aplicada aos resultados obtidos dos ensaios físico e físico-químicos evidenciou uma separação entre os cafés de melhor qualidade (Superior e *Gourmet*) e qualidade inferior (Tradicional e não recomendável para fornecimento). A torra clara e moagem mais grossa (peneira 30) foram correlacionados com os cafés de melhor qualidade, enquanto maiores teores de extrato aquoso, cinzas e pH foram correlacionados com os cafés de qualidade inferior.

Somente a categoria *Gourmet* pode ser discriminada utilizando os parâmetros físicos e físico-químicos avaliados.

O modelo de classificação de uma classe, desenvolvido a partir das dos parâmetros físicos e físico-químicos da classe alvo (14 amostras de café

Gourmet) apresentou sensibilidade 100% e conseguiu classificar satisfatoriamente 81 das 94 amostras de café alternativas.

5. REFERÊNCIAS

ABDI, H.; WILLIAMS, L. J. Principal Component Analysis. **Wires Computational Statistics**. v. 2, n. 4, p. 433-459, 2010.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis. 19^a ed., p. 3000, 2012.

ARRUDA, N.P., HOVEL, A. M. C., REZENDE, C. M., FREITAS, S.P., COURI, S., BIZZO, H. R. Correlação entre precursores e voláteis em café arábica brasileiro processado pelas vias seca, semiúmida e úmida e discriminação através da análise por componentes principais. **Química Nova**, v. 35, n.10, p. 2044-2051, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Instrução Normativa nº16, de 24 de maio de 2010. Regulamento Técnico para o Café Torrado em Grão e para o Café Torrado e Moído. **Diário Oficial**, Brasília, 2010.

BHUMIRATANA, N., KOUSHIK A., CHAMBERS, E. Evolution of sensory aroma attributes from coffee beans to brewed coffee. **LWT- Food Science and Technology**, v. 44, p. 2185-2192, 2011.

BRESSANELLO, D., LIBERTO, E.; CORDERO, C., RUBIOLO., PELEGRINO, G., RUOSI, M. R. BICCHI, C. Coffee aroma: Chemometric comparison of the chemical information provided by three different samplings combined with GC–MS to describe the sensory properties in cup. **Food Chemistry**, v. 214, p. 218-116, 2016.

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

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análises de alimentos**. Campinas: Unicamp. p. 212, 2002.

CONTI., M. C. M. D., KITZBERGER, C. S. G., SCHOLZ, M. B. S., PRUDENCIO, S. H. Características físicas e químicas de cafés torrados e moídos exóticos e convencionais. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**. v. 31, n. 1, p. 161-172, jan./jun. 2013.

DUTCOSKY, S. D. **Análise Sensorial de Alimentos**. PUCPress, 4^a ed., p 531, 2013.

FARAH, A., MONTEIRO, M. C., CALADO, V., FRANCA, A.S., TRUGO, L. C. Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee. **Food Chemistry**, v. 98, n. 2, p. 373-380, 2006.

FERNANDES, S.M.; PEREIRA, R.G.F.A.; PINTO, N.A.V.D.; NERY, F.C. Constituintes químicos e teor de extrato aquoso de cafés arábica (*Coffea arabica* L.) e conilon (*Coffea canephora* Pierre) torrados. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 5, p. 1076-1081, out. 2003.

GASSNER, G. **Mikroskopische Untersuchung Pflanzlicher Lebensmittel**. Stuttgart, Gustav Fisher Verlag. p. 414, 1989.

GIOMO, G. S. Uma boa pós colheita é segredo de qualidade. In: **A Lavoura**. p. 60, 2012. Disponível em: http://sna.agr.br/wp-content/uploads/alav688_cafe.pdf. Acesso 09 de setembro de 2018.

GONDIM, C. S., JUNQUEIRA, R. G., SOUZA, S. V. C., RUISÁNCHEZ, I. C, CALLAO, M. P. Detection of several common adulterants in raw milk by MID-infrared spectroscopy and one-class and multi-class multivariate strategies. **Food Chemistry**, v. 230, p. 68-75, sep. 2017.

ILLY, A.; VIANI, R. **Espresso coffee: the science of quality**. 2ª ed., London: Academic Press, p.398, 2005.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - **ISO 11294**: Roasted ground coffee- Determination of moisture content. p. 1-3, 1994.

LICCIARDI, R.; PEREIRA, R. G. F. A.; MENDONÇA, L. M. V. L.; FURTADO, E. F. avaliação físico-química de cafés torrados e moídos, de diferentes marcas comerciais, da região sul de minas gerais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 3, p. 425-429, set. 2005.

LINGLE, T. R. **A Systematic Guide to Coffee Preparation**. Califórnia. Specialty Association of America. p.27-29, 1996.

KREUML, M. T. L, MAJCHRZAK, D., PLOEDERL, B., KOENIG, J. Changes in sensory quality characteristics of coffee during storage. **Food Science & Nutrition**. v. 1, p. 267-272, mar. 2013.

MARÇO, P. H, VALDERRAMA, P.; ALEXANRINO, G. L., POPPI, R. J., TAULE, R. Resolução multivariada de curvas com mínimos quadrados alternantes: descrição, funcionamento e aplicações. **Química Nova**, v. 37, n. 9, p. 1525-1532, 2014.

MELO, W.L.B. **A importância da informação sobre o grau de torra do café e sua influência nas características organolépticas da bebida**. Comunicado técnico. São Carlos: EMBRAPA, 2004.

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

MOURA, S. C. S. R., GERMER, S. P. M.; ANJOS, V. D. A.; MORI, E. E. M.; MATTOSO, L. H. C.; FIRMINO, A. NASCIMENTO, C. J. F. Influência dos parâmetros de torração nas características físicas, químicas e sensoriais do café arábica puro. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 10, n. 1, p. 17-25, 2007a

MOURA, S. C. S. R.; GERMER, S. P. M.; ANJOS, V. D. A.; MORI, E. E. M.; MATTOSO, L. H. C.; FIRMINO, A. NASCIMENTO, C. J. F. Avaliações físicas, químicas e sensoriais de blends de café arábica com café *canephora* (robusta). **Brazilian Journal Food Technology**, v. 10, n. 4, p. 271-277, 2007b.

OLIVERI, P. Class-modelling in food analytical chemistry: Development, sampling, optimisation and validation issues - A tutorial. **Analytica Chimica Acta**, v. 982, p. 9-19, aug. 2017.

PIMENTA, C. J. **Qualidade de café. Lavras**: Editora UFLA, v. 1, p. 304, 2003.

POMERANTSEV A. L, RODIONOVA O.Y. Multiclass partial least squares discriminant analysis: Taking the right way- A critical tutorial. **Jornal of Chemometrics**. v. 32, n.8, apr. 2018.

REIS, P. R.; CUNHA, R. L.; CARVALHO, R. G. **Café arábica-do pós colheita ao consumo**. Lavras: EPAMIG, v. 2, p. 734, 2011.

RIBEIRO, J. S., AUGUSTO, F., FERREIRA, M. M. C., SALVA, T. J. G. Uso de perfis cromatográficos de voláteis de cafés arábicas torrados para a diferenciação das amostras segundo o sabor, o aroma e a qualidade global da bebida. **Química Nova**, v. 33, n. 9, p. 1897-1904, 2010.

RIBEIRO, J. S.; AUGUSTO, F.; SALVA, T. J. G.; FERREIRA, M. M. C. Prediction models for Arabica coffee beverage quality based on aroma analyses and chemometrics. **Talanta**, v. 101, p. 253-260, nov/2012.

RODIONOVA, O. Y., OLIVERI, P., POMERANTSEV, A. L. Rigorous and compliant approaches to one-class classification. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**. v. 159, p. 89-96, 2016.

SANTOS, M. S., PEREIRA-FILHO, E. R., FERREIRA, A. G., BOFFO, E. F., FIGUEIRA, G. M. Authenticity study of *Phyllanthus* species by NMR and FT-IR Techniques coupled with chemometric methods. **Química Nova**, v. 35, n. 11, p. 2210-2217, 2012.

SANTOS, R. A. S., PRADO M. A. PERTIERRA, R. E., PALACIOS, H. A. Análises de açúcares e ácidos clorogênicos de cafés colhidos em diferentes estádios de maturação e após o processamento. **Brazilian Journal Food Technology**, v. 21, 2018.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Resolução SAA nº30 de 22 de junho de 2007. Norma de padrões mínimos de qualidade para café torrado em grão e torrado e moído - característica especial: café superior. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**. Executivo Seção I, São Paulo, 117 (117), 23 jun. 2007.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Resolução SAA nº31 de 22 de junho de 2007. Norma de padrões mínimos de qualidade para café torrado em grão e torrado e moído - característica especial: café gourmet. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**. Executivo Seção I, São Paulo, 117 (117), 23 jun. 2007.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Resolução SAA nº19 de 05 de abril de 2010. Norma de padrões mínimos de qualidade para café torrado em grão e torrado e moído – característica: café tradicional. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**. Executivo Seção I, São Paulo, 120 (66), 09 de abril de 2010.

SUNARHARUM, W. B.; WILLIAMS, D. J.; SMYTH, H. E. Complexity of coffee Flavor: A compositional and sensory perspective. **Food Research International**, v. 62, n 1, p. 315-325, aug. 2014.

TAVARES, K. M.; PEREIRA, R. G. F. A.; NUNES, C. A., PINHEIRO A. C. M. Espectroscopia no infravermelho médio e análise sensorial aplicada à detecção de adulteração de café torrado por adição de cascas de café. **Química Nova**, v. 35, n. 6, p. 1164-1168, 2012.

TEIXEIRA, O. R., PASSOS, F. R., MENDES, F. Q. Qualidade físico-química e microscópica de 14 marcas comerciais de café torrado e moído. **Coffee Science**, v. 11, n. 3, p. 396-403, jul./set. 2016.

The MathWorks, Inc.; MATLAB 2017b; The MathWorks, Inc., Natick, MA, USA, 2017.

WINTGENS, J. N. **Coffee: growing, processing, sustainable production**. A guidebook for growers, processors, traders, and researchers. 2ª ed., p. 983, 2009.

XLSTAT version 2018 Addinsoft, New York.

ZHANG, L., LI, P., SUN, X., MAO, J., MA, F., DING, X., ZHANG, Q. One-class classification based authentication of peanut oils by fatty acid profiles. **Royal Society of Chemistry Advances**, v. 5, n.103, p. 1-14, oct. 2015.

ZENEBON, O., PASCUET, N. S., TIGLEA P. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4ª ed., Brasília: Ministério da Saúde/ANVISA; São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, p. 1020, 2005.

CONCLUSÃO GERAL

Este estudo mostrou que a análise multivariada é uma ferramenta importante para a avaliação global da qualidade de cafés, uma vez que os resultados obtidos demonstraram que as propriedades físicas, físico-químicas e sensoriais dos cafés não podem ser correlacionadas isoladamente para esta avaliação.

A análise de componentes principais aplicada aos dados físicos e físico-químicos evidenciou uma separação entre os cafés de melhor qualidade (Superior e Gourmet) e qualidade inferior (Tradicional e Não Recomendável para Fornecimento). A torra clara e moagem mais grossa (peneira 30) foram correlacionados com os cafés de melhor qualidade, enquanto maiores teores de extrato aquoso, cinzas e pH foram correlacionados com os cafés de pior qualidade.

Na análise de componentes principais foi possível verificar uma classificação em duas categorias de qualidade: “*Gourmet* e Superior” e “Tradicional e não recomendado”. Deste modo, não sendo possível a construção de um modelo de regressão para predição da qualidade da bebida, outra abordagem de modelagem de dados foi explorada na análise dos resultados.

O modelo de classificação de uma classe, aplicado a partir dos parâmetros físico-químicos da classe alvo (14 amostras de café *Gourmet*) apresentou boa sensibilidade e conseguiu classificar satisfatoriamente 81 das 94 alternativas. 13 amostras foram classificadas erroneamente pelo modelo como pertencentes à classe alvo, devido ao fato de apresentarem parâmetros muito semelhantes aos da classe alvo.

Embora alguns cafés tenham apresentado parâmetros físico-químicos semelhantes aos dos cafés de melhor qualidade, sensorialmente estas amostras não se enquadraram no intervalo necessário para classificá-los como de melhor qualidade, sendo identificados apenas pela equipe treinada em análise sensorial.

Deste modo, pode-se concluir que a análise sensorial complementa a avaliação física e físico-química que permite discriminar e classificar os cafés torrados e moídos em cafés de qualidade *Gourmet*, Superior e Tradicional.

ANEXOS

ANEXO 1. APROVAÇÃO DO PROTOCOLO DE PESQUISA PELO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA COM SERES HUMANOS

FACULDADE INTEGRADA
METROPOLITANA DE
CAMPINAS - METROCAMP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Previsão da qualidade global da bebida do café: uma avaliação físico-química e sensorial a partir de métodos quimiométricos

Pesquisador: Aline de Oliveira Garcia

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 00424818.4.0000.5632

Instituição Proponente: SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO

Patrocinador Principal: SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.988.633

Apresentação do Projeto:

Trata-se de um estudo sobre a qualidade dos cafés comercializados no Estado de São Paulo. 120 amostras de café torrado e moído comercializados em diferentes categorias serão avaliados nos laboratórios do Instituto de Tecnologia de Alimentos - ITAL. Primeiramente, será realizada análise do perfil descritivo da bebida do café, realizada por equipe selecionada e treinada, composta por no mínimo cinco julgadores, fazendo uso de escala não estruturada de 0 a 10 cm para avaliação da fragrância do pó, aroma, defeitos, acidez, amargor, sabor, sabor residual, adstringência e corpo da bebida (Howell, 1998), e avaliação da qualidade global do café (Lingle, 1986). Para conclusão quanto à qualidade do produto (Tradicional, Superior e Gourmet) será utilizado o sistema de classificação definido nas Normas de Padrões Mínimos de Qualidade para Café Torrado em Grão e Torrado e Moído segundo Resoluções SAA 30 e 31 (2007) e SAA 19 (2010). Posteriormente, as amostras serão submetidas as análises de ponto de torra, granulometria, identificação histológica, umidade, cinzas, extrato aquoso e ph. Os resultados obtidos serão avaliados por meio de análise multivariada visando uma maior compreensão sobre as características e a qualidade do café comercializada. As informações obtidas serão divulgadas para a indústria cafeeira.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo primário: classificar e atribuir corretamente a qualidade global da bebida de cafés de

Endereço: DOUTOR SALES DE OLIVEIRA 1/1751

Bairro: VILA INDUSTRIAL

CEP: 13.035-270

UF: SP

Município: CAMPINAS

Telefone: (19)4501-2722

E-mail: lazaro.nunes@unimetrocamp.edu.br

ANEXO 1. CONTINUAÇÃO

FACULDADE INTEGRADA
METROPOLITANA DE
CAMPINAS - METROCAMP



Continuação do Parecer: 2.988.633

diferentes categorias, por meio de ferramentas quimiométricas, a partir de dados da avaliação física, físico-química e sensorial.

Objetivo secundário: explorar as relações entre os parâmetros físico-químicos e sensoriais, a fim de obter uma compreensão global da qualidade dos cafés comerciais.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os riscos apresentados são pertinentes, e haverá o cuidado quanto a seleção dos degustadores, que não devem ter restrição nem aversão ao café.

Benefícios: pertinentes, visto que permitirá que os dados serão disponibilizados para a indústria cafeeira, que poderá melhorar a qualidade do produto.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa mostra-se adequada quanto aos objetivos e metodologia.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Estão todos adequados.

Recomendações:

Apenas o cronograma deve ser alterado quanto a coleta de dados, pois consta início em 10/9.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Pendência apenas do cronograma.

Considerações Finais a critério do CEP:

Refazer o cronograma do projeto e na plataforma Brasil e submeter novamente no prazo máximo de 30 dias.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1023980.pdf	28/09/2018 17:13:04		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_ADQ_Cafe_revisado.doc	28/09/2018 17:11:16	Aline de Oliveira Garcia	Aceito
Outros	Autorizacao_coleta.PDF	31/08/2018 11:34:00	Aline de Oliveira Garcia	Aceito
Declaração de Instituição e	Declaracao_Infraestrutura.pdf	31/08/2018 11:33:20	Aline de Oliveira Garcia	Aceito

Endereço: DOUTOR SALES DE OLIVEIRA 1/1751

Bairro: VILA INDUSTRIAL

CEP: 13.035-270

UF: SP

Município: CAMPINAS

Telefone: (19)4501-2722

E-mail: lazaro.nunes@unimetrocamp.edu.br

ANEXO 1. CONTINUAÇÃO

FACULDADE INTEGRADA
METROPOLITANA DE
CAMPINAS - METROCAMP



Continuação do Parecer: 2.988.633

Infraestrutura	Declaracao_Infraestrutura.pdf	31/08/2018 11:33:20	Aline de Oliveira Garcia	Aceito
Declaração de Pesquisadores	declaracao_responsabilidade.pdf	31/08/2018 11:33:02	Aline de Oliveira Garcia	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Previsao_qualidade_cafe.doc	20/07/2018 12:14:19	Aline de Oliveira Garcia	Aceito
Folha de Rosto	Autorizacao_pesquisa_serres_humanos.PDF	20/07/2018 12:13:15	Aline de Oliveira Garcia	Aceito

Situação do Parecer:
Pendente

Necessita Apreciação da CONEP:
Não

CAMPINAS, 29 de Outubro de 2018

Assinado por:
LAZARO ALESSANDRO SOARES NUNES
(Coordenador(a))

Endereço: DOUTOR SALES DE OLIVEIRA 1/1751

Bairro: VILA INDUSTRIAL

CEP: 13.035-270

UF: SP Município: CAMPINAS

Telefone: (19)4501-2722

E-mail: lazaro.nunes@unimetrocamp.edu.br

ANEXO 2. TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO – ANÁLISE DO PERFIL DESCRITIVO DOS CAFÉS

Previsão da qualidade global da bebida do café: Uma avaliação físico-química e sensorial a partir de métodos quimiométricos

Você está sendo convidado a participar como voluntário de um estudo. Este documento, chamado Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, visa assegurar seus direitos como participante e é elaborado em duas vias, uma que deverá ficar com você e outra com o pesquisador.

Por favor, leia com atenção e calma, aproveitando para esclarecer suas dúvidas. Se houver perguntas antes ou mesmo depois de assiná-lo, você poderá esclarecê-las com o pesquisador. Se preferir, pode levar para casa e consultar seus familiares ou outras pessoas antes de decidir participar. Se você não quiser participar ou retirar sua autorização, a qualquer momento, não haverá nenhum tipo de penalização ou prejuízo.

Justificativa e objetivos:

A qualidade do café pode ser determinada por diferentes fatores como: características do solo, cultivar, genética, localização geográfica, clima, altitude, práticas de manejo, época e forma de colheita, secagem, armazenamento e beneficiamento, bem como, pelo sabor e aroma formados durante o processo de torra, que dependem da temperatura utilizada e da composição química do grão. Neste estudo, serão avaliadas as características físicas, físico-químicas e sensoriais de cafés comercializados em diferentes categorias (Tradicional, Superior e Gourmet). Os dados obtidos serão submetidos a análise multivariada. Assim, ao final do projeto, espera-se obter uma melhor compreensão sobre quais parâmetros do café desempenham um papel no sabor/qualidade da bebida do café.

Procedimentos

Você está sendo convidado a participar da equipe de provadores treinados para a classificação das amostras de café. Os testes serão realizados em 50 sessões, 4 sessões por semana, com duração média de 15 min cada, realizadas em sua totalidade no Centro de Ciência e Qualidade de Alimentos (CCQA) do Instituto de Tecnologia de Alimentos de Campinas (ITAL). Você receberá uma via deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e terá toda a liberdade para questionamento de qualquer dúvida e esclarecimento sobre a pesquisa a ser realizada durante o projeto, bem como poderá deixar de participar a qualquer momento, sem prejuízos.

Desconfortos e riscos:

- Você **não** deve participar deste estudo se tiver algum tipo de restrição ou aversão ao consumo café.
- Não há desconfortos e riscos previsíveis para os participantes da pesquisa, a não ser pelo tempo necessário para a realização dos testes, estimado em 10 (dez) minutos. Neste teste será solicitado que prove um pouco de cada amostra, não é necessário consumir até o fim.

Benefícios e ressarcimentos:

- As suas respostas, juntamente com as dos demais participantes, ajudarão aos pesquisadores a identificar e classificar amostras de cafés comerciais em diferentes categorias, por meio da Análise do perfil descritivo da bebida do café.
- Você não receberá ressarcimento para participação nesta pesquisa. A participação ocorrerá durante a rotina normal de trabalho do participante, não havendo necessidade de

deslocamento ou despesas decorrentes dessa participação. Esclarecemos que sua participação é voluntária.

- No caso de alguma ocorrência decorrente da pesquisa, você receberá assistência adequada integral e imediata, de forma gratuita através da rede pública de saúde (como exemplo no HC/UNICAMP), pelo tempo que for necessário. Neste contexto, você ainda terá a garantia ao direito à indenização diante de eventuais danos decorrentes da pesquisa.

Sigilo e privacidade:

- Você tem a garantia de que sua identidade será mantida em sigilo e nenhuma informação prestada será dada a outras pessoas que não façam parte da equipe de pesquisadores. Após a coleta de dados, os resultados serão codificados e na divulgação dos resultados desse estudo, seu nome não será citado.
- Em caso de dúvidas sobre o estudo, você poderá entrar em contato com a pesquisadora responsável: **Laricia Oliveira Cardoso Domingues**, Centro de Ciência e Qualidade de Alimentos do ITAL; Av. Brasil, 2880, Campinas – SP; CEP 13070-178; tel (19) 3743-1801; e-mail: larioliveira@ital.sp.gov.br.

O Comitê de Ética em Pesquisa (CEP).

- O papel do CEP é avaliar e acompanhar os aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos. A Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP) tem por objetivo desenvolver a regulamentação sobre proteção dos seres humanos envolvidos nas pesquisas. Desempenha um papel coordenador da rede de Comitês de Ética em Pesquisa (CEPs) das instituições, além de assumir a função de órgão consultor na área de ética em pesquisas.

Responsabilidade do Pesquisador:

- Asseguro ter cumprido as exigências da resolução 466/2012 CNS/MS e complementares na elaboração do protocolo e na obtenção deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Asseguro, também, ter explicado e fornecido uma via deste documento ao participante. Informo que o estudo foi aprovado pelo CEP do **Centro Universitário UniMetrocamp | Wyden**, localizado no endereço Rua Dr. Sales de Oliveira, 1661 - Vila Industrial Campinas – SP, CEP: 13035-500, tel: (19) 4020-4900, perante o qual o projeto foi apresentado e pela CONEP. Comprometo-me a utilizar o material e os dados obtidos nesta pesquisa exclusivamente para as finalidades previstas neste documento ou conforme o consentimento dado pelo participante.

_____ Data: ____/____/____

(Assinatura do pesquisador)

Consentimento livre e esclarecido:

- Após ter recebido esclarecimentos sobre a natureza da pesquisa, seus objetivos, procedimentos, benefícios previstos, potenciais riscos e o incômodo que esta possa acarretar, aceito participar e declaro estar recebendo uma via original deste documento assinada pelo pesquisador e por mim, tendo todas as folhas por nós rubricadas:

_____ Data: ____/____/____

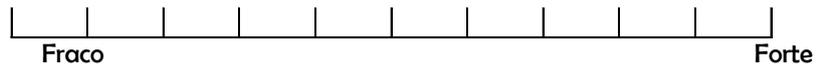
(Assinatura do participante)

ANEXO 3. MODELO DE QUESTIONÁRIO UTILIZADO NA AVALIAÇÃO SENSORIAL DE CAFÉS TORRADO E MOIDO

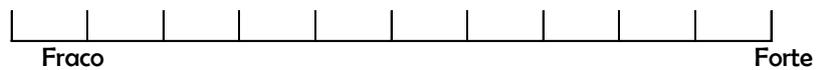
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE SENSORIAL DA BEBIDA DO CAFÉ

NOME DO PROVADOR: _____ DATA: _____

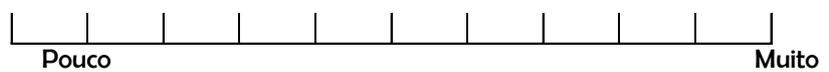
1. Fragrância (Pó)



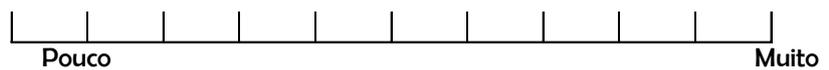
2. Aroma (Bebida)



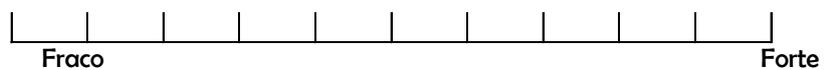
3. Defeito (Bebida)



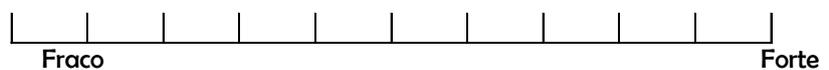
4. Acidez (Bebida)



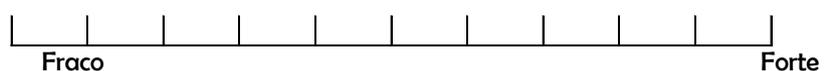
5. Amargor (Bebida)



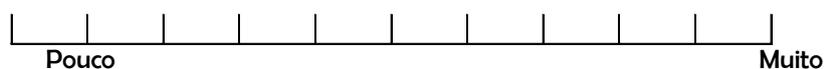
6. Sabor (Bebida)



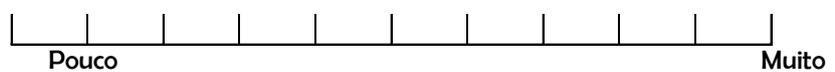
7. Sabor Residual (Bebida)



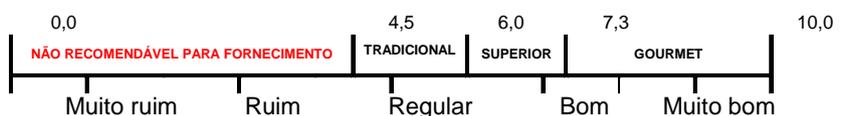
8. Corpo (Bebida)



9. Adstringência (Bebida)



10. Qualidade Global



ANEXO 4. TERMINOLOGIA DESCRITIVA DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE SENSORIAL DOS CAFÉS

Atributos	Definição
Fragrância	Percepção olfativa causada pelos gases liberados do café torrado e moído, conforme os compostos aromáticos são inalados pelo nariz. Fraco: quando a percepção dos gases liberados lembra a café velho, perda de frescor. Forte: quando a percepção dos gases liberados lembra a café fresco altamente desejável, intenso.
Aroma característico da bebida	Percepção olfativa causada pelos voláteis liberados da bebida do café ainda quente, conforme são inalados pelo nariz e por via retronasal durante sua degustação. Fraco: quando a percepção dos voláteis lembra pouco a odor característico de café e indesejável devido a presença de odores estranhos (remédio, queimado, cinzas, resina). Forte: quando a percepção dos voláteis lembra a odor característico de bebida de café (nozes, cereal, malte, pão torrado, caramelo, chocolate) recém-preparado e desejável.
Defeito	Defeitos percebidos na degustação da bebida do café produzida por impurezas e grãos defeituosos do café. Nenhum: bebida suave, fina, delicada, característico de café, livre de defeitos e impurezas. Intenso: odor e sabor intenso de terra, mofo, rançoso, borracha, tabaco, queimado, madeira, azedo, fermentado, conferidos pelos grãos defeituosos como ardido, preto e verde e impurezas como terra, areia, paus e cascas.
Acidez	Percepção causada por substâncias como ácido clorogênico, cítrico, málico e tartárico que produzem gosto ácido. Percebido nos lados posteriores da língua. Fraco: pouco ácido. Forte: muito ácido.
Amargor	Percepção de gosto causada por substâncias como cafeína, trigonelina, ácidos cafeico e quínico e outros compostos fenólicos que produzem o gosto amargo. É percebido no fundo da língua. Este gosto é considerado desejável até certo ponto. É afetado pelo grau de torração e pelo método de preparo da bebida. Quanto mais escuro o ponto de torra, mais amargo é o café. Fraco: pouco amargo. Forte: muito amargo.
Sabor Característico da bebida	Sensação causada pelos compostos químicos da bebida do café quando introduzida na boca. Fraco: quando a percepção é de bebida com perda de sabor de café, e com presença de sabor estranho do tipo, terra, fermentado, medicinal, oxidado, borracha queimada, herbáceo, etc. Forte: quando a percepção é de bebida com sabor característico de café e livre de sabores estranhos, lembrando a caramelo, chocolate, nozes, pão torrado.
Sabor Residual	Persistência da sensação de sabor após a ingestão da bebida de café. Fraco: quando a sensação residual é de queimado, indesejável necessitando chupar uma bala para tirar o gosto residual. Forte: quando a sensação residual é agradável, doce e ácida, limpa.
Corpo	É a percepção tátil de oleosidade, viscosidade na boca. Fraco: Significa que a bebida é rala, aguada, faltando consistência. Forte: Significa que a bebida é concentrada, viscosa.
Adstringência	É a sensação de secura na boca deixada após a sua ingestão. Fraco: Bebida suave, desce redondo. Forte: Bebida muito áspera, adstringente, desce quadrado.
Qualidade Global	Percepção conjunta dos aromas da bebida e de seu grau de intensidade, sendo que quanto mais aromático, melhor a qualidade do café; dos sabores característicos do café; de um amargor típico, mas não o resultante da excessiva torra do grão (ou carbonização); da presença não preponderante do gosto dos grãos defeituosos (verdes escuros, pretos, ardidos) ou de sua inexistência, para o caso dos cafés gourmet; da inexistência do gosto característico de grãos fermentados, podres ou preto-verdes; do equilíbrio e da harmonia da bebida, tudo se traduzindo numa sensação agradável durante e após a degustação.