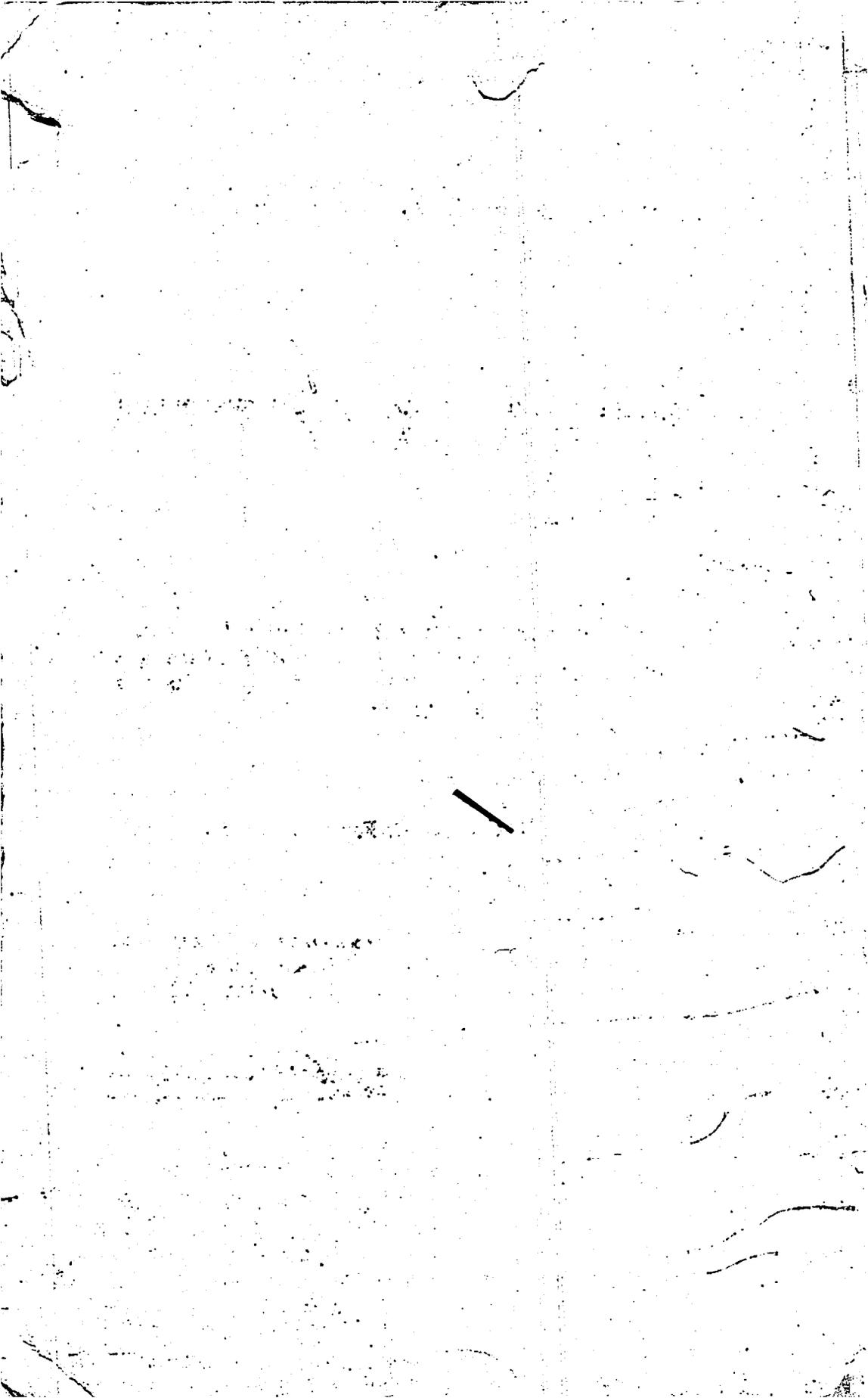




**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS, FÍSICO-
QUÍMICAS E SENSORIAIS DE CULTIVARES
DE *Coffea arabica* L.**

LUCIANA MARIA VIEIRA LOPES MENDONÇA

2004



57613

049337

LUCIANA MARIA VIEIRA LOPES MENDONÇA

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS, FÍSICO-QUÍMICAS E SENSORIAIS
DE CULTIVARES DE *Coffea arabica* L.**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação "Stricto Sensu" em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de "Doutor".

Orientadora

Profa. Dra. Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2004**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Mendonça, Luciana Maria Vieira Lopes

Características químicas, físico-químicas e sensoriais de cultivares de
Coffea arabica L. / Luciana Maria Vieira Lopes Mendonça. – Lavras :
UFLA, 2004.

153 p. : il.

Orientador: Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira.

Tese (Doutorado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Cultivar. 2. Composição química. 3. Análise sensorial. 4. Análise
multivariada. 5. Café torrado. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-663.93

LUCIANA MARIA VIEIRA LOPES MENDONÇA

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS, FÍSICO-QUÍMICAS E SENSORIAIS
DE CULTIVARES DE *Coffea arabica* L.**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação "Stricto Sensu" em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de "Doutor".

APROVADA em 05 de março de 2004

Prof. Dr. Antônio Nazareno Guimarães Mendes UFLA

Prof. Dr. Flávio Meira Borém UFLA

Prof. Dr. Mário César Guerreiro UFLA

Prof a. Dra. Sara Maria Chalfoun de Souza EPAMIG


Prof.ª. Dra. Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira

UFLA
(Orientadora)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

Ao meu Pai Celestial, Luz em minha vida;

À minha filha Raquel Luisa, meu incentivo;

Ao meu marido José Marcos, meu amor, meu amigo;

OFEREÇO



Ao meu Pai, Silvestre Tadeu Lopes, meu exemplo de vida, honra, luta, justiça, determinação e inteligência, a quem Deus decidiu tirar repentinamente de nossas vidas, dedico cada palavra deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ser minha fonte de vida, luz e inspiração.

À Universidade Federal de Lavras, por ser minha casa e me dar oportunidade de crescer profissionalmente. Em especial, ao Departamento de Ciência dos Alimentos, que me ofereceu a oportunidade de realização deste curso.

À Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro por meio da bolsa de estudos.

À Dra. Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira pela orientação e oportunidade de realização deste trabalho.

Ao Dr. Antônio Nazareno Guimarães Mendes, pela orientação, atenção, disposição incondicional e apoio.

À Dra. Vânia Déa de Carvalho, meu exemplo de profissionalismo, agradeço a primeira oportunidade concedida em 1995, que me fez crescer e entender o real significado do que é ajudar o próximo.

Ao Dr. Flávio Meira Borém que, com sua simplicidade e muita atenção soube me compreender no momento em que eu mais precisei, agradeço profundamente.

Ao professor Daniel Ferreira Furtado que com sua admirável inteligência, contribuiu com a aplicação das técnicas de estatística multivariada neste trabalho.

Ao Dr. Rubens José Guimarães, pela amizade e por toda disponibilidade, sinceridade e apoio que sempre me ofereceu.

Ao Dr. Mário César Guerreiro e Dra. Sara Maria Chalfoun, pela participação na banca de defesa desta tese.

Ao Sr. Antônio Wander Rafael Garcia e demais funcionários da Fazenda Experimental de Varginha do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, pela cessão do material avaliado.

À professora e grande amiga Dra. Joelma Pereira pela sua eterna amizade, carinho e força, oferecidos sempre em momento oportuno.

À professora Dra. Maria de Fátima Piccolo Barcelos, por quem tenho grande admiração, por toda atenção e ensinamento em suas disciplinas.

À amizade dos professores Paulo Roberto Clemente, Luiz Ronaldo de Abreu e Maria Cristina Bressan, importante para fortalecer a minha caminhada.

Às “meninas” Sandra e Tina que, para nós estudantes do DCA, são, nossas orientadoras nas atividades laboratoriais e que, com boa vontade e paciência, sempre me socorreram em momentos de muita indecisão. Que Deus lhes pague.

À Dra. Fabiana Ferrua, pela minuciosa correção da tese, em relação às normas para editoração deste trabalho.

Aos meus anjos da guarda: Eduardo, Elizabeth, Lívia, Fernanda, Valério, Florêncio e Valdemir, pela ajuda inestimável nas análises laboratoriais.

Ao Samuel, funcionário do Laboratório de Qualidade do Café “Dr. Alcides Carvalho”, pelo apoio na execução de parte das análises químicas.

Aos funcionários do CEPECAFÉ, pela ajuda no processamento dos cafés, especialmente ao Zeca, Sr. Avelino e Zé Maurício.

À Gicelda e Helena, ex-secretárias da Pós-Graduação, por me ajudarem com toda a burocracia do curso.

À minha doce mãe, Angela, pela sua paciência, calma e apoio.

Ao meu marido, José Marcos, pela compreensão, incentivo, amor incondicional e ajuda na implantação do experimento.

À minha doce Raquel Luisa, alegria da minha vida, razão pela qual todos os esforços começaram.

Aos meus irmãos, Cláudia, Thaden e Elisângela, por toda força, torcida e por esse imenso amor que nos une.

Aos meus sobrinhos, Laura e João Vitor, preciosidades da minha vida.
Aos meus cunhados, Zuca, Maurício e Mirhaine, pela alegria da convivência, pela nossa amizade e apoio.

As minhas cunhadas Beatriz, Ana Lúcia e Cristina pela alegria da convivência e amparo.

À minha sogra, Rosa Angélica de Mendonça, pela alegria e apoio.
À minha amiga de fé, Tia Terezinha, pelo carinho e incentivo.

Ao meu grande amigo e incentivador, Tio João Lafatete, com quem aprendi a importância da organização, no meu primeiro estágio acadêmico, na FAPE.

Aos colegas da Associação Educacional Inovar, pela importante convivência e pelo apoio sempre oportuno, em especial ao Marcos e José Geraldo.

Aos amigos Túlio, Elisângela, Leandro, Silvío Júlio, Simone, Rita, João Batista, Reginaldo, Carlos Renato, Alzira, Vaninha, Cássio e Flávia Renata, pela convivência prazerosa que tivemos.

Ao amigo Virgílio, sempre vigilante numa oportunidade para me ajudar, agradeço carinhosamente.

Aos meus novos amigos e companheiros de trabalho, Beatriz, Tatiana e Evane, pela torcida, alegria e companheirismo na fase final do trabalho.

À direção da Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho, os professores Rômulo, Luiz Carlos e Romário por todo o apoio oferecido para cumprir as etapas finais do curso.

A todas aquelas pessoas que contribuíram para que este trabalho pudesse ser realizado, e que nestas horas acabam esquecidas, agradeço de coração e rogo a Deus muita luz e proteção.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE SÍMBOLOS	i
RESUMO	ii
ABSTRACT	iii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 Aspectos gerais do agronegócio café.....	3
2.2 Consumo de café.....	5
2.3 Qualidade do café.....	8
2.4 Cafés especiais.....	10
2.5 Espécies de cafeeiro.....	12
2.6 Melhoramento genético.....	14
2.7 Cultivares de café.....	15
2.8 Composição química.....	18
2.9 Análise multivariada.....	27
2.10 Técnicas multivariadas em estudos de qualidade do café.....	28
3 MATERIAL E MÉTODOS	32
3.1 Caracterização do experimento.....	32
3.2 Preparo das amostras.....	33
3.3 Análises físico-químicas e químicas.....	34
3.3.1 Umidade.....	34
3.3.2 Condutividade elétrica.....	35
3.3.3 Lixiviação de íons potássio.....	35
3.3.4 Resíduo mineral fixo	35
3.3.5 Sólidos solúveis.....	35

3.3.6 Determinação da cor do café torrado.....	35
3.3.7 Extrato aquoso.....	36
3.3.8 Açúcares totais, redutores e não redutores.....	36
3.3.9 Proteína bruta.....	36
3.3.10 Extrato etéreo.....	36
3.3.11 Polifenóis.....	37
3.3.12 Acidez total e pH.....	37
3.3.13 Cafeína.....	37
3.4 Classificação física.....	37
3.4.1 Classificação por peneira.....	37
3.4.2 Classificação por tipo.....	38
3.5 Análise sensorial.....	38
3.6 Delineamento experimental e análise estatística.....	39
3.6.1 Análise multivariada.....	39
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
4.1 Avaliações químicas e físico-químicas.....	40
4.1.1 Análise univariada dos dados.....	40
4.1.1.1 Avaliações dos grãos crus.....	40
4.1.1.1.1 Condutividade elétrica.....	40
4.1.1.1.2 Lixiviação de íons potássio.....	42
4.1.1.1.3 Resíduo mineral fixo.....	44
4.1.1.1.4 Sólidos solúveis.....	46
4.1.1.2 Avaliações dos grãos torrados.....	48
4.1.1.2.1 Colorimetria.....	48
4.1.1.2.2 Umidade, perda de peso e reduções da umidade e da matéria seca com a torração.....	50
4.1.1.2.3 Extrato aquoso.....	52
4.1.1.3 Avaliações realizadas nos grãos crus e torrados.....	54

4.1.1.3.1 Açúcares totais.....	54
4.1.1.3.2 Açúcares não redutores.....	57
4.1.1.3.3 Açúcares redutores.....	59
4.1.1.3.4 Proteína bruta.....	60
4.1.1.3.5 Extrato etéreo.....	63
4.1.1.3.6 Polifenóis.....	66
4.1.1.3.7 Acidez total.....	68
4.1.1.3.8 pH.....	71
4.1.1.3.9 Cafeína.....	73
4.1.2 Análise multivariada.....	75
4.1.2.1 Grãos crus.....	75
4.1.2.1.1 Variáveis canônicas.....	76
4.1.2.1.2 Agrupamento pela distância de Mahalanobis.....	81
4.1.2.1.3 Matriz de correlação das variáveis.....	85
4.1.2.1.4 Número de observações e classificações dentro das amostras.....	87
4.1.2.2 Grãos torrados.....	89
4.1.2.2.1 Variáveis canônicas.....	89
4.1.2.2.2 Agrupamento pela distância de Mahalanobis.....	95
4.1.2.2.3 Matriz de correlação das variáveis.....	98
4.1.2.2.4 Número de observações e classificações dentro das amostras.....	100
4.2 Classificação por peneiras.....	102
4.2.1 Análise univariada.....	102
4.2.2. Análise multivariada.....	108
4.2.2.1 Variáveis canônicas.....	109
4.2.2.2 Agrupamento pela distância de Mahalanobis.....	112
4.3 Classificação por tipo.....	116
4.3.1 Análise univariada.....	116
4.3.2 Análise multivariada.....	119

4.3.2.1 Variáveis canônicas.....	119
4.3.2.2 Agrupamento pela distância de Mahalanobis.....	124
4.4 Análise sensorial.....	127
5 CONCLUSÕES.....	144
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	145

LISTA DE SÍMBOLOS

AA	Acauã
AC	Acaiá
BA	Bourbon Amarelo
CA	Catuai Amarelo
CCA	Catucái Amarelo
CCV	Catucái Vermelho
CN	Canário
CV	Catuai Vermelho
IA	Icatu Amarelo
IV	Icatu Vermelho
MN	Mundo Novo
PL	Palma I
RB	Rubi
SB	Sabiá
SR	Siriema
TZ	Topázio
ACNR	Açúcares não redutores
ACR	Açúcares redutores
ACT	Açúcares totais
AT	Acidez total
CAF	Cafeína
COND	Condutividade elétrica
EA	Extrato aquoso
EE	Extrato etéreo
LX K+	Lixiviação de íons potássio
PFN	Polifenóis
PRO	Proteína
RMF	Resíduo mineral fixo
SST	Sólidos solúveis

RESUMO

MENDONÇA, Luciana Maria Vieira Lopes. Características químicas, físico-químicas e sensoriais de cultivares de *Coffea arabica* L. 2004. 153p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.*

Este trabalho teve objetivou caracterizar a composição química e físico-química, avaliar sensorialmente e proceder à classificação por tipo e peneira dos grãos de 16 cultivares de café *Coffea arabica* L., com o intuito de avaliar novos materiais desenvolvidos com resistência a ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berg. et Br.) em comparação aos tradicionais. Desta forma, frutos provenientes do ensaio de melhoramento genético do MAPA/PROCAFÉ, localizado na Fazenda Experimental de Varginha em MG foram colhidos e transportados imediatamente para o Pólo de Tecnologia em Pós-Colheita do Café da UFLA, onde foram lavados, descascados e secados em terreiro de concreto. Após o beneficiamento, os grãos foram acondicionados em latas de alumínio e armazenados à 15°C. Os frutos avaliados correspondiam às cultivares ‘Acaia’, ‘Acauã’, ‘Bourbon Amarelo’, ‘Canário’, ‘Catuai Amarelo’, ‘Catuai Vermelho’, ‘Catucaí Amarelo’, ‘Catucaí Vermelho’, ‘Icatu Amarelo’, ‘Icatu Vermelho’ ‘Mundo Novo’, ‘Palma’, ‘Rubi’, ‘Sabiá 398’, ‘Siriema’ e ‘Topázio’, da safra 2002. Os grãos crus foram moídos em moinho de bola com nitrogênio líquido e grãos torrados foram obtidos por torração clara, monitorada por métodos colorimétricos. Procedeu-se a avaliação estatística univariada e multivariada dos dados, com o objetivo de estabelecer comparações entre as cultivares e realizar o agrupamento das mesmas. Diferenças foram observadas entre as cultivares para a composição química As técnicas multivariadas empregadas permitiram separar as cultivares em função da composição química do grão cru, sendo o teor de açúcares redutores, proteína, cinzas, extrato etéreo e polifenóis os constituintes que mais contribuíram para esta separação. No café torrado foram o pH, os teores dos açúcares totais e não redutores, a proteína, o extrato aquoso, o extrato etéreo, a luminosidade (L) e a coordenada cromática “a” considerados os melhores descritores. Sensorialmente observou-se que, as cultivares apresentam características peculiares e que aquelas resistentes à ferrugem apresentam qualidades diferenciadas, no entanto sem causar prejuízo à bebida.

* Comitê Orientador: Dra. Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira (Orientadora), Dr. Antônio Nazareno Guimarães Mendes – UFLA, Dr. Flávio Meira Borém – UFLA.

ABSTRACT

MENDONÇA, Luciana Maria Vieira Lopes. **Chemical, physical-chemical and sensory characteristics of *Coffea arabica* L. cultivars.** 2004. 153p. Thesis (Doctorate in Food Science) – Universidade Federal de Lavras.*

This work had as an objective to characterize the chemical and physical-chemical composition, to evaluate sensory characteristics and to classify 16 coffee cultivars by type and sieve, aiming to analyze new material resistant to rust (*Hemilea vastatrix* Berg. et Br.) compared to the traditional ones. Thus, fruits originated from breeding experiments from MAPA/PROCAFÉ, localized in the experimental farm of Varginha-MG, were harvested and taken to the Post-harvest Technology Center of UFLA, where the fruits were washed, peeled and dried in a concrete ground. After cleaning, the grains were packed in aluminum cans and stored at 15°C. The evaluated fruits were from the following cultivars: 'Acaia', 'Acauã', 'Bourbon Amarelo', 'Canário', 'Catuaí Amarelo', 'Catuaí Vermelho', 'Catucaí Amarelo', 'Catucaí Vermelho', 'Icatu Amarelo', 'Icatu Vermelho', 'Mundo Novo', 'Palma', 'Rubi', 'Sabiá 398', 'Siriema' e 'Topázio', from 2002 harvest. The raw beans were ground in a ball grinder with liquid N₂ and roasted beans were obtained by light roasting, monitored by colorimetric methods. The data were analyzed by univariate and multivariate statistics, aiming to establish comparisons between the cultivars and to group them. Differences occurred concerning the chemical composition. The multivariate techniques employed permitted to separate the cultivars according to the chemical composition of the raw bean, being the level of reducing sugars, proteins, ashes, ether extract and polyphenols the items that contributed the most for the separation. In roasted coffee the pH, the total non-reducing sugars, protein, water extract and ether extract, lightness (L) and the chromatic coordinate 'a' were considered the best descriptors. Sensory analyses showed that the cultivars presented particular characteristics and those ones resistant to rust have different quality, without interfering in the drink quality though.

* Guidance committee: Dra. Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira (Adviser), Dr. Antônio Nazareno Guimarães Mendes – UFLA, Dr. Flávio Meira Borém – UFLA.

1 INTRODUÇÃO

A importância relevante da cafeicultura encontra-se apoiada no volume de renda proporcionado ao setor e na oportunidade de geração de empregos, que favorece a redução da pobreza e conseqüentemente da fome, que assola grande parte do país.

A atividade cafeeira tem ganhado uma personalização nos últimos anos, para atender a demanda do mercado. Se por um lado grandes níveis de tecnologia têm sido exigidos pelo setor cafeeiro, para o aumento da produtividade, redução de custos e restrição ao uso de agroquímicos, por outro lado, nunca valorizou-se tanto a qualidade do café com a crescente expansão do consumo de cafés especiais.

O desenvolvimento de táticas fitossanitárias ecologicamente viáveis vêm alcançando resultados satisfatórios a partir da obtenção de materiais genéticos altamente resistentes à ferrugem, (*Hemileia vastatrix* Berg. et Ber), principal doença do cafeeiro.

Os programas de melhoramento genético do cafeeiro preocupam-se em apurar cultivares com características vegetativas associadas a um elevado potencial produtivo, possibilitando ainda a produção de cafés com menor custo e reduzida aplicação de agrotóxicos no controle de pragas e doenças. Por outro lado, é preciso unir a estas características ideais, a potencialidade de produção de cafés de qualidade, tanto do ponto de vista fitossanitário, quanto da bebida.

A composição química dos grãos de café influi sobremaneira na qualidade final do produto, pois as reações que ocorrem sob altas temperaturas no processo de torração, resultam em produtos que são os responsáveis pelo sabor e aroma percebidos na degustação da bebida do café.

Na obtenção das cultivares resistentes à ferrugem, os melhoristas utilizam materiais da espécie *Coffea canephora* Pierre. Estes cafés são conhecidos por apresentarem uma qualidade inferior da bebida, em relação aos cafés da espécie *Coffea arabica* L., devido a diferenças na composição química dos grãos.

Desta forma, o presente trabalho, objetivou:

- caracterizar a composição química dos grãos crus e torrados de 16 cultivares de café (*Coffea arabica* L.) por meio de análises químicas e físico-químicas;
- realizar a classificação por tipo e peneira;
- aplicar a estatística multivariada nos dados obtidos para distinguir e/ou agrupar as cultivares estudadas;
- avaliar sensorialmente as 16 cultivares, através da prova de xícara.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aspectos gerais do agronegócio café

A atividade cafeeira tem uma importância indiscutível na economia mundial. O café é um dos mais valiosos produtos primários comercializados no mundo, sendo superado apenas em valor, pelo petróleo. Seu cultivo, processamento, comercialização, transporte e mercado proporcionam milhões de empregos em todo o mundo (Sindicato da Indústria do Café de Minas - Sindicafé, 2004).

Conforme dados da Organização Internacional do Café, existem cerca de 72 países produtores do grão no mundo. Essa multiplicidade de produtores deve-se à extensa faixa apta à produção do cafeeiro, graças à sua versatilidade. A região apta estende-se dos Trópicos de Câncer ao de Capricórnio, ultrapassando ligeiramente os paralelos 24° em ambos hemisférios. A variação das condições climáticas propicia a produção de *blends* de características peculiares, o que é obtido graças, também a um estilo diferenciado de tratamentos culturais (Sindicafé, 2004).

Os maiores produtores mundiais de café são Brasil, Colômbia, México e Guatemala, onde predomina o cultivo de *Coffea arabica* L., e Indonésia, Vietnã, Costa do Marfim, Índia, Uganda e Etiópia onde o predomínio é do café *Coffea canephora* Pierre. No final da década de 1970 a área cultivada com café no mundo equivalia a 10 milhões de hectares, evoluindo para 13,5 milhões de hectares no final dos anos 80, quando começou a reduzir. Hoje, situa-se em torno de 11,5 milhões de hectares. O Brasil é o maior produtor, com 28% da produção mundial, seguido da Colômbia, com 14%, da Indonésia, com 7%, e do México e Vietnã, com 5%. A África participa com 20%, sendo o seu maior produtor a Costa do Marfim, e a América Central produz 14%. A produção

mundial de café nos últimos dez anos situou-se, em média, em 97 milhões de sacas de 60 kg (O café..., 2004).

O estado de Minas Gerais é o maior produtor brasileiro, garantindo 47,39% da produção brasileira estimada para a safra 2004/2005. A atividade cafeeira está presente em 510 municípios mineiros, gerando uma receita superior a R\$ 2 bilhões por ano, além de criar empregos diretos e indiretos para 1,6 milhão de pessoas e mais 600 mil postos temporários (Minas Gerais, 2003).

A safra 2003/2004 foi restrita em relação à safra anterior, tendo sido colhidos 28,46 milhões de sacas, ou seja, houve uma redução de 39,70%. A safra anterior produziu 47,2 milhões de sacas. Esta queda na produção foi, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab, 2004), o resultado da bienalidade em grandes áreas de café arábica, da redução do uso de tecnologia e insumos por causa da queda do preço do café, da estiagem prolongada nas regiões produtoras e do volume de podas.

Os levantamentos de previsão realizados pela Conab, para o ano agrícola 2004/2005, indicam que deverão ser colhidos aproximadamente 35,79 milhões de sacas, dos quais 16,96 milhões serão de Minas Gerais. A pesquisa ressalta ainda que, em termos nacionais, houve uma estabilidade na área de café em produção. Nos estados a situação é um pouco diferente, como, por exemplo a região Sul/Oeste de Minas Gerais, onde houve um indicativo de incremento na ordem de 6,3% na área em produção. Isso ocorreu em função da incorporação das áreas que, no ano passado, foram recepadas ou podadas, além da implantação de novas lavouras (em menor escala), o que compensou a redução pelo abandono ou pela erradicação, para substituição de cultura, limitada pela topografia. Na Região do Triângulo/Alto Paranaíba, o indicativo é de redução de 5,8%, devido à topografia e à tradição no cultivo de outras culturas, o que promoveu uma grande migração de áreas de café para o cultivo de grãos, principalmente da soja. Fato semelhante ocorreu também nos estados de São

Paulo, Paraná, Mato Grosso e Espírito Santo (em menor escala), onde a substituição dos cafezais por outras culturas favoreceu a redução das áreas cultivadas (Conab, 2004).

2.2 Consumo de café

As formas de consumo do café variam em função da tradição de cada país. Na França, por exemplo, a bebida é servida com chicória e na África e Oriente Médio, é comum acentuar o sabor do café com algumas especiarias, tais como a canela e cardomomo, alho ou gengibre. Na Grécia, o café é acompanhado por um copo de água gelada e em Cuba, a tradição manda beber o café bastante forte e doce, e em um só gole (Curiosidades..., 2004).

A produção interna anual de café torrado e moído, no Brasil, que coincide com o consumo doméstico, teve um crescimento expressivo entre 1990 e 2000, de 8,2 milhões de sacas para 14,04 milhões, uma evolução de 69,90%. Neste período o consumo *per capita* reagiu de 2,71 kg por ano para 3,96 kg por ano, colocando o Brasil entre os maiores consumidores mundiais de café.

Os países ricos consomem mais café do que aqueles com renda menor, o que pode estar relacionado com as baixas temperaturas como no norte da Europa. A Finlândia tem o melhor consumo *per capita* anual, igual a 10 kg/hab e os alemães consomem 7 kg/hab (ABIC..., 2003).

Os EUA, com uma demanda anual de 18 milhões de sacas de 60 kg, destacam-se como o maior consumidor, contudo, o consumo per capita é de apenas 4,01 kg/hab/ano. Na Alemanha e na França, grandes consumidores, o consumo per capita é de 7,6 e 5,7 kg/hab/ano, respectivamente. Na Itália, Espanha e Reino Unido, o consumo per capita de café é de 4,8, 4,3 e 2,5 kg/hab por ano, respectivamente (O café..., 2003).

Na hora da compra, quatro itens são determinantes para os consumidores de café: marca, preço, hábito e sabor. O consumidor vai experimentar uma nova

marca e, se ela atender a essas características, passa a tê-la como uma segunda opção de compra (As tendências..., 2003).

Concordando com essa tendência, Luna (2001) afirma, ainda, que quando a compra de um café for julgada pelo comprador como tendo produzido os efeitos esperados, ele permanecerá fiel por um período que será definido pela percepção da manutenção da qualidade daquela marca. Estes dados são a comprovação de que o mercado se abre ao consumo de produtos de qualidade garantida, retribuindo, aos demais segmentos envolvidos, o investimento na valorização do produto, ao priorizarem a qualidade.

Fica evidenciada a necessidade das indústrias manterem a qualidade dos produtos ofertados aos consumidores, quando há oscilações de preços para a matéria-prima, visando garantir a credibilidade do produto. O consumidor tem consciência de que, para manter os preços, as torrefadoras são obrigadas a trabalhar com produtos ruins. Mais do que isso, eles percebem tal diferença e, assim, não hesitam em trocar de marca, ou pior, trocar por outro produto (Indústrias..., 2002).

As indústrias investem no poder de atração que as embalagens apresentam na hora da venda, associando-a à novas roupagens e propriedades que protegem o produto aumentando o seu tempo de vida útil (Embalagens..., 2003.). Pesquisas demonstraram que os tipos de embalagens mais compradas são a almofada (52%) e a vácuo (31%) (As tendências..., 2003).

Em 1992, a Associação Brasileira da Indústria do Café (ABIC) em reuniões técnicas com industriais, promoveu a degustação de cinco bebidas, observando uma preferência da bebida rio nos estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro, norte de Minas, Mato Grosso do Sul e no Rio Grande do Sul. O estado de São Paulo (representado por Bauru e Franca) demonstrou preferência pela bebida mole e a bebida dura teve uma aceitação altamente significativa em todas as regiões testadas. Com isso, considerou-se com segurança que a bebida dura

poderia servir de padrão de bebida para o consumo interno. Houve grande rejeição pelo *blend* preparado com 25% de defeitos pretos, verdes, ardidos, mofados e chuvados e o café robusta teve apenas uma aceitação razoável nos estados produtores deste café e nas regiões Norte e Nordeste (Novo..., 2003).

Com base nestas informações, testes semelhantes foram aplicados, em 1993, com a degustação de quatro tipos de *blends*. O *Blend A* (80% de arábica, bebida rio, com 20% de robusta) teve uma aceitação razoável, já que a porção de robusta mascarou o gosto de iodofórmio que caracteriza a bebida rio. O *Blend B* (70% de arábica, bebida dura, com 30% de arábica bebida mole) foi o mais aceito, concordando com a preferência avaliada em 1992, para a bebida dura. Na avaliação do *Blend C* (60% arábica, bebida Rio com 40% de arábica, bebida dura) os índices de rejeição e aceitação variaram conforme a região onde se aplicou o teste. O último *Blend*, o *D* (80% arábica, bebida dura com 20% de robusta), foi aquele com maior índice de rejeição, mostrando que o robusta utilizado em 20 ou mais pontos percentuais passa a ser dominante sobre a bebida (Novo..., 2003).

Em 2003, a ABIC, com o propósito de elevar o consumo interno dos atuais 13,5 milhões de sacas para 16,5 milhões até 2005, e a 18 milhões em 2010, igual ao consumo dos EUA, implantou o Programa Inédito de Aumento do consumo Interno de Café (PACIC). Entre outras estratégias o programa determina que os cafés industrializados serão controlados, além da pureza, pelo padrão mínimo de qualidade. Este padrão corresponde ao uso de um café Tipo 8 COB com até 360 defeitos e, no máximo, 20% de grãos pretos, verdes ou ardidos (PVA), com qualquer bebida (Café..., 2003). O que se observa nesta proposta é que o conceito de qualidade estancou nestes 10 anos, já que a ABIC determina tal padrão como mínimo.

Com base nos trabalhos de Myia et al. (1973/74), Pereira (1997) e Coelho (2000), observa-se que, em cafés de bebidas superiores, os grãos PVA

não são admitidos, pois sua presença, mesmo em pequenas proporções, é considerada uma influência negativa para os grãos beneficiados. Esta proporção de defeitos indicada pela entidade só é possível de ser observada em cafés de bebida dura, já que, a partir de 5,16% do defeito preto um café estritamente mole pode passar à bebida dura conforme indica Pereira (1997).

Nos grandes países consumidores, quando o café passou a competir com o consumo de outras bebidas, a estratégia do setor foi primar pela qualidade do produto e observar as demandas variáveis dos consumidores. Nos Estados Unidos, a criação da *Specialty Coffee Association of América* em 1982, teve como alvo principal elevar a consciência do consumidor para adquirir cafés ligados a assuntos sociais e ambientais, como é o caso do café orgânico (Venkatesh et al., 1998).

2.3 Qualidade do café

No setor produtivo, a qualidade do café está relacionada à obtenção de produtos que conquistem excelentes preços no mercado. No campo da difusão de tecnologia, entende-se por qualidade a execução de todas as etapas de produção, com eficiência, economia e produtividade, com base no planejamento preciso de cada fase.

Para o setor agroindustrial, que agrega valor ao produto, as propriedades físicas, químicas, sensoriais e higiênico-sanitárias devem estar de acordo com os padrões estabelecidos para que o café seja considerado de qualidade.

A qualidade, do ponto de vista da conservação ambiental, presume que, na obtenção do café, todos os aspectos ambientais da região de produção, sejam preservados e que nenhuma alteração ocorra.

Obtém um nível satisfatório de qualidade a cadeia produtiva que se preocupa com o lado social, empregando grande quantidade de mão-de-obra e

associando a imagem do café em eventos de apoio a problemas sociais, como as campanhas contra fome, epidemias, etc.

O consumidor não compreende a complexidade de sabores e aromas produzidos pelo café, e considera que a qualidade está relacionada com a produção de uma xícara de café com gosto agradável, que receba a aprovação de sua memória sensorial, desenvolvida em anos de consumo.

A qualidade do café, entretanto, deve considerar todos esses conceitos, atendendo com precisão a cada um deles. Dada essa complexidade de objetivos a serem alcançados, os nichos de produção que conseguem cumprir essas exigências alcançam vantajosos preços no mercado.

Para regulamentar a produção de cafés com qualidade mínima para o consumo, no Brasil existem leis definidas para o café beneficiado e o torrado e moído.

A Instrução Normativa nº 08 de 11 de junho de 2003 é a legislação mais recente a especificar as normas das características mínimas de qualidade para a classificação do café beneficiado (Brasil, 2003). Ela normatiza todos os critérios de avaliação da qualidade, detalhando-os com relação à classificação por tipo, por peneiras e pela bebida. A Instrução Normativa regulamenta os aspectos referentes à embalagem, marcação ou rotulagem, amostragem, fraude e disposições gerais.

A Portaria nº 377, de 26 de abril de 1999 (Brasil, 1999) foi criada com o objetivo de fixar a identidade e as características mínimas de qualidade a que devem obedecer o café torrado em grão e o café torrado e moído. A legislação especifica os requisitos obrigatórios em relação à composição, características sensoriais e físico-químicas e estabelece normas para o uso de aditivos e para a presença de contaminantes.

O documento enfatiza a obrigatoriedade das indústrias respeitarem as Boas Práticas de Fabricação, citando que: "*O café torrado não deve ser*

consumido, quando estiver alterado ou adulterado por qualquer forma ou meio, inclusive pela adição de corantes ou outros produtos que modifiquem a sua especificação, cujo emprego é vedado, não se admitindo sob qualquer forma a adição de cafés esgotados (borra de solúvel, borra de infusão de café torrado e moído)” (Brasil, 1999).

A Portaria normatiza ainda as condições para a higiene do produto, pesos e medidas, rotulagem e amostragem para avaliação da identidade e qualidade.

2.4 Cafés especiais

Para os EUA, importante mercado consumidor, os cafés de origem única ou *blends* de alta qualidade, expressos, cafés orgânicos e grãos cuja produção favorece os pássaros e a conservação do meio ambiente e aqueles produtos aos quais se adicionam sabores, eram considerados cafés especiais (O Mercado..., 1999).

O consumo crescente, aliado à grande oferta do produto no mercado mundial, tem pressionado os países produtores a melhorarem a qualidade do café. Isso também motivou muitos cafeicultores a buscarem sistemas produtivos que representem uma oportunidade para agregação de valor, bem como a conquista de novos nichos de mercado, por meio do estabelecimento de sistemas de produção alternativos e ecologicamente corretos, tais como os sistemas orgânicos (Cresce..., 2003).

O segmento de cafés especiais representa, atualmente, cerca de 12% do mercado internacional da bebida. Os atributos de qualidade do café cobrem uma ampla gama de conceitos que vão desde as características físicas, como origens, variedades, cor e tamanho, até preocupações de ordem ambiental e social, como os sistemas de produção e as condições da mão-de-obra. Um exemplo dessa demanda foi a criação do certificado de *Fair Trade*, pela *Starbucks*, uma das maiores redes norte-americanas de distribuição de café, então acusada de

crescimento às custas de exploração de pequenos países produtores de café do terceiro mundo (Souza & Saes, 2001).

São obrigações deste processo o pagamento de salários justos aos trabalhadores, trabalho cooperativo, educação do consumidor, sustentabilidade ambiental, suporte técnico e financeiro e respeito à identidade cultural. A comercialização deste café é realizada por cooperativas de pequenos produtores, garantindo ganhos significativos para os agricultores, já que esse processo elimina os intermediários (Souza & Saes, 2001).

O consumidor não consegue distinguir, mesmo após saborear a bebida, se ela possui os atributos por ele desejados, o que caracteriza o café como bem de crença. Por tudo isso, existe, então, a necessidade do fortalecimento da confiança no organismo certificador que estimula a comprovação dos atributos contidos no selo impresso na embalagem, cuja relação de confiança só se conquista em longo prazo (Souza & Saes, 2001).

Por esses motivos, é preciso que haja o monitoramento ou a rastreabilidade de todo o caminho percorrido pelo produto ao longo do sistema produtivo, para reduzir as perdas de informação ao longo do processo. Nessas categorias de certificação de café, incluem-se o café gourmet, o de origem certificada, o café orgânico e o *Fair Trade* (Souza & Saes, 2001).

O café gourmet está relacionado a grãos de café arábica com alta qualidade, características diferenciadas e quase livre de defeitos, cuja produção tem sido incentivada pela Organização Internacional do Café (OIC). O café de origem certificada relaciona-se aos cafés que são produzidos em regiões, as quais possuem influência no aspecto qualitativo do produto. Na rotulagem destes produtos, existe exigência do monitoramento da produção (Souza & Saes, 2001).

A produção de café orgânico é conseguida respeitando-se as regras desse tipo de produção, o que implica no uso de fertilizantes orgânicos e no controle de pragas e doenças, preferencialmente por meio de controle biológico. Para ser

rotulado como orgânico, tanto a produção como o processamento precisam ser monitorados por uma agência certificadora credenciada. O café *Fair Trade*, já discutido anteriormente, demanda ser monitorado para garantir a presença dos atributos de qualidade desejados (Souza & Saes, 2001).

O preço prêmio obtido pelos cafés especiais representa um incentivo ao comportamento oportunista, estimulando o ingresso de novas empresas no negócio, as quais podem querer vender seus produtos rotulados, sem que eles na verdade, contenham os atributos necessários para tal. Essa atitude pode ser reduzida pelo monitoramento e certificação do produto. A certificação é um instrumento para reduzir a assimetria de informações entre os agentes e melhora a capacidade dos consumidores em identificar atributos de qualidade específicos, que são muito difíceis de observar (Souza & Saes, 2001).

A possibilidade de agregar 390% de valor à saca de café é um estímulo à ampliação da produção de grãos especiais no Brasil. O produtor nacional de café especial recebe até US\$ 245 pela saca de 60 quilos, enquanto o valor pago ao grão tido como comum atinge cerca de US\$ 50 (Grãos..., 2003a).

2.5 Espécies de cafeeiro

O cafeeiro pertence à família *Rubiaceae* e contém cerca de 500 gêneros e mais de 6.000 espécies. As *gardênias* e as plantas que produzem quinina e outras substâncias úteis são também membros desta família, mas *Coffea*, é sem dúvida, economicamente, o gênero mais importante (Clifford & Wilson, 1985).

O gênero *Coffea* inclui pelo menos 60 espécies, das quais apenas duas são economicamente mais importantes, a *Coffea arabica* L., conhecida como café arábica que responde por 75% da produção mundial, e *Coffea canephora* Pierre, comumente descrita como café robusta, que contribui com 25%. Estas espécies apresentam diferenças consideráveis em suas características botânicas,

genéticas, agronômicas, químicas e morfológicas. O Brasil é um dos poucos países que produzem as duas espécies de café.

A espécie arábica produz cafés de melhor qualidade que contém o mais requintados aromas e os mais intensos sabores. Por isso, os cafés oferecidos nas mais refinadas cafeterias utilizam combinações das melhores bebidas de café arábica. Os grãos dessa espécie podem apresentar diversas tonalidades da cor verde, que é amplamente cultivada na América Latina, na África Central e Oriental, na Índia e em certos pontos da Indonésia, sendo originária do Oriente, de onde resulta seu nome (Etiópia, Yemem ou Arábica Félix). A espécie *Coffea arabica* é freqüentemente suscetível a pragas e doenças, sendo a resistência uma das principais metas em programas de melhoramento genético.

O Quadro 1 contém algumas características relativas dos cafés arábica e robusta em relação ao seu ambiente de cultivo.

QUADRO 1 Características dos cafés arábicas e robustas, com relação aos aspectos vegetativos, exigências edafoclimáticas, produção de frutos e bebida (Clarke & Macrae, 1995).

Características	Arábica	Robusta
Descrição das espécies (ano)	1.753	1.895
Nº de cromossomos (2n)	44	22
Tempo de flor a cereja madura	9 meses	10-11 meses
Floração	Após a chuva	Irregular
Após a maturação (cerejas)	Caem	Permanecem
Produção (kg/ha)	1.500-3.000	2.300-4.000
Sistema radicular	Fundo	Raso
Temperatura ótima (média anual)	15-24° C	24-30° C
Precipitação anual	1500-2000 mm	2000-3000 mm
Altitude	1000-2000 m	0-700 m
<i>Hemileia vastatrix</i>	Suscetível	Resistente
Nematóides	Suscetível	Resistente
Teor de cafeína dos grãos	Média de 1,2%	Média de 2,0 %
Forma dos grãos	Plana	Oval
Características da bebida	Acidez	Corpo, amargor

A espécie *Coffea canephora* Pierre é originária da África, sendo menos exigente em tratos culturais, em relação à espécie *C. arabica* e pode ser cultivada em altitudes mais baixas. Nas bebidas produzidas por estes cafés, não são denotados sabores variados e refinados, como para o *C. arabica*, dizendo-se que tem um sabor típico e único. Sua acidez é mais baixa e, por ter mais sólidos solúveis, é utilizado intensamente nos cafés solúveis. Destaca-se também pelo seu alto teor de cafeína que, em geral, é o dobro do encontrado nos cafés da outra espécie. É cultivado no Centro-Oeste da África, ao longo de Sudeste da Ásia e em certas regiões do Brasil, onde é conhecido vulgarmente como Robusta.

2.6 Melhoramento genético

Um dos fatores que apóiam a liderança do Brasil na produção mundial de cafés, é a utilização de cultivares altamente produtivas e adaptadas às mais distintas condições edafoclimáticas das diversas regiões produtoras do país. A obtenção dessas cultivares deve-se ao contínuo trabalho de melhoramento do cafeeiro, iniciado em 1932, no Instituto Agrônômico de Campinas (IAC) e que atualmente, envolve outras instituições nacionais (Mendes & Guimarães, 1996).

Embora as cultivares selecionadas já tenham atingido elevados níveis de produtividade, novos acréscimos poderão advir do desenvolvimento de cultivares com resistência a pragas, doenças ou com características específicas de adaptação a novas fronteiras agrícolas ou de qualidade do produto. Essas características se encontram em *Coffea arabica* e em espécies silvestres de *Coffea*, o que ressalta a importância de um banco de germoplasma (Eira et al., 2003).

Por outro lado, as diferenças citadas entre cultivares referem-se apenas às características vegetativas e de produção, no entanto, torna-se imprescindível conhecer a qualidade de diferentes cultivares, avaliando a composição química

dos grãos, pelo grande potencial que esses materiais possuem, capacitando-os a contribuir para a produção de cafés especiais.

Do ponto de vista agrônomo, o sucesso da lavoura cafeeira, segundo o MAPA/PROCAFÉ (2002) começa pela escolha da variedade adequada, a qual deve possuir características desejáveis, como boa produtividade, vigor, de preferência com porte baixo e tendo boa qualidade nos frutos. A resistência a determinadas doenças ou pragas é uma vantagem adicional, que permite economia no trato da lavoura.

São objetivos gerais de um programa de melhoramento genético do cafeeiro, o desenvolvimento de cultivares de elevado potencial produtivo, com boa qualidade de bebida e, sobretudo, com adaptação às condições de ambiente em que a cafeicultura é explorada no Brasil (Mendes & Guimarães, 1998).

2.7 Cultivares de café

Com a evolução da cafeicultura e a demanda por materiais adaptados às diferentes condições climáticas, um grande número de cultivares vem sendo desenvolvido, para alcançar tais objetivos.

Um dos materiais genéticos mais importantes, a cultivar Mundo Novo é resultante de um cruzamento natural entre as cultivares Bourbon Vermelho e Sumatra. São características destas plantas apresentarem porte alto (3,0 m em média), bom vigor, folhagem abundante e bem equilibrada com a produção de frutos, brotação variando de acordo com a linhagem, com broto roxo ou verde, frutos vermelhos com maturação considerada média a uniforme. São também caracterizadas pela elevada produção de café beneficiado, grãos de tamanho médio a grande com cerca de 90% de grão tipo chato (Guimarães & Mendes, 1996).

Por todas estas características peculiares, a 'Mundo Novo' tem sido utilizada intensivamente em programas de melhoramento genético em diversos

cruzamentos, buscando a obtenção de plantas com porte baixo, maturação uniforme, frutos grandes e outras características vegetativas, preservando, sobretudo, a alta produtividade. Cruzamentos com outras espécies originaram materiais tolerantes à seca, resistentes a pragas e doenças e adaptados para regiões com diferentes condições climáticas. São cultivares obtidas nestes trabalhos: a ‘Catuai’ e a ‘Icatu’, ambos com frutos vermelhos e amarelos; a ‘Acaiá’, a ‘Topázio’, a ‘Rubi’ e recentemente lançados a ‘Palma’, a ‘Sabiá’, a ‘Acauã’, a ‘Canário’, a ‘Siriema’, a ‘Catucaí Amarelo’ e a ‘Catucaí Vermelho’.

O MAPA/PROCAFÉ (2002), assim descreve as novas cultivares desenvolvidas:

‘Catucaí’: é resultado do cruzamento (híbrido natural) entre a ‘Icatu’ e a ‘Catuai’ de frutos vermelhos e amarelos. Apresenta boa produtividade e vigor, porte baixo, bom nível de resistência à ferrugem (*Hemileia vastatrix* Ber et Berg.) e maturação média. Apresenta linhagens de frutos amarelos e vermelhos. A linhagem Catucaí 785-15 apresenta boa resistência ao nematóide (*Meloidogyne exigua*), sendo indicada para áreas de substituição de lavouras velhas.

‘IBC-Palma 1’: teve origem em cruzamentos entre a ‘Catuai Vermelho’ (IAC 81) com a ‘Catimor’ (UFV 353), realizados em 1974. A cultivar apresenta porte baixo, maturação média, alta resistência à ferrugem, bom vigor e boa tolerância à seca.

‘Sabiá’: originada no cruzamento entre ‘Catimor’ (UFV 386) e o ‘Acaiá’, tem maturação precoce (‘Sabiá 417’), média (‘Sabiá 708’) e tardia (‘Sabiá 398’), sendo as duas últimas as mais produtivas e com bom vigor. O porte é baixo e apresenta boa capacidade de resistência à ferrugem.

‘Acauã’: é resultado do cruzamento entre ‘Sarchimor’ e ‘Mundo Novo’. As plantas apresentam porte baixo, alto vigor e enfolhamento com tolerância à

seca e ao nematóide *M. exigua*. A resistência à ferrugem também é elevada. É indicada para regiões mais quentes e secas.

‘Canário’: tem origem no cruzamento entre ‘Híbrido de Timor’ e ‘Catuai Amarelo’, apresentando frutos amarelos, porte alto, boa resistência à ferrugem e vigor elevado. A maturação é bastante precoce. É indicada para regiões frias ou onde é necessário antecipar o período da colheita.

‘Siriema’: é um material que vem sendo desenvolvido para resistência múltipla, ao bicho-mineiro e a ferrugem. É resultado do cruzamento entre *Coffea racemosa* e *C. arabica* e as plantas melhoradas retrocruzadas com ‘Sarchimor’. É um material que ainda não está sendo distribuído para reprodução por sementes, pois não está estabilizado, podendo ser liberado na próxima geração (F₅) ou então clonado.

O vigor vegetativo e as altas produções são características que se encontram intimamente relacionadas. É possível observar que as progênies mais produtivas normalmente são aquelas com um bom aspecto vegetativo (Carvalho et. al, 1959). Diferentes cultivares podem apresentar ampla variação quanto a essas características, conforme observou Dias (2002) ao avaliar 25 progênies de cafeeiro.

As cultivares desenvolvidas em programas de melhoramento também são avaliadas quanto ao desempenho em diferentes práticas de manejo e denotam diferenças significativas. As respostas dos cafeeiros das cultivares ‘Mundo Novo’ (MG 379-19), ‘Icatu Precoce’ (MG 3282), ‘Icatu Amarelo’ (MG 2944) e ‘Rubi’ (MG 1192) à diferentes épocas de parcelamento de adubação, foram avaliadas por Bartholo (2001), que observou um efeito variado para as características de produção e crescimento dos componentes vegetativos. A cultivar Icatu Precoce (MG 3282), ao contrário das demais cultivares, apresentou variação no padrão de acúmulo de matéria seca nos frutos, processo que iniciou-se em dezembro.

2.8 Composição química

A composição química dos grãos é influenciada por fatores genéticos, ambientais e culturais, pelos métodos de colheita, processamento, armazenamento torração e moagem, que podem afetar diretamente a qualidade da bebida do café. A ABIC afirma que não só o beneficiamento ou os cuidados na torra e moagem, ou um *blend* cuidadosamente estudado e controlado, fazem a qualidade da bebida café. A origem genética dos grãos é tão decisiva quanto todos os outros cuidados que permeiam a produção, do pé de café à xícara do consumidor (Qualidade, 1999).

Quijano-Rico & Spettel (1973) afirmam que os cafés da espécie *C. canephora* Pierre, apresentam maiores teores de cobre (11 a 32,7 mg.kg⁻¹ de matéria seca) em relação aos de *C. arabica* L. (<0,5 mg.kg⁻¹ de matéria seca).

A espécie *C. canephora*, conforme Raghavan & Ramalakshmi (1998), contém maiores teores de cinzas nos grãos crus em relação à espécie *C. arabica*, sendo encontrado de 4,0% a 4,4% para a primeira espécie e entre 3,0% a 4,2% para a segunda, ambos na matéria integral. Os valores observados por Sabbagh & Yokomizo (1976) foram 3,83% para cafés arábicas e 4,65% para os robustas. Os autores citam que as cinzas usadas no cálculo das taxas de extração de café solúvel não são muito precisas, uma vez que esse parâmetro varia em função da variedade de café. A principal relação entre a taxa de extração e os elementos minerais é que a porcentagem do elemento potássio, o qual representa em torno de 40% das cinzas, diminui com o aumento da taxa de extração e, portanto pode ser utilizada no cálculo do seu valor.

Avaliando os teores dos metais existentes em grãos de café das espécies arábica e robusta, provenientes de diversos países produtores, Martín et al. (1998a) observaram que os teores de fósforo e cobre são maiores nos cafés robustas, e o de manganês, em arábicas. Estes metais foram considerados

LUCIANA MARIA VIEIRA LOPES MENDONÇA

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS, FÍSICO-QUÍMICAS E SENSORIAIS
DE CULTIVARES DE *Coffea arabica* L.**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação "Stricto Sensu" em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de "Doutor".

Orientadora

Profa. Dra. Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2004**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Mendonça, Luciana Maria Vieira Lopes

**Características químicas, físico-químicas e sensoriais de cultivares de
Coffea arabica L. / Luciana Maria Vieira Lopes Mendonça. -- Lavras :
UFLA, 2004.**

153 p. : il.

Orientador: Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira.

Tese (Doutorado) – UFLA.

Bibliografia.

**1. Cultivar. 2. Composição química. 3. Análise sensorial. 4. Análise
multivariada. 5. Café torrado. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.**

CDD-663.93

1 INTRODUÇÃO

A importância relevante da cafeicultura encontra-se apoiada no volume de renda proporcionado ao setor e na oportunidade de geração de empregos, que favorece a redução da pobreza e conseqüentemente da fome, que assola grande parte do país.

A atividade cafeeira tem ganhado uma personalização nos últimos anos, para atender a demanda do mercado. Se por um lado grandes níveis de tecnologia têm sido exigidos pelo setor cafeeiro, para o aumento da produtividade, redução de custos e restrição ao uso de agroquímicos, por outro lado, nunca valorizou-se tanto a qualidade do café com a crescente expansão do consumo de cafés especiais.

O desenvolvimento de táticas fitossanitárias ecologicamente viáveis vêm alcançando resultados satisfatórios a partir da obtenção de materiais genéticos altamente resistentes à ferrugem, (*Hemileia vastatrix* Berg. et Ber), principal doença do cafeeiro.

Os programas de melhoramento genético do cafeeiro preocupam-se em apurar cultivares com características vegetativas associadas a um elevado potencial produtivo, possibilitando ainda a produção de cafés com menor custo e reduzida aplicação de agrotóxicos no controle de pragas e doenças. Por outro lado, é preciso unir a estas características ideais, a potencialidade de produção de cafés de qualidade, tanto do ponto de vista fitossanitário, quanto da bebida.

A composição química dos grãos de café influi sobremaneira na qualidade final do produto, pois as reações que ocorrem sob altas temperaturas no processo de torração, resultam em produtos que são os responsáveis pelo sabor e aroma percebidos na degustação da bebida do café.

mundial de café nos últimos dez anos situou-se, em média, em 97 milhões de sacas de 60 kg (O café..., 2004).

O estado de Minas Gerais é o maior produtor brasileiro, garantindo 47,39% da produção brasileira estimada para a safra 2004/2005. A atividade cafeeira está presente em 510 municípios mineiros, gerando uma receita superior a R\$ 2 bilhões por ano, além de criar empregos diretos e indiretos para 1,6 milhão de pessoas e mais 600 mil postos temporários (Minas Gerais, 2003).

A safra 2003/2004 foi restrita em relação à safra anterior, tendo sido colhidos 28,46 milhões de sacas, ou seja, houve uma redução de 39,70%. A safra anterior produziu 47,2 milhões de sacas. Esta queda na produção foi, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab, 2004), o resultado da bienalidade em grandes áreas de café arábica, da redução do uso de tecnologia e insumos por causa da queda do preço do café, da estiagem prolongada nas regiões produtoras e do volume de podas.

Os levantamentos de previsão realizados pela Conab, para o ano agrícola 2004/2005, indicam que deverão ser colhidos aproximadamente 35,79 milhões de sacas, dos quais 16,96 milhões serão de Minas Gerais. A pesquisa ressalta ainda que, em termos nacionais, houve uma estabilidade na área de café em produção. Nos estados a situação é um pouco diferente, como, por exemplo a região Sul/Oeste de Minas Gerais, onde houve um indicativo de incremento na ordem de 6,3% na área em produção. Isso ocorreu em função da incorporação das áreas que, no ano passado, foram recepadas ou podadas, além da implantação de novas lavouras (em menor escala), o que compensou a redução pelo abandono ou pela erradicação, para substituição de cultura, limitada pela topografia. Na Região do Triângulo/Alto Paranaíba, o indicativo é de redução de 5,8%, devido à topografia e à tradição no cultivo de outras culturas, o que promoveu uma grande migração de áreas de café para o cultivo de grãos, principalmente da soja. Fato semelhante ocorreu também nos estados de São

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aspectos gerais do agronegócio café

A atividade cafeeira tem uma importância indiscutível na economia mundial. O café é um dos mais valiosos produtos primários comercializados no mundo, sendo superado apenas em valor, pelo petróleo. Seu cultivo, processamento, comercialização, transporte e mercado proporcionam milhões de empregos em todo o mundo (Sindicato da Indústria do Café de Minas - Sindicafé, 2004).

Conforme dados da Organização Internacional do Café, existem cerca de 72 países produtores do grão no mundo. Essa multiplicidade de produtores deve-se à extensa faixa apta à produção do cafeeiro, graças à sua versatilidade. A região apta estende-se dos Trópicos de Câncer ao de Capricórnio, ultrapassando ligeiramente os paralelos 24° em ambos hemisférios. A variação das condições climáticas propicia a produção de *blends* de características peculiares, o que é obtido graças, também a um estilo diferenciado de tratamentos culturais (Sindicafé, 2004).

Os maiores produtores mundiais de café são Brasil, Colômbia, México e Guatemala, onde predomina o cultivo de *Coffea arabica* L., e Indonésia, Vietnã, Costa do Marfim, Índia, Uganda e Etiópia onde o predomínio é do café *Coffea canephora* Pierre. No final da década de 1970 a área cultivada com café no mundo equivalia a 10 milhões de hectares, evoluindo para 13,5 milhões de hectares no final dos anos 80, quando começou a reduzir. Hoje, situa-se em torno de 11,5 milhões de hectares. O Brasil é o maior produtor, com 28% da produção mundial, seguido da Colômbia, com 14%, da Indonésia, com 7%, e do México e Vietnã, com 5%. A África participa com 20%, sendo o seu maior produtor a Costa do Marfim, e a América Central produz 14%. A produção

mundial de café nos últimos dez anos situou-se, em média, em 97 milhões de sacas de 60 kg (O café..., 2004).

O estado de Minas Gerais é o maior produtor brasileiro, garantindo 47,39% da produção brasileira estimada para a safra 2004/2005. A atividade cafeeira está presente em 510 municípios mineiros, gerando uma receita superior a R\$ 2 bilhões por ano, além de criar empregos diretos e indiretos para 1,6 milhão de pessoas e mais 600 mil postos temporários (Minas Gerais, 2003).

A safra 2003/2004 foi restrita em relação à safra anterior, tendo sido colhidos 28,46 milhões de sacas, ou seja, houve uma redução de 39,70%. A safra anterior produziu 47,2 milhões de sacas. Esta queda na produção foi, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab, 2004), o resultado da bienalidade em grandes áreas de café arábica, da redução do uso de tecnologia e insumos por causa da queda do preço do café, da estiagem prolongada nas regiões produtoras e do volume de podas.

Os levantamentos de previsão realizados pela Conab, para o ano agrícola 2004/2005, indicam que deverão ser colhidos aproximadamente 35,79 milhões de sacas, dos quais 16,96 milhões serão de Minas Gerais. A pesquisa ressalta ainda que, em termos nacionais, houve uma estabilidade na área de café em produção. Nos estados a situação é um pouco diferente, como, por exemplo a região Sul/Oeste de Minas Gerais, onde houve um indicativo de incremento na ordem de 6,3% na área em produção. Isso ocorreu em função da incorporação das áreas que, no ano passado, foram recepadas ou podadas, além da implantação de novas lavouras (em menor escala), o que compensou a redução pelo abandono ou pela erradicação, para substituição de cultura, limitada pela topografia. Na Região do Triângulo/Alto Paranaíba, o indicativo é de redução de 5,8%, devido à topografia e à tradição no cultivo de outras culturas, o que promoveu uma grande migração de áreas de café para o cultivo de grãos, principalmente da soja. Fato semelhante ocorreu também nos estados de São

Paulo, Paraná, Mato Grosso e Espírito Santo (em menor escala), onde a substituição dos cafezais por outras culturas favoreceu a redução das áreas cultivadas (Conab, 2004).

2.2 Consumo de café

As formas de consumo do café variam em função da tradição de cada país. Na França, por exemplo, a bebida é servida com chicória e na África e Oriente Médio, é comum acentuar o sabor do café com algumas especiarias, tais como a canela e cardomomo, alho ou gengibre. Na Grécia, o café é acompanhado por um copo de água gelada e em Cuba, a tradição manda beber o café bastante forte e doce, e em um só gole (Curiosidades..., 2004).

A produção interna anual de café torrado e moído, no Brasil, que coincide com o consumo doméstico, teve um crescimento expressivo entre 1990 e 2000, de 8,2 milhões de sacas para 14,04 milhões, uma evolução de 69,90%. Neste período o consumo *per capita* reagiu de 2,71 kg por ano para 3,96 kg por ano, colocando o Brasil entre os maiores consumidores mundiais de café.

Os países ricos consomem mais café do que aqueles com renda menor, o que pode estar relacionado com as baixas temperaturas como no norte da Europa. A Finlândia tem o melhor consumo *per capita* anual, igual a 10 kg/hab e os alemães consomem 7 kg/hab (ABIC..., 2003).

Os EUA, com uma demanda anual de 18 milhões de sacas de 60 kg, destacam-se como o maior consumidor, contudo, o consumo per capita é de apenas 4,01 kg/hab/ano. Na Alemanha e na França, grandes consumidores, o consumo per capita é de 7,6 e 5,7 kg/hab/ano, respectivamente. Na Itália, Espanha e Reino Unido, o consumo per capita de café é de 4,8, 4,3 e 2,5 kg/hab por ano, respectivamente (O café..., 2003).

Na hora da compra, quatro itens são determinantes para os consumidores de café: marca, preço, hábito e sabor. O consumidor vai experimentar uma nova

não são admitidos, pois sua presença, mesmo em pequenas proporções, é considerada uma influência negativa para os grãos beneficiados. Esta proporção de defeitos indicada pela entidade só é possível de ser observada em cafés de bebida dura, já que, a partir de 5,16% do defeito preto um café estritamente mole pode passar à bebida dura conforme indica Pereira (1997).

Nos grandes países consumidores, quando o café passou a competir com o consumo de outras bebidas, a estratégia do setor foi primar pela qualidade do produto e observar as demandas variáveis dos consumidores. Nos Estados Unidos, a criação da *Speciality Coffee Association of America* em 1982, teve como alvo principal elevar a consciência do consumidor para adquirir cafés ligados a assuntos sociais e ambientais, como é o caso do café orgânico (Venkatesh et al., 1998).

2.3 Qualidade do café

No setor produtivo, a qualidade do café está relacionada à obtenção de produtos que conquistam excelentes preços no mercado. No campo da difusão de tecnologia, entende-se por qualidade a execução de todas as etapas de produção, com eficiência, economia e produtividade, com base no planejamento preciso de cada fase.

Para o setor agroindustrial, que agrega valor ao produto, as propriedades físicas, químicas, sensoriais e higiênico-sanitárias devem estar de acordo com os padrões estabelecidos para que o café seja considerado de qualidade.

A qualidade, do ponto de vista da conservação ambiental, presume que, na obtenção do café, todos os aspectos ambientais da região de produção, sejam preservados e que nenhuma alteração ocorra.

Obtém um nível satisfatório de qualidade a cadeia produtiva que se preocupa com o lado social, empregando grande quantidade de mão-de-obra e

poderia servir de padrão de bebida para o consumo interno. Houve grande rejeição pelo *blend* preparado com 25% de defeitos pretos, verdes, ardidos, mofados e chuvados e o café robusta teve apenas uma aceitação razoável nos estados produtores deste café e nas regiões Norte e Nordeste (Novo..., 2003).

Com base nestas informações, testes semelhantes foram aplicados, em 1993, com a degustação de quatro tipos de *blends*. O *Blend A* (80% de arábica, bebida rio, com 20% de robusta) teve uma aceitação razoável, já que a porção de robusta mascarou o gosto de iodofórmio que caracteriza a bebida rio. O *Blend B* (70% de arábica, bebida dura, com 30% de arábica bebida mole) foi o mais aceito, concordando com a preferência avaliada em 1992, para a bebida dura. Na avaliação do *Blend C* (60% arábica, bebida Rio com 40% de arábica, bebida dura) os índices de rejeição e aceitação variaram conforme a região onde se aplicou o teste. O último *Blend*, o *D* (80% arábica, bebida dura com 20% de robusta), foi aquele com maior índice de rejeição, mostrando que o robusta utilizado em 20 ou mais pontos percentuais passa a ser dominante sobre a bebida (Novo..., 2003).

Em 2003, a ABIC, com o propósito de elevar o consumo interno dos atuais 13,5 milhões de sacas para 16,5 milhões até 2005, e a 18 milhões em 2010, igual ao consumo dos EUA, implantou o Programa Inédito de Aumento do consumo Interno de Café (PACIC). Entre outras estratégias o programa determina que os cafés industrializados serão controlados, além da pureza, pelo padrão mínimo de qualidade. Este padrão corresponde ao uso de um café Tipo 8 COB com até 360 defeitos e, no máximo, 20% de grãos pretos, verdes ou ardidos (PVA), com qualquer bebida (Cafê..., 2003). O que se observa nesta proposta é que o conceito de qualidade estancou nestes 10 anos, já que a ABIC determina tal padrão como mínimo.

Com base nos trabalhos de Myia et al. (1973/74), Pereira (1997) e Coelho (2000), observa-se que, em cafés de bebidas superiores, os grãos PVA

não são admitidos, pois sua presença, mesmo em pequenas proporções, é considerada uma influência negativa para os grãos beneficiados. Esta proporção de defeitos indicada pela entidade só é possível de ser observada em cafés de bebida dura, já que, a partir de 5,16% do defeito preto um café estritamente mole pode passar à bebida dura conforme indica Pereira (1997).

Nos grandes países consumidores, quando o café passou a competir com o consumo de outras bebidas, a estratégia do setor foi primar pela qualidade do produto e observar as demandas variáveis dos consumidores. Nos Estados Unidos, a criação da *Speciality Coffee Association of América* em 1982, teve como alvo principal elevar a consciência do consumidor para adquirir cafés ligados a assuntos sociais e ambientais, como é o caso do café orgânico (Venkatesh et al., 1998).

2.3 Qualidade do café

No setor produtivo, a qualidade do café está relacionada à obtenção de produtos que conquistem excelentes preços no mercado. No campo da difusão de tecnologia, entende-se por qualidade a execução de todas as etapas de produção, com eficiência, economia e produtividade, com base no planejamento preciso de cada fase.

Para o setor agroindustrial, que agrega valor ao produto, as propriedades físicas, químicas, sensoriais e higiênico-sanitárias devem estar de acordo com os padrões estabelecidos para que o café seja considerado de qualidade.

A qualidade, do ponto de vista da conservação ambiental, presume que, na obtenção do café, todos os aspectos ambientais da região de produção, sejam preservados e que nenhuma alteração ocorra.

Obtém um nível satisfatório de qualidade a cadeia produtiva que se preocupa com o lado social, empregando grande quantidade de mão-de-obra e

associando a imagem do café em eventos de apoio a problemas sociais, como as campanhas contra fome, epidemias, etc.

O consumidor não compreende a complexidade de sabores e aromas produzidos pelo café, e considera que a qualidade está relacionada com a produção de uma xícara de café com gosto agradável, que receba a aprovação de sua memória sensorial, desenvolvida em anos de consumo.

A qualidade do café, entretanto, deve considerar todos esses conceitos, atendendo com precisão a cada um deles. Dada essa complexidade de objetivos a serem alcançados, os nichos de produção que conseguem cumprir essas exigências alcançam vantajosos preços no mercado.

Para regulamentar a produção de cafés com qualidade mínima para o consumo, no Brasil existem leis definidas para o café beneficiado e o torrado e moído.

A Instrução Normativa nº 08 de 11 de junho de 2003 é a legislação mais recente a especificar as normas das características mínimas de qualidade para a classificação do café beneficiado (Brasil, 2003). Ela normatiza todos os critérios de avaliação da qualidade, detalhando-os com relação à classificação por tipo, por peneiras e pela bebida. A Instrução Normativa regulamenta os aspectos referentes à embalagem, marcação ou rotulagem, amostragem, fraude e disposições gerais.

A Portaria nº 377, de 26 de abril de 1999 (Brasil, 1999) foi criada com o objetivo de fixar a identidade e as características mínimas de qualidade a que devem obedecer o café torrado em grão e o café torrado e moído. A legislação especifica os requisitos obrigatórios em relação à composição, características sensoriais e físico-químicas e estabelece normas para o uso de aditivos e para a presença de contaminantes.

O documento enfatiza a obrigatoriedade das indústrias respeitarem as Boas Práticas de Fabricação, citando que: *“O café torrado não deve ser*

consumido, quando estiver alterado ou adulterado por qualquer forma ou meio, inclusive pela adição de corantes ou outros produtos que modifiquem a sua especificação, cujo emprego é vedado, não se admitindo sob qualquer forma a adição de cafês esgotados (borra de solível, borra de infusão de café torrado e moído)” (Brasil, 1999).

A Portaria normatiza ainda as condições para a higiene do produto, pesos e medidas, rotulagem e amostragem para avaliação da identidade e qualidade.

2.4 Cafés especiais

Para os EUA, importante mercado consumidor, os cafés de origem única ou *blends* de alta qualidade, expressos, cafés orgânicos e grãos cuja produção favorece os pássaros e a conservação do meio ambiente e aqueles produtos aos quais se adicionam sabores, eram considerados cafés especiais (O Mercado..., 1999).

O consumo crescente, aliado à grande oferta do produto no mercado mundial, tem pressionado os países produtores a melhorarem a qualidade do café. Isso também motivou muitos cafeicultores a buscarem sistemas produtivos que representem uma oportunidade para agregação de valor, bem como a conquista de novos nichos de mercado, por meio do estabelecimento de sistemas de produção alternativos e ecologicamente corretos, tais como os sistemas orgânicos (Cresce..., 2003).

O segmento de cafés especiais representa, atualmente, cerca de 12% do mercado internacional da bebida. Os atributos de qualidade do café cobrem uma ampla gama de conceitos que vão desde as características físicas, como origens, variedades, cor e tamanho, até preocupações de ordem ambiental e social, como os sistemas de produção e as condições da mão-de-obra. Um exemplo dessa demanda foi a criação do certificado de *Fair Trade*, pela *Starbucks*, uma das maiores redes norte-americanas de distribuição de café, então acusada de

crescimento às custas de exploração de pequenos países produtores de café do terceiro mundo (Souza & Saes, 2001).

São obrigações deste processo o pagamento de salários justos aos trabalhadores, trabalho cooperativo, educação do consumidor, sustentabilidade ambiental, suporte técnico e financeiro e respeito à identidade cultural. A comercialização deste café é realizada por cooperativas de pequenos produtores, garantindo ganhos significativos para os agricultores, já que esse processo elimina os intermediários (Souza & Saes, 2001).

O consumidor não consegue distinguir, mesmo após saborear a bebida, se ela possui os atributos por ele desejados, o que caracteriza o café como bem de crença. Por tudo isso, existe, então, a necessidade do fortalecimento da confiança no organismo certificador que estimula a comprovação dos atributos contidos no selo impresso na embalagem, cuja relação de confiança só se conquista em longo prazo (Souza & Saes, 2001).

Por esses motivos, é preciso que haja o monitoramento ou a rastreabilidade de todo o caminho percorrido pelo produto ao longo do sistema produtivo, para reduzir as perdas de informação ao longo do processo. Nessas categorias de certificação de café, incluem-se o café gourmet, o de origem certificada, o café orgânico e o *Fair Trade* (Souza & Saes, 2001).

O café gourmet está relacionado a grãos de café arábica com alta qualidade, características diferenciadas e quase livre de defeitos, cuja produção tem sido incentivada pela Organização Internacional do Café (OIC). O café de origem certificada relaciona-se aos cafés que são produzidos em regiões, as quais possuem influência no aspecto qualitativo do produto. Na rotulagem destes produtos, existe exigência do monitoramento da produção (Souza & Saes, 2001).

A produção de café orgânico é conseguida respeitando-se as regras desse tipo de produção, o que implica no uso de fertilizantes orgânicos e no controle de pragas e doenças, preferencialmente por meio de controle biológico. Para ser

rotulado como orgânico, tanto a produção como o processamento precisam ser monitorados por uma agência certificadora credenciada. O café *Fair Trade*, já discutido anteriormente, demanda ser monitorado para garantir a presença dos atributos de qualidade desejados (Souza & Saes, 2001).

O preço prêmio obtido pelos cafés especiais representa um incentivo ao comportamento oportunista, estimulando o ingresso de novas empresas no negócio, as quais podem querer vender seus produtos rotulados, sem que eles na verdade, contenham os atributos necessários para tal. Essa atitude pode ser reduzida pelo monitoramento e certificação do produto. A certificação é um instrumento para reduzir a assimetria de informações entre os agentes e melhora a capacidade dos consumidores em identificar atributos de qualidade específicos, que são muito difíceis de observar (Souza & Saes, 2001).

A possibilidade de agregar 390% de valor à saca de café é um estímulo à ampliação da produção de grãos especiais no Brasil. O produtor nacional de café especial recebe até US\$ 245 pela saca de 60 quilos, enquanto o valor pago ao grão tido como comum atinge cerca de US\$ 50 (Grãos..., 2003a).

2.5 Espécies de cafeeiro

O cafeeiro pertence à família *Rubiaceae* e contém cerca de 500 gêneros e mais de 6.000 espécies. As gardênias e as plantas que produzem quinina e outras substâncias úteis são também membros desta família, mas *Coffea*, é sem dúvida, economicamente, o gênero mais importante (Clifford & Wilson, 1985).

O gênero *Coffea* inclui pelo menos 60 espécies, das quais apenas duas são economicamente mais importantes, a *Coffea arabica* L., conhecida como café arábica que responde por 75% da produção mundial, e *Coffea canephora* Pierre, comumente descrita como café robusta, que contribui com 25%. Estas espécies apresentam diferenças consideráveis em suas características botânicas,

genéticas, agronômicas, químicas e morfológicas. O Brasil é um dos poucos países que produzem as duas espécies de café.

A espécie arábica produz cafés de melhor qualidade que contém o mais requintados aromas e os mais intensos sabores. Por isso, os cafés oferecidos nas mais refinadas cafeterias utilizam combinações das melhores bebidas de café arábica. Os grãos dessa espécie podem apresentar diversas tonalidades da cor verde, que é amplamente cultivada na América Latina, na África Central e Oriental, na Índia e em certos pontos da Indonésia, sendo originária do Oriente, de onde resulta seu nome (Etiópia, Yemem ou Arábica Félix). A espécie *Coffea arabica* é freqüentemente suscetível a pragas e doenças, sendo a resistência uma das principais metas em programas de melhoramento genético.

O Quadro 1 contém algumas características relativas dos cafés arábica e robusta em relação ao seu ambiente de cultivo.

QUADRO 1 Características dos cafés arábicas e robustas, com relação aos aspectos vegetativos, exigências edafoclimáticas, produção de frutos e bebida (Clarke & Macrae, 1995).

Características	Arábica	Robusta
Descrição das espécies (ano)	1.753	1.895
Nº de cromossomos (2n)	44	22
Tempo de flor a cereja madura	9 meses	10-11 meses
Floração	Após a chuva	Irregular
Após a maturação (cerejas)	Caem	Permanecem
Produção (kg/ha)	1.500-3.000	2.300-4.000
Sistema radicular	Fundo	Raso
Temperatura ótima (média anual)	15-24° C	24-30° C
Precipitação anual	1500-2000 mm	2000-3000 mm
Altitude	1000-2000 m	0-700 m
<i>Hemileia vastatrix</i>	Suscetível	Resistente
Nematóides	Suscetível	Resistente
Teor de cafeína dos grãos	Média de 1,2%	Média de 2,0 %
Forma dos grãos	Plana	Oval
Características da bebida	Acidez	Corpo, amargor

A espécie *Coffea canephora* Pierre é originária da África, sendo menos exigente em tratos culturais, em relação à espécie *C. arabica* e pode ser cultivada em altitudes mais baixas. Nas bebidas produzidas por estes cafés, não são denotados sabores variados e refinados, como para o *C. arabica*, dizendo-se que tem um sabor típico e único. Sua acidez é mais baixa e, por ter mais sólidos solúveis, é utilizado intensamente nos cafés solúveis. Destaca-se também pelo seu alto teor de cafeína que, em geral, é o dobro do encontrado nos cafés da outra espécie. É cultivado no Centro-Oeste da África, ao longo de Sudeste da Ásia e em certas regiões do Brasil, onde é conhecido vulgarmente como Robusta.

2.6 Melhoramento genético

Um dos fatores que apóiam a liderança do Brasil na produção mundial de cafés, é a utilização de cultivares altamente produtivas e adaptadas às mais distintas condições edafoclimáticas das diversas regiões produtoras do país. A obtenção dessas cultivares deve-se ao contínuo trabalho de melhoramento do cafeeiro, iniciado em 1932, no Instituto Agronômico de Campinas (IAC) e que atualmente, envolve outras instituições nacionais (Mendes & Guimarães, 1996).

Embora as cultivares selecionadas já tenham atingido elevados níveis de produtividade, novos acréscimos poderão advir do desenvolvimento de cultivares com resistência a pragas, doenças ou com características específicas de adaptação a novas fronteiras agrícolas ou de qualidade do produto. Essas características se encontram em *Coffea arabica* e em espécies silvestres de *Coffea*, o que ressalta a importância de um banco de germoplasma (Eira et al., 2003).

Por outro lado, as diferenças citadas entre cultivares referem-se apenas às características vegetativas e de produção, no entanto, torna-se imprescindível conhecer a qualidade de diferentes cultivares, avaliando a composição química

dos grãos, pelo grande potencial que esses materiais possuem, capacitando-os a contribuir para a produção de cafés especiais.

Do ponto de vista agrônomo, o sucesso da lavoura cafeeira, segundo o MAPA/PROCAFÉ (2002) começa pela escolha da variedade adequada, a qual deve possuir características desejáveis, como boa produtividade, vigor, de preferência com porte baixo e tendo boa qualidade nos frutos. A resistência a determinadas doenças ou pragas é uma vantagem adicional, que permite economia no trato da lavoura.

São objetivos gerais de um programa de melhoramento genético do cafeeiro, o desenvolvimento de cultivares de elevado potencial produtivo, com boa qualidade de bebida e, sobretudo, com adaptação às condições de ambiente em que a cafeicultura é explorada no Brasil (Mendes & Guimarães, 1998).

2.7 Cultivares de café

Com a evolução da cafeicultura e a demanda por materiais adaptados às diferentes condições climáticas, um grande número de cultivares vem sendo desenvolvido, para alcançar tais objetivos.

Um dos materiais genéticos mais importantes, a cultivar Mundo Novo é resultante de um cruzamento natural entre as cultivares Bourbon Vermelho e Sumatra. São características destas plantas apresentarem porte alto (3,0 m em média), bom vigor, folhagem abundante e bem equilibrada com a produção de frutos, brotação variando de acordo com a linhagem, com broto roxo ou verde, frutos vermelhos com maturação considerada média a uniforme. São também caracterizadas pela elevada produção de café beneficiado, grãos de tamanho médio a grande com cerca de 90% de grão tipo chato (Guimarães & Mendes, 1996).

Por todas estas características peculiares, a 'Mundo Novo' tem sido utilizada intensivamente em programas de melhoramento genético em diversos

cruzamentos, buscando a obtenção de plantas com porte baixo, maturação uniforme, frutos grandes e outras características vegetativas, preservando, sobretudo, a alta produtividade. Cruzamentos com outras espécies originaram materiais tolerantes à seca, resistentes a pragas e doenças e adaptados para regiões com diferentes condições climáticas. São cultivares obtidas nestes trabalhos: a 'Catuai' e a 'Icatu', ambos com frutos vermelhos e amarelos; a 'Acaiá', a 'Topázio', a 'Rubi' e recentemente lançados a 'Palma', a 'Sabiá', a 'Acauã', a 'Canário', a 'Siriema', a 'Catucaí Amarelo' e a 'Catucaí Vermelho'.

O MAPA/PROCAFÉ (2002), assim descreve as novas cultivares desenvolvidas:

'Catucaí': é resultado do cruzamento (híbrido natural) entre a 'Icatu' e a 'Catuai' de frutos vermelhos e amarelos. Apresenta boa produtividade e vigor, porte baixo, bom nível de resistência à ferrugem (*Hemileia vastatrix* Ber et Berg.) e maturação média. Apresenta linhagens de frutos amarelos e vermelhos. A linhagem Catucaí 785-15 apresenta boa resistência ao nematóide (*Meloidogyne exigua*), sendo indicada para áreas de substituição de lavouras velhas.

'IBC-Palma 1': teve origem em cruzamentos entre a 'Catuai Vermelho' (IAC 81) com a 'Catimor' (UFV 353), realizados em 1974. A cultivar apresenta porte baixo, maturação média, alta resistência à ferrugem, bom vigor e boa tolerância à seca.

'Sabiá': originada no cruzamento entre 'Catimor' (UFV 386) e o 'Acaiá', tem maturação precoce ('Sabiá 417'), média ('Sabiá 708') e tardia ('Sabiá 398'), sendo as duas últimas as mais produtivas e com bom vigor. O porte é baixo e apresenta boa capacidade de resistência à ferrugem.

'Acauã': é resultado do cruzamento entre 'Sarchimor' e 'Mundo Novo'. As plantas apresentam porte baixo, alto vigor e enfolhamento com tolerância à

seca e ao nematóide *M. exigua*. A resistência à ferrugem também é elevada. É indicada para regiões mais quentes e secas.

‘Canário’: tem origem no cruzamento entre ‘Híbrido de Timor’ e ‘Catuai Amarelo’, apresentando frutos amarelos, porte alto, boa resistência à ferrugem e vigor elevado. A maturação é bastante precoce. É indicada para regiões frias ou onde é necessário antecipar o período da colheita.

‘Siriema’: é um material que vem sendo desenvolvido para resistência múltipla, ao bicho-mineiro e a ferrugem. É resultado do cruzamento entre *Coffea racemosa* e *C. arabica* e as plantas melhoradas retrocruzadas com ‘Sarchimor’. É um material que ainda não está sendo distribuído para reprodução por sementes, pois não está estabilizado, podendo ser liberado na próxima geração (F₅) ou então clonado.

O vigor vegetativo e as altas produções são características que se encontram intimamente relacionadas. É possível observar que as progênies mais produtivas normalmente são aquelas com um bom aspecto vegetativo (Carvalho et. al, 1959). Diferentes cultivares podem apresentar ampla variação quanto a essas características, conforme observou Dias (2002) ao avaliar 25 progênies de cafeeiro.

As cultivares desenvolvidas em programas de melhoramento também são avaliadas quanto ao desempenho em diferentes práticas de manejo e denotam diferenças significativas. As respostas dos cafeeiros das cultivares ‘Mundo Novo’ (MG 379-19), ‘Icatu Precoce’ (MG 3282), ‘Icatu Amarelo’ (MG 2944) e ‘Rubi’ (MG 1192) à diferentes épocas de parcelamento de adubação, foram avaliadas por Bartholo (2001), que observou um efeito variado para as características de produção e crescimento dos componentes vegetativos. A cultivar Icatu Precoce (MG 3282), ao contrário das demais cultivares, apresentou variação no padrão de acúmulo de matéria seca nos frutos, processo que iniciou-se em dezembro.

2.8 Composição química

✓ A composição química dos grãos é influenciada por fatores genéticos, ambientais e culturais, pelos métodos de colheita, processamento, armazenamento torração e moagem, que podem afetar diretamente a qualidade da bebida do café. A ABIC afirma que não só o beneficiamento ou os cuidados na torra e moagem, ou um *blend* cuidadosamente estudado e controlado, fazem a qualidade da bebida café. A origem genética dos grãos é tão decisiva quanto todos os outros cuidados que permeiam a produção, do pé de café à xícara do consumidor (Qualidade, 1999).

Quijano-Rico & Spettel (1973) afirmam que os cafés da espécie *C. canephora* Pierre, apresentam maiores teores de cobre (11 a 32,7 mg.kg⁻¹ de matéria seca) em relação aos de *C. arabica* L. (<0,5 mg.kg⁻¹ de matéria seca).

A espécie *C. canephora*, conforme Raghavan & Ramalakshmi (1998), contém maiores teores de cinzas nos grãos crus em relação à espécie *C. arabica*, sendo encontrado de 4,0% a 4,4% para a primeira espécie e entre 3,0% a 4,2% para a segunda, ambos na matéria integral. Os valores observados por Sabbagh & Yokomizo (1976) foram 3,83% para cafés arábicas e 4,65% para os robustas. Os autores citam que as cinzas usadas no cálculo das taxas de extração de café solúvel não são muito precisas, uma vez que esse parâmetro varia em função da variedade de café. A principal relação entre a taxa de extração e os elementos minerais é que a porcentagem do elemento potássio, o qual representa em torno de 40% das cinzas, diminui com o aumento da taxa de extração e, portanto pode ser utilizada no cálculo do seu valor.

Avaliando os teores dos metais existentes em grãos de café das espécies arábica e robusta, provenientes de diversos países produtores, Martín et al. (1998a) observaram que os teores de fósforo e cobre são maiores nos cafés robustas, e o de manganês, em arábicas. Estes metais foram considerados

eficientes para caracterizar cafés arábicas e robustas, por meio de análise multivariada.

Nas 41 amostras de cafés das espécies robusta e arábica provenientes de 11 países, avaliadas por Martín et al. (1998b), os teores de sólidos solúveis de cafés robustas variaram entre 23,13% a 27,47% e essas amostras eram provenientes da Tailândia e do Vietnã, respectivamente. Para os cafés arábicas, a variação foi de 22,08% a 29,54% e ambas as amostras eram brasileiras. Estes resultados mostram que a origem geográfica é capaz de influenciar a composição química dos cafés e, também, a excelência do Brasil na produção de cafés de qualidade.

Sivetz & Desrosier (1979) relatam que a torração desnatura a maioria das proteínas, tornando-as menos solúveis em H_2O e as grandes moléculas de proteína quebram-se parcialmente; essas reações são altamente irreversíveis. Este fenômeno, segundo o autor, explica por que a extração com água em temperatura ambiente, em cafés crus, origina mais produtos solúveis do que com água fervente.

Pádua (2002) observou que os cafés conilon e arábica, bebidas dura, rio e mole, apresentaram valores decrescentes, nesta ordem, para os teores de extrato aquoso, avaliados antes do armazenamento. O autor observou ainda que a torração escura promoveu a obtenção de maior percentual de extrato aquoso, em relação à média escura, associando esta ocorrência ao fato de que as torrações mais severa, disponibilizam maiores quantidades de substâncias, o que faz deste tipo de torração, a preferência de muitos consumidores.

Valores entre 25% e 38,98% de extrato aquoso foram observados por Pedro et al. (1996) em cafés comerciais torrados e moídos da região de Campinas. A variação foi associada, pelo autor, ao fato destes cafés serem constituídos de misturas de diferentes origens e aos graus de torração e moagem diferentes.

Em trabalho que avaliou o efeito do armazenamento e de tipos diferentes de café, Fernandes (2003) observou haver uma interação significativa entre esses dois fatores e essa variável, relatando uma redução no extrato aquoso com a extensão do período de armazenamento, em especial, nos cafés arábicas. Maiores teores do extrato aquoso foram obtidos em café conilon, seguido do blend (arábica + 30% conilon), dos cafés arábica safra 88/89 e arábica 2000.

O grau de torração foi investigado por Pádua (2002), que observou que as torrações mais severas são as causadoras de uma maior degradação de açúcares.

Redgwell et al. (2002) observaram que o porcentual de polissacarídeos degradados variou entre amostras de 3 cultivares de arábica, em torração clara, sendo que a cultivar Caturra Amarelo, teve 25,4% de degradação, enquanto 'Catimor' e 'Sarchimor' tiveram 11,4% e 15,5%, respectivamente. O autor observou que, em torrações mais escuras, todas as cultivares apresentaram aproximadamente o mesmo nível de degradação de polissacarídeos, que foi, em média, de 40%.

Entre os açúcares que fazem parte desta fração, a sacarose destaca-se como sendo aquele encontrado em maior quantidade no grão de café, e sua quantificação pode variar entre espécies, origem e tipo de processamento. Roger et al. (1999) observaram o dobro de sacarose em grãos de café arábica maduros, em relação ao café robusta.

Para as cultivares Catuai Amarelo e Mundo Novo, a Unidade Técnica da OIC (1992) observou que o teor de sacarose foi maior para a primeira cultivar processada pelo despulpamento e menor nos frutos verdes. Os grãos das cerejas maduras da cultivar Mundo Novo continham mais sacarose do que os verdes, concluindo o autor que há efeito do processamento e do grau de maturação dos frutos na dosagem destes compostos.

O café arábica de bebida mole, avaliado por Pádua (2002), apresentou mais açúcares não redutores (0,7%) que os de bebida dura e rio, em grãos obtidos por torração média escura. Teores de 3,5% foram encontrados por Coelho (2000) em café de bebida estritamente mole, em torração clara (ou americana), enquanto níveis bem menores destes açúcares foram observados nos defeitos preto, ardido e verde. Essas duas observações confirmam a relação positiva existente entre a melhoria do padrão de bebida e o nível destes açúcares.

A glicose e a frutose são, entre os açúcares redutores, encontradas em maior quantidade em grãos crus, conforme indicam Rogers et al. (1999), que observaram ainda que, no início da maturação dos frutos, são os açúcares predominantes.

✕ Oosterveld et al. (2003) observaram que 60% da arabinose presente no grão cru são perdidas, provavelmente pela conversão a produtos originados de reações como *Maillard* ou produtos de outras reações de pirólise ocorridas durante o processo de torração. Aproximadamente de 24% a 30% de galactose, ácido urônico e ramnose são convertidos em produtos de degradação. A degradação de glicose foi um pouco maior que para a manose, possivelmente devido à degradação de um pouco de sacarose residual.

✕ Redgwell et al. (2002) observaram que pela ordem, a manose, a galactose e a glicose são os monossacarídeos presentes em maiores quantidades no grão cru e que os teores desses açúcares são reduzidos proporcionalmente em torrações clara e média; a galactose é mais afetada pela torração escura. Os autores observaram que há uma sutil variação entre os teores destes açúcares para as três cultivares avaliadas.

✕ Grãos maduros da espécie *C. arabica*, avaliados por Rogers et al. (1999), apresentaram média de 12% de açúcares totais livres enquanto a espécie *C. canephora* continha 5%.

Em café torrado, bebida estritamente mole, Coelho (2000) encontrou valor próximo a 1,3% de açúcares redutores.

O *blend* composto por café arábica (70%) e Conilon (30%), torrado, apresentou maiores teores de açúcares redutores que os cafés que originaram esta mistura, em trabalho de Fernandes (2003). Essas diferenças o autor associa à dificuldade de estabelecer um ponto de torração uniforme, devido aos grãos de Conilon serem escuros.

✕ Em frações de polissacarídeos com pequenas quantidades de manana, galactomana e outros polissacarídeos pécicos, Redgwell et al. (2002b) observaram que os aminoácidos presentes em maiores quantidades, ligados às arabinogalactanas são, em ordem decrescente, a alanina, a hidroxiprolina e a serina.

Os óleos têm importante papel na retenção do *flavour* do café torrado, e devido aos altos teores em que são encontrados nos grãos, são objetos de vários estudos. Entre esses, estudos do teor de tocoferóis e triglicerídeos de cafés torrados, realizados por González et al. (2001), demonstraram que os triglicerídeos podem ser usados como descritores químicos para separarem as espécies arábica e robusta, por meio dos grãos crus. Os isômeros β e γ foram considerados capazes de separar as espécies, mesmo a partir dos grãos torrados.

Os esteróides da fração lipídica de grãos crus de cafés arábicas e robustas foram estudados por Carrera et al. (1998). Os autores observaram, nos cromatogramas, que há diferença na composição dos esteróides, sendo o Δ^5 -avenasterol correspondente ao maior pico nas amostras de robustas e o sitostanol, (Δ^7 -stigmastenol e Δ^7 -avenasterol) em arábica, o que produziu picos mais altos.

Com o processo de torração, o teor de lípidos aumenta, um aumento relativo, pois, na verdade, o que ocorre é a redução de outras frações, como água e carboidratos, entre outros.

O aumento do grau de torração causa um incremento proporcional ao teor de extrato etéreo, como foi observado por Pádua (2002) em cafés arábica de bebida mole. Os resultados de Coelho (2000) são concordantes, pois, em seu trabalho, obteve valor próximo a 14%, com a torração clara de café arábica bebida estritamente mole.

O *blend* formado pela mistura de 70% e 30% de grãos das espécies arábica e robusta, respectivamente, apresentou valor intermediário entre o café arábica, com o maior valor e robusta, com quantidades inferiores de extrato etéreo (Fernandes, 2003).

Os compostos fenólicos estão presentes no grão de café em grandes proporções. Sua função tem sido associada à inibição de insetos e pragas, e quando encontrados em grandes proporções, são associados à perda de qualidade do café (Clifford, 1995).

Martín et al. (1998) estudaram os teores de polifenóis e do ácido clorogênico em cafés arábica e robusta. Foram claramente detectados valores superiores destes dois compostos no café robusta. De acordo com a aplicação da técnica dos componentes principais, as variáveis distintivas foram essas duas, incluindo o teor de cafeína. O maior e o menor teor observado neste trabalho para cafés arábica foram de 8,2% e 4,4%, respectivamente e em robusta variou de 6,0% a 9,5%.

Grãos obtidos de frutos da cultivar Catuaí Vermelho, avaliados por Pimenta (2001), apresentaram valores entre 7,85% a 6,86%, em função de distintas épocas de colheita. O autor associou os valores mais elevados nas primeiras colheitas, a presença de maior quantidade de frutos verdes na mistura.

Os ácidos clorogênicos estão entre os compostos fenólicos, encontrados em maiores quantidades. Por conta disso, muitos autores referem-se ao teor de polifenóis com base neste ácido. Smith (1963) observou teores de 6,81% e

6,94% em cafés arábicas provenientes do Kênia e do Brasil (Santos) e 10,09% e 9,39% para robustas de Uganda e Congo, respectivamente.

Estes ácidos avaliados por Kaden (1964), variaram de 5,8% a 6,0% em amostras de café arábica isentas de defeitos e, naquelas com defeitos, os valores obtidos foram de 6,1% a 6,5%

A multiplicidade dos grupos funcionais dos ácidos clorogênicos permite a possibilidade de um grande número de reações, quando estes ácidos são aquecidos em altas temperaturas (Corse et al., 1970).

A acidez total aumenta com o processo de torração e é proporcional ao grau de torração, pois, quanto mais calor é oferecido à massa dos grãos, maior quantidade de reações é desencadeada e maiores quantias de substratos são requeridas. Assim, em proporção estequiométrica, produtos com caráter ácido são formados.

Fernandes (2003) observou variações na acidez total de cafés arábica de safras diferentes, sendo maior o valor relativo à safra mais antiga. O café conilon também avaliado neste trabalho apresentou menor valor par ao pH em relação aos cafés arábicas.

A cafeína é pouco afetada pela torração, por isso Pictet & Rehacek (1982) sugerem que a cafeína possa ser utilizada como forma de monitorar a severidade da torração.

Casal et al. (2000) avaliaram o teor de cafeína das espécies arábica e robusta e observaram que, tanto nos grãos crus como nos torrados, os robustas contêm maiores quantidades deste composto. Os autores avaliaram ainda a influência do tempo de torração, amostrada a cada 15 minutos, sobre o teor de cafeína. As avaliações demonstraram que a cafeína reduziu muito pouco, pois a temperatura de 185°C, que corresponde à sua temperatura de sublimação, foi atingida a partir de 10 minutos. O fenômeno foi relacionado à porosidade e à

pressão interna criada dentro dos grãos, que causaram alguma dificuldade para a sublimação da cafeína.

Grãos despulpados de espécies selvagens de *C. arábica* L., originadas da Etiópia e do Kenia e de *C. canephora* P., cultivadas em cinco países africanos, foram avaliados por Ky et al. (2001), com o objetivo de determinar as diferenças para os teores de sacarose, trigonelina, cafeína e ácido clorogênico. Os genótipos de *C. arábica* L. apresentaram maiores teores de sacarose e trigonelina e, nos genótipos de *C. canephora* P., foram encontrados os maiores valores para a cafeína e ácido clorogênico. O trabalho revela ainda que não houve influência dos locais de coleta dos cafés nos teores dos constituintes químicos avaliados.

O conhecimento do potencial de produção de cafés de qualidade, das cultivares melhoradas geneticamente, é uma ferramenta para complementar os trabalhos de melhoramento genético. Lopes (2000) avaliou alguns constituintes químicos dos grãos crus de uma mistura de frutos de oito cultivares de *Coffea arábica* L. e observou variações significativas nos teores de sólidos solúveis, extrato etéreo, açúcares e proteína bruta. O autor ressalta a correlação destes constituintes com a qualidade de bebida, por serem estes compostos os precursores das substâncias responsáveis pelo sabor e aroma da bebida do café.

Em estudos realizados sobre as características químicas de 15 das principais cultivares e linhagens do café tipo arábica lançadas pelo IAC e cultivadas naquela região, Aguiar (2001) observou diferenças estatísticas significativas para os teores de sacarose, proteína, ácido clorogênico, trigonelina e cafeína.

Significantes diferenças foram observadas no aroma, acidez e corpo de bebidas preparadas de grãos de 'Catimor', 'Caturra' e 'Catuai', cultivadas em Costa Rica, em trabalho realizado por Astua & Aguilar (1998). Entre as cultivares, Catimor foi a que apresentou qualidade de bebida inferior, que foi

associada, pelos autores, a uma baixa qualidade nas características físicas dos grãos.

X Frutos de cinco variedades de café, sendo duas de robusta e três de arábica, foram colhidos em intervalos de 4 semanas após a oitava semana de floração (Rogers et al., 1999). O objetivo foi observar as mudanças que ocorrem nos teores de açúcares, nos isômeros do ácido clorogênico e em outros constituintes químicos, e o comportamento das duas espécies. Os resultados demonstraram haver uma concentração maior de glicose nos estádios iniciais do desenvolvimento do fruto em todas as cultivares, sendo maior para a espécie arábica (8% a 12%) do que para a robusta (2% a 4%). Nas etapas finais do desenvolvimento dos grãos (30 semanas para o arábica e de 36 a 40 para o robusta), os teores de glicose e frutose diminuíram em ambas as espécies, resultando em um aumento no teor de sacarose que foi maior para a espécie arábica (5% a 12% MS) do que para a robusta (4% a 5% MS).

Importantes aspectos fitotécnicos podem interagir com a cultivar, influenciando diretamente a qualidade da bebida. Figueroa et al. (2000) avaliaram a influência de três diferentes altitudes sobre as características organolépticas e físicas das cultivares Bourbon, Caturra e Catuai. O trabalho revelou uma clara influência da altitude sobre a qualidade do café, embora a cultivar Catuai tenha apresentado maior depreciação para os caracteres organolépticos da bebida, quando comparada com as cultivares Bourbon e Caturra, em relação as três altitudes estudadas.

Outro fator muito importante, ao considerar a qualidade do café, é a composição química dos grãos remanescentes do processo de torração. Os grãos de café, devido à torração, sofrem modificações de seus componentes químicos, originando novos compostos que atribuem características únicas e especiais à bebida do café.

Os grãos torrados de oito cultivares, estudados por Lopes (2000) apresentaram um comportamento diferenciado na variação do percentual dos compostos químicos avaliados após a torração, ocorrendo reduções e, em alguns casos, aumento. Estas mudanças, assim como a intensidade com que ocorrem, podem ser responsáveis pela produção de bebidas diferenciadas, relata o autor.

Em estudos realizados por Redgwell et al. (2002), foi possível observar efeitos variados nos grãos das cultivares Catimor, Sarchimor e Caturra Amarelo, em três graus de torração, para o nível de degradação dos polissacarídeos. Em relação às diferenças encontradas para os três graus de torração, os autores observaram que na torração clara, a cultivar Catimor teve a menor degradação (11,4%); para a torração média, o menor nível foi para o Sarchimor (20,6%), enquanto que na escura, aproximadamente 40% dos polissacarídeos dos grãos de todas as cultivares foram degradados.

2.9 Análise multivariada

Devido aos fenômenos serem estudados a partir de dados coletados ou mensurados em muitas variáveis, os métodos estatísticos delineados para obter informações a partir destes conjuntos de informações são denominados de métodos de análises multivariados (Ferreira, 1996).

A análise da divergência genética entre genótipos é comumente realizada por meio da dispersão gráfica destes, utilizando-se as estatísticas multivariadas obtidas das variáveis canônicas ou dos componentes principais. Estas metodologias têm por finalidade transformar um conjunto original de características em outro conjunto de dimensão equivalente, com propriedades importantes. Cada variável canônica, bem como cada componente principal, é uma combinação linear das variáveis originais, sendo independentes entre si e estimados com o propósito de reter, em ordem de estimação, o máximo da informação, em termos de variação total, contida nos dados iniciais. Em estudos

de divergência genética, estes procedimentos permitem a identificação dos materiais similares em gráficos de dispersão bi ou tridimensionais (Cruz & Regazzi, 1994).

A viabilidade de utilização de ambas as técnicas em estudos de divergência genética dependerá da possibilidade de se resumir o conjunto de variáveis originais em poucos componentes, o que significará ter boa aproximação do comportamento dos indivíduos, oriundo de um espaço n -dimensional (n = número de caracteres estudados) em um espaço bi ou tridimensional. Assim, especialmente quando o número de genótipos considerado for elevado, a utilização dessas técnicas proporcionará considerável simplificação nos cálculos estatísticos, facilitando a interpretação dos resultados em gráficos, nos casos em que os primeiros componentes principais ou as primeiras variáveis canônicas forem responsáveis por um mínimo de 70% a 80% da variação total disponível (Barros, 1991; Cruz & Regazzi, 1994).

Dessa forma, a utilização da teoria de análise multivariada tem-se mostrado promissora, pois permite combinar todas as informações contidas na unidade experimental, de modo que as inferências sejam baseadas em um complexo de variáveis. Ambos os procedimentos permitem a identificação da importância relativa dos caracteres na divergência genética, baseando-se no princípio de que a importância relativa dos componentes principais e, ou, variáveis canônicas decresce do primeiro para o último, sendo os últimos responsáveis pela explicação de uma fração mínima da variância total disponível (Fonseca, 1999).

2.10 Técnicas multivariadas em estudos e qualidade do café

As técnicas multivariadas têm sido utilizadas em diversos trabalhos com o objetivo de caracterizar quimicamente cafés de diferentes procedências e origem genética. Os resultados são concordantes em afirmar que tal técnica

possibilita separar cafés obtidos de distintas cultivares, locais de produção, entre outros.

O perfil de ácidos graxos foi usado como parâmetro de discriminação para a diferenciação de espécies de café por Martin et al. (2001). Na fração lipídica de amostras de cafés torrados das espécies arábica e robusta, os ácidos graxos foram mensurados e considerados como descritores químicos para diferenciar os tipos de cafés. Os autores observaram que os ácidos oléico, linolênico, linoleico e mirístico foram os que mais contribuíram para separar os cafés em função das espécies a que pertenciam.

Carrera et al. (1998) avaliaram os esteróis de 31 amostras entre cafés arábica e robusta e conseguiram, a partir do uso da técnica de componentes principais, realizar a separação destas amostras.

Os métodos multivariados foram utilizados por Maeztu et al. (2001a) para separar cafés expressos de diferentes origens botânicas e tipos de torração. A análise por componentes principais foi aplicada para diferenciar as amostras, possibilitando a separação dos cafés arábica e robusta a partir dos parâmetros físico-químicos e sensorial e dos parâmetros relacionados com a espuma e o sabor dos cafés expressos.

A diferenciação entre cafés crus arábica e robusta de acordo com a composição química foi realizada por Martin et al. (1998). Os autores avaliaram os teores de ácido clorogênico, cafeína, trigonelina, extrato aquoso, aminoácidos e polifenóis de 41 amostras e utilizando-os como descritores químicos. A partir da técnica dos componentes principais, observaram que o teor de cafeína e de aminoácidos possibilitou diferenciar os cafés de ambas as espécies.

Os níveis de tocoferóis e de triglicerídeos foram avaliados por González et al. (2001) e considerados como descritores químicos para, a partir de métodos quimiométricos, diferenciar espécies de café. Foram aplicadas as técnicas do componente principal e da discriminância linear, sendo possível realizar a

diferenciação de cafés arábica e robusta pelo perfil dos triglicerídeos e a separação de grãos crus e torrados usando-se o perfil de tocoferóis.

Alves et al. (2003) também avaliaram a composição de ácidos graxos e seus isômeros de 24 amostras de cafés de diferentes procedências e origem botânica. Os autores consideraram, a partir da análise multivariada, a possibilidade de usar o perfil de ácidos graxos como um marcador de variedade de café e de ele ser um parâmetro para medir as condições de torração.

Trabalhos realizados por Martín et al. (1998) caracterizam o teor de onze tipos de metais em grãos de café arábica e robusta. Os resultados obtidos para as 41 amostras foram avaliados pelo método do componente principal, que permitiu a eficiente separação destes cafés, tendo o fósforo, o manganês e o cobre contribuído como descritores químicos para alcançar essa diferenciação.

Theodoro (2001) utilizou a técnica dos componentes principais e obteve êxito na separação de cafés colhidos no pano, com qualidade superior, dos cafés de varrição, a partir de avaliações de parâmetros físico-químicos.

Em trabalho realizado por Andueza et al. (2002), a separação de cafés expressos obtidos em diferentes pressões de água, em função das propriedades físico-químicas e sensoriais e pelos teores dos componentes-chaves do aroma, foi conseguida. Os resultados avaliados pela técnica dos componentes principais propiciaram a separação dos cafés preparados com as pressões de 7 e 9 atm do obtido a 11 atm, pelas características da espuma, propriedades do *flavour*, e alguns aromas-chaves.

Usando a técnica cromatográfica líquida de alta resolução (CLAE), Guerrero et al. (2001), avaliaram o perfil de derivados do ácido hidroxicinâmico em cafés crus e por meio de análise multivariada, conseguiram separar a espécie *Coffea canephora* de outros genótipos, incluindo cultivares de *Coffea arabica*.

Três amostras de café expresso de distintas origens botânicas e com diferentes tipos de torração, tiveram o seu perfil sensorial determinado por meio

de cromatografia gasosa e os dados obtidos foram avaliados pela análise de componentes principais (Maeztu et al., 2001b). Os autores conseguiram a separação de amostras de arábica e robusta a partir do primeiro componente principal, que explicou 60,7% da variância total usando componentes chaves do aroma como descritores.

A relativa importância do uso das técnicas multivariadas na classificação sensorial de amostras de café foi obtida por Schlich (1998), que conseguiu separar 8 tipos de café em 2 grupos, em função da acidez e do amargor, agrupando-os ainda em função do *flavour*.

A relação entre o perfil obtido por cromatografia gasosa e os dados sensoriais, analisados em 31 amostras de cafés arábicas, promoveu a separação destas amostras em seis grupos por meio da análise de componentes principais (Wada et al., 1989). As características estudadas foram o aroma ácido, adocicado, gramíneo, térreo, o *flavour* e o aroma total.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização do experimento

Os grãos das cultivares de cafeeiro: 'Rubi', 'Sabiá 398', 'Siriema', 'Icatu Amarelo', 'Icatu Vermelho', 'Catuaí Amarelo', 'Catuaí Vermelho', 'Canário', 'Palma I', 'Catucaí Amarelo', 'Catucaí Vermelho', 'Topázio', 'Bourboun Amarelo', 'Acauã', 'Acaiá' e 'Mundo Novo', pertencentes ao ensaio de melhoramento genético da Fazenda Experimental de Varginha, localizada na região Sul de Minas Gerais, coordenado pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA/PROCAFÉ) foram os objetos desse estudo.

Para o experimento, foram colhidos, por derriça manual no pano, aproximadamente 25 litros de café por cultivar em 11 de junho de 2002. O material foi transportado para o Pólo de Tecnologia em Pós-colheita do Café do Centro de Ensino Pesquisa e Extensão do Agronegócio Café (CEPECAFÉ) da Universidade Federal de Lavras, onde foi imediatamente lavado. Os frutos *bóia* de cada parcela foram separados por imersão do café em uma caixa d'água de 1000 litros e retirados com o auxílio de uma peneira. O restante do material foi processado em um descascador manual (Figura 1).

O café foi levado à secagem em terreiro de concreto durante 11 dias, manuseado em camadas bem finas, sendo revolvido, em média, sete vezes ao dia no sentido da sombra e, a partir da meia seca, amontoado e coberto com lona plástica à tarde. O processo foi interrompido quando os grãos apresentaram um teor médio de umidade de 12%.

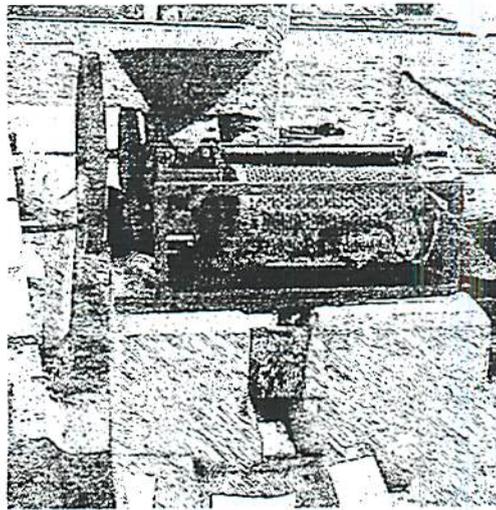


FIGURA 1 Descascador manual de café. CEPECAFÉ/UFLA – Lavras - MG

O café em pergaminho permaneceu armazenado em latas de alumínio, em sala refrigerada a $\pm 15^{\circ}\text{C}$, por dois meses, quando foi beneficiado e homogeneizado. O volume de café de cada cultivar foi dividido em três partes iguais, constituindo as três repetições. As amostras permaneceram armazenadas nesta sala, nas mesmas condições, até o início das avaliações.

3.2 Preparo das amostras

As etapas subsequentes que envolveram o preparo e as avaliações propostas foram realizadas no Pólo de Tecnologia em Qualidade do Café. Amostras de grãos crus e torrados das 16 cultivares foram avaliadas, das quais foram retirados todos os defeitos.

As amostras destinadas às análises químicas do grão cru foram moídas durante 3 minutos, em moinho de bola, com nitrogênio líquido. Após a moagem,

o material foi acondicionado em embalagens de PVC e armazenado em freezer, com temperatura aproximada de -18°C .

No preparo das amostras de grãos torrados, utilizaram-se os grãos classificados entre as peneiras 16 e 18 de grãos chatos, com o intuito de uniformizar o grau de torração, para o qual o tamanho dos grãos exerce grande influência (Lopes, 2000).

A torração dos grãos foi realizada em torrador da marca Probat, tipo BRZ 6, estabelecendo-se o final do processo em função da observação da cor, para a qual considerou-se como padrão a torra clara ou americana.

Parte dos cafés torrados foi destinada à avaliação sensorial e o restante foi moído, peneirado (425 mm) e armazenado nas mesmas condições das amostras de café cru.

Mediu-se o teor de umidade e o peso dos grãos antes e após a torração, com o objetivo de determinar a redução da umidade e a perda de peso e de matéria seca das amostras.

3.3 Análises físico-químicas e químicas

As análises de condutividade elétrica, lixiviação de íons potássio, sólidos solúveis e resíduo mineral fixo foram realizadas apenas nas amostras de grãos crus e a análise do extrato aquoso feita exclusivamente nos grãos torrados. As demais avaliações foram procedidas em ambos os tipos de grãos.

3.3.1 Umidade

O teor de umidade dos grãos foi determinado em estufa ventilada a $105^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, durante 24 horas, segundo Brasil (1992).

3.3.2 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica foi determinada segundo metodologia proposta por Prete (1992). Os resultados foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$.

3.3.3 Lixiviação de íons potássio

A extração foi realizada após 3,5 horas de embebição dos grãos, e a determinação da quantidade de potássio lixiviado foi realizada em fotômetro de chama Digimed NK- 2002, segundo metodologia proposta por Prete (1992). Os resultados foram expressos em ppm.

3.3.4 Resíduo mineral fixo

Esta fração, também denominada de cinzas, foi determinada pelo método gravimétrico com aquecimento a 550°C em mufla e, posteriormente, utilizando balança analítica, segundo a AOAC (1990).

3.3.5 Sólidos solúveis

Os sólidos solúveis foram determinados em refratômetro portátil Atago - Palette modelo PR-100 (0- 32%), conforme normas da AOAC (1990).

3.3.6 Determinação da cor do café torrado

Procedeu-se a leitura do café torrado e moído disposto em placa de petri, em ambiente iluminado artificialmente, pelo colorímetro da marca Minolta equipado com um canhão CR-200, calibrado em cerâmica branca, por meio do sistema L^*a^*b (CIELAB). A variável "L" é o indicador da luminosidade e "a" e "b" representam as coordenadas cromáticas. O objetivo dessa avaliação foi averiguar possíveis diferenças na coloração do café torrado, dada a sua relação direta com o grau de torração.

3.3.7 Extrato aquoso

A tomada de ensaio considerou 1 g de amostra, a qual foram adicionados 100 mL de água fervente. Esta solução foi submetida ao aquecimento por 1 hora, sendo então transferida para um balão volumétrico de 250 mL. Após resfriamento, completou-se o volume do balão. Em seguida, procedeu-se a filtração, do qual foram retirados 25 mL que foram transferidos para um béquer de 50 mL, previamente pesado (tarado). Após concentração em banho-maria, o béquer contendo a solução foi levado à estufa a 105°C até peso constante (Instituto Adolfo Lutz, 1985).

3.3.8 Açúcares totais, redutores e não redutores

Os açúcares foram extraídos pelo método de Lane-Enyon, citado pela AOAC (1990) e determinados pela técnica de Somogy, adaptada por Nelson (1944).

3.3.9 Proteína bruta

O teor de nitrogênio foi determinado pelo método Micro-Kjedahl compreendendo as etapas de digestão com H₂SO₄, destilação com solução de NaOH 50% e, finalmente, a titulação com solução de HCl 0,02 mol L⁻¹, conforme procedimento da AOAC (1990). Utilizou-se o fator de conversão para proteína bruta equivalente a 6,25.

3.3.10 Extrato etéreo

O extrato etéreo foi obtido por extração com éter etílico, por 5 horas, em aparelho do tipo Soxhlet, da Tecnal, segundo normas da AOAC (1990).

3.3.11 Polifenóis

Os polifenóis foram extraídos a quente pelo método de Goldstein & Swain (1963) utilizando metanol (50%) como extrator e identificados pelo método de Folin Denis, descrito pela AOAC (1990).

3.3.12 Acidez total e pH

A partir do filtrado obtido pela agitação de 2 gramas de amostra em 50 mL de água, a acidez foi determinada por titulação com NaOH 0,1 mol L⁻¹ de acordo com técnica descrita pela AOAC (1990) e expressa em mL de NaOH 0,1 mol L⁻¹ por 100 gramas de amostra. A partir do mesmo extrato, o pH foi medido utilizando-se peagâmetro marca Gehaka.

3.3.13 Cafeína

A cafeína foi extraída segundo o 1^o Método descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (1985) e determinação por colorimetria.

3.4 Classificação física

3.4.1 Classificação por peneira

Usando-se 500 g de amostra, os cafés foram classificados em peneiras intercaladas, para classificação de grãos chatos de números 14 a 19 e de grãos moca de números 9 a 13. Avaliou-se o percentual de retenção de cada peneira individualmente, e o somatório das peneiras 17 e acima para grãos chatos (chato graúdo) e 16 e 15 (chato médio). Para o café moca, somaram-se as peneiras 13,12 e 11 (moca graúdo) e todas as peneiras de grãos moca. Consideraram-se ainda os grãos retidos no fundo da peneira (Brasil, 2003).

3.4.2 Classificação por tipo

A classificação por tipo foi realizada pela soma do número de defeitos encontrados em 300 g de amostras de café beneficiado, onde cada defeito recebeu sua equivalência, conforme rege a Instrução Normativa nº 8 (Brasil, 2003), tendo sido considerados apenas os defeitos intrínsecos: os ardidos, os verdes, os pretos, os conchas, os chochos e mal granados e os brocados.

3.5 Análise sensorial

No preparo da infusão, utilizaram-se cerca de 25 gramas de pó para 200 mL de água a ± 80 °C. As avaliações foram realizadas em triplicata para cada repetição, por dois provadores, que elaboraram apenas uma resposta por repetição. A ficha de avaliação utilizada pelos mesmos encontra-se na Figura 2.

Amostra nº		Dia					
Corpo	<input type="checkbox"/> Encorpado	<input type="checkbox"/> Semi-encorpado			<input type="checkbox"/> Fraco		
Acidez	<input type="checkbox"/> Alta	<input type="checkbox"/> Média			<input type="checkbox"/> Baixa		
Doçura	<input type="checkbox"/> Alta	<input type="checkbox"/> Média			<input type="checkbox"/> Baixa		
Bebida	<input type="checkbox"/> EM	<input type="checkbox"/> Mole	<input type="checkbox"/> AM	<input type="checkbox"/> Dura	<input type="checkbox"/> Riada	<input type="checkbox"/> Rio	<input type="checkbox"/> RZ
Aroma							
Fragrância							
Obs.							

FIGURA 2 Ficha de avaliação sensorial descritiva dos cafés. Lavras, MG /2002.

eficientes para caracterizar cafés arábicas e robustas, por meio de análise multivariada.

Nas 41 amostras de cafés das espécies robusta e arábica provenientes de 11 países, avaliadas por Martín et al. (1998b), os teores de sólidos solúveis de cafés robustas variaram entre 23,13% a 27,47% e essas amostras eram provenientes da Tailândia e do Vietnã, respectivamente. Para os cafés arábicas, a variação foi de 22,08% a 29,54% e ambas as amostras eram brasileiras. Estes resultados mostram que a origem geográfica é capaz de influenciar a composição química dos cafés e, também, a excelência do Brasil na produção de cafés de qualidade.

Sivetz & Desrosier (1979) relatam que a torração desnatura a maioria das proteínas, tornando-as menos solúveis em H₂O e as grandes moléculas de proteína quebram-se parcialmente; essas reações são altamente irreversíveis. Este fenômeno, segundo o autor, explica por que a extração com água em temperatura ambiente, em cafés crus, origina mais produtos solúveis do que com água fervente.

Pádua (2002) observou que os cafés conilon e arábica, bebidas dura, rio e mole, apresentaram valores decrescentes, nesta ordem, para os teores de extrato aquoso, avaliados antes do armazenamento. O autor observou ainda que a torração escura promoveu a obtenção de maior percentual de extrato aquoso, em relação à média escura, associando esta ocorrência ao fato de que as torrações mais severa, disponibilizam maiores quantidades de substâncias, o que faz deste tipo de torração, a preferência de muitos consumidores.

Valores entre 25% e 38,98% de extrato aquoso foram observados por Pedro et al. (1996) em cafés comerciais torrados e moídos da região de Campinas. A variação foi associada, pelo autor, ao fato destes cafés serem constituídos de misturas de diferentes origens e aos graus de torração e moagem diferentes.

Em trabalho que avaliou o efeito do armazenamento e de tipos diferentes de café, Fernandes (2003) observou haver uma interação significativa entre esses dois fatores e essa variável, relatando uma redução no extrato aquoso com a extensão do período de armazenamento, em especial, nos cafés arábicas. Maiores teores do extrato aquoso foram obtidos em café conilon, seguido do blend (arábica + 30% conilon), dos cafés arábica safra 88/89 e arábica 2000.

O grau de torração foi investigado por Pádua (2002), que observou que as torrações mais severas são as causadoras de uma maior degradação de açúcares.

Redgwell et al. (2002) observaram que o percentual de polissacarídeos degradados variou entre amostras de 3 cultivares de arábica, em torração clara, sendo que a cultivar Caturra Amarelo, teve 25,4% de degradação, enquanto 'Catimor' e 'Sarchimor' tiveram 11,4% e 15,5%, respectivamente. O autor observou que, em torrações mais escuras, todas as cultivares apresentaram aproximadamente o mesmo nível de degradação de polissacarídeos, que foi, em média, de 40%.

Entre os açúcares que fazem parte desta fração, a sacarose destaca-se como sendo aquele encontrado em maior quantidade no grão de café, e sua quantificação pode variar entre espécies, origem e tipo de processamento. Roger et al. (1999) observaram o dobro de sacarose em grãos de café arábica maduros, em relação ao café robusta.

Para as cultivares Catuai Amarelo e Mundo Novo, a Unidade Técnica da OIC (1992) observou que o teor de sacarose foi maior para a primeira cultivar processada pelo despulpamento e menor nos frutos verdes. Os grãos das cerejas maduras da cultivar Mundo Novo continham mais sacarose do que os verdes, concluindo o autor que há efeito do processamento e do grau de maturação dos frutos na dosagem destes compostos.

O café arábica de bebida mole, avaliado por Pádua (2002), apresentou mais açúcares não redutores (0,7%) que os de bebida dura e rio, em grãos obtidos por torração média escura. Teores de 3,5% foram encontrados por Coelho (2000) em café de bebida estritamente mole, em torração clara (ou americana), enquanto níveis bem menores destes açúcares foram observados nos defeitos preto, ardido e verde. Essas duas observações confirmam a relação positiva existente entre a melhoria do padrão de bebida e o nível destes açúcares.

A glicose e a frutose são, entre os açúcares redutores, encontradas em maior quantidade em grãos crus, conforme indicam Rogers et al. (1999), que observaram ainda que, no início da maturação dos frutos, são os açúcares predominantes.

Oosterveld et al. (2003) observaram que 60% da arabinose presente no grão cru são perdidas, provavelmente pela conversão a produtos originados de reações como *Maillard* ou produtos de outras reações de pirólise ocorridas durante o processo de torração. Aproximadamente de 24% a 30% de galactose, ácido urônico e ramnose são convertidos em produtos de degradação. A degradação de glicose foi um pouco maior que para a manose, possivelmente devido à degradação de um pouco de sacarose residual.

Redgwell et al. (2002) observaram que pela ordem, a manose, a galactose e a glicose são os monossacarídeos presentes em maiores quantidades no grão cru e que os teores desses açúcares são reduzidos proporcionalmente em torrações clara e média; a galactose é mais afetada pela torração escura. Os autores observaram que há uma sutil variação entre os teores destes açúcares para as três cultivares avaliadas.

Grãos maduros da espécie *C. arabica*, avaliados por Rogers et al. (1999), apresentaram média de 12% de açúcares totais livres enquanto a espécie *C. canephora* continha 5%.

Em café torrado, bebida estritamente mole, Coelho (2000) encontrou valor próximo a 1,3% de açúcares redutores.

O *blend* composto por café arábica (70%) e Conilon (30%), torrado, apresentou maiores teores de açúcares redutores que os cafés que originaram esta mistura, em trabalho de Fernandes (2003). Essas diferenças o autor associa à dificuldade de estabelecer um ponto de torração uniforme, devido aos grãos de Conilon serem escuros.

Em frações de polissacarídeos com pequenas quantidades de manana, galactomana e outros polissacarídeos pécticos, Redgwell et al. (2002b) observaram que os aminoácidos presentes em maiores quantidades, ligados às arabinogalactanas são, em ordem decrescente, a alanina, a hidroxiprolina e a serina.

Os óleos têm importante papel na retenção do *flavour* do café torrado, e devido aos altos teores em que são encontrados nos grãos, são objetos de vários estudos. Entre esses, estudos do teor de tocoferóis e triglicerídeos de cafés torrados, realizados por González et al. (2001), demonstraram que os triglicerídeos podem ser usados como descritores químicos para separarem as espécies arábica e robusta, por meio dos grãos crus. Os isômeros β e γ foram considerados capazes de separar as espécies, mesmo a partir dos grãos torrados.

Os esteróides da fração lipídica de grãos crus de cafés arábicas e robustas foram estudados por Carrera et al. (1998). Os autores observaram, nos cromatogramas, que há diferença na composição dos esteróides, sendo o Δ^5 -avenasterol correspondente ao maior pico nas amostras de robustas e o sitostanol, (Δ^7 -stigmastenol e Δ^7 -avenasterol) em arábica, o que produziu picos mais altos.

Com o processo de torração, o teor de lipídeos aumenta, um aumento relativo, pois, na verdade, o que ocorre é a redução de outras frações, como água e carboidratos, entre outros.

O aumento do grau de torração causa um incremento proporcional ao teor de extrato etéreo, como foi observado por Pádua (2002) em cafés arábica de bebida mole. Os resultados de Coelho (2000) são concordantes, pois, em seu trabalho, obteve valor próximo a 14%, com a torração clara de café arábica bebida estritamente mole.

O *blend* formado pela mistura de 70% e 30% de grãos das espécies arábica e robusta, respectivamente, apresentou valor intermediário entre o café arábica, com o maior valor e robusta, com quantidades inferiores de extrato etéreo (Fernandes, 2003).

Os compostos fenólicos estão presentes no grão de café em grandes proporções. Sua função tem sido associada à inibição de insetos e pragas, e quando encontrados em grandes proporções, são associados à perda de qualidade do café (Clifford, 1995).

Martín et al. (1998) estudaram os teores de polifenóis e do ácido clorogênico em cafés arábica e robusta. Foram claramente detectados valores superiores destes dois compostos no café robusta. De acordo com a aplicação da técnica dos componentes principais, as variáveis distintivas foram essas duas, incluindo o teor de cafeína. O maior e o menor teor observado neste trabalho para cafés arábica foram de 8,2% e 4,4%, respectivamente e em robusta variou de 6,0% a 9,5%.

Grãos obtidos de frutos da cultivar Catuai Vermelho, avaliados por Pimenta (2001), apresentaram valores entre 7,85% a 6,86%, em função de distintas épocas de colheita. O autor associou os valores mais elevados nas primeiras colheitas, a presença de maior quantidade de frutos verdes na mistura.

Os ácidos clorogênicos estão entre os compostos fenólicos, encontrados em maiores quantidades. Por conta disso, muitos autores referem-se ao teor de polifenóis com base neste ácido. Smith (1963) observou teores de 6,81% e

6,94% em cafés arábicas provenientes do Kênia e do Brasil (Santos) e 10,09% e 9,39% para robustas de Uganda e Congo, respectivamente.

Estes ácidos avaliados por Kaden (1964), variaram de 5,8% a 6,0% em amostras de café arábica isentas de defeitos e, naquelas com defeitos, os valores obtidos foram de 6,1% a 6,5%

A multiplicidade dos grupos funcionais dos ácidos clorogênicos permite a possibilidade de um grande número de reações, quando estes ácidos são aquecidos em altas temperaturas (Corse et al., 1970).

A acidez total aumenta com o processo de torração e é proporcional ao grau de torração, pois, quanto mais calor é oferecido à massa dos grãos, maior quantidade de reações é desencadeada e maiores quantias de substratos são requeridas. Assim, em proporção estequiométrica, produtos com caráter ácido são formados.

Fernandes (2003) observou variações na acidez total de cafés arábica de safras diferentes, sendo maior o valor relativo à safra mais antiga. O café conilon também avaliado neste trabalho apresentou menor valor par ao pH em relação aos cafés arábicas.

A cafeína é pouco afetada pela torração, por isso Pictet & Rehacek (1982) sugerem que a cafeína possa ser utilizada como forma de monitorar a severidade da torração.

Casal et al. (2000) avaliaram o teor de cafeína das espécies arábica e robusta e observaram que, tanto nos grãos crus como nos torrados, os robustas contêm maiores quantidades deste composto. Os autores avaliaram ainda a influência do tempo de torração, amostrada a cada 15 minutos, sobre o teor de cafeína. As avaliações demonstraram que a cafeína reduziu muito pouco, pois a temperatura de 185°C, que corresponde à sua temperatura de sublimação, foi atingida a partir de 10 minutos. O fenômeno foi relacionado à porosidade e à

pressão interna criada dentro dos grãos, que causaram alguma dificuldade para a sublimação da cafeína.

Grãos despolidos de espécies selvagens de *C. arábica* L., originadas da Etiópia e do Kenia e de *C. canephora* P., cultivadas em cinco países africanos, foram avaliados por Ky et al. (2001), com o objetivo de determinar as diferenças para os teores de sacarose, trigonelina, cafeína e ácido clorogênico. Os genótipos de *C. arábica* L. apresentaram maiores teores de sacarose e trigonelina e, nos genótipos de *C. canephora* P., foram encontrados os maiores valores para a cafeína e ácido clorogênico. O trabalho revela ainda que não houve influência dos locais de coleta dos cafés nos teores dos constituintes químicos avaliados.

O conhecimento do potencial de produção de cafés de qualidade, das cultivares melhoradas geneticamente, é uma ferramenta para complementar os trabalhos de melhoramento genético. Lopes (2000) avaliou alguns constituintes químicos dos grãos crus de uma mistura de frutos de oito cultivares de *Coffea arábica* L. e observou variações significativas nos teores de sólidos solúveis, extrato etéreo, açúcares e proteína bruta. O autor ressalta a correlação destes constituintes com a qualidade de bebida, por serem estes compostos os precursores das substâncias responsáveis pelo sabor e aroma da bebida do café.

Em estudos realizados sobre as características químicas de 15 das principais cultivares e linhagens do café tipo arábica lançadas pelo IAC e cultivadas naquela região, Aguiar (2001) observou diferenças estatísticas significativas para os teores de sacarose, proteína, ácido clorogênico, trigonelina e cafeína.

Significantes diferenças foram observadas no aroma, acidez e corpo de bebidas preparadas de grãos de 'Catimor', 'Caturra' e 'Catuai', cultivadas em Costa Rica, em trabalho realizado por Astua & Aguilar (1998). Entre as cultivares, Catimor foi a que apresentou qualidade de bebida inferior, que foi

associada, pelos autores, a uma baixa qualidade nas características físicas dos grãos.

Frutos de cinco variedades de café, sendo duas de robusta e três de arábica, foram colhidos em intervalos de 4 semanas após a oitava semana de floração (Rogers et al.,1999). O objetivo foi observar as mudanças que ocorrem nos teores de açúcares, nos isômeros do ácido clorogênico e em outros constituintes químicos, e o comportamento das duas espécies. Os resultados demonstraram haver uma concentração maior de glicose nos estádios iniciais do desenvolvimento do fruto em todas as cultivares, sendo maior para a espécie arábica (8% a 12%) do que para a robusta (2% a 4%). Nas etapas finais do desenvolvimento dos grãos (30 semanas para o arábica e de 36 a 40 para o robusta), os teores de glicose e frutose diminuíram em ambas as espécies, resultando em um aumento no teor de sacarose que foi maior para a espécie arábica (5% a 12% MS) do que para a robusta (4% a 5% MS).

Importantes aspectos fitotécnicos podem interagir com a cultivar, influenciando diretamente a qualidade da bebida. Figueroa et al. (2000) avaliaram a influencia de três diferentes altitudes sobre as características organolépticas e físicas das cultivares Bourbon, Caturra e Catuai. O trabalho revelou uma clara influência da altitude sobre a qualidade do café, embora a cultivar Catuai tenha apresentado maior depreciação para os caracteres organolépticos da bebida, quando comparada com as cultivares Bourbon e Caturra, em relação as três altitudes estudadas.

Outro fator muito importante, ao considerar a qualidade do café, é a composição química dos grãos remanescentes do processo de torração. Os grãos de café, devido à torração, sofrem modificações de seus componentes químicos, originando novos compostos que atribuem características únicas e especiais à bebida do café.

Os grãos torrados de oito cultivares, estudados por Lopes (2000) apresentaram um comportamento diferenciado na variação do percentual dos compostos químicos avaliados após a torração, ocorrendo reduções e, em alguns casos, aumento. Estas mudanças, assim como a intensidade com que ocorrem, podem ser responsáveis pela produção de bebidas diferenciadas, relata o autor.

Em estudos realizados por Redgwell et al. (2002), foi possível observar efeitos variados nos grãos das cultivares Catimor, Sarchimor e Caturra Amarelo, em três graus de torração, para o nível de degradação dos polissacarídeos. Em relação às diferenças encontradas para os três graus de torração, os autores observaram que na torração clara, a cultivar Catimor teve a menor degradação (11,4%); para a torração média, o menor nível foi para o Sarchimor (20,6%), enquanto que na escura, aproximadamente 40% dos polissacarídeos dos grãos de todas as cultivares foram degradados.

2.9 Análise multivariada

Devido aos fenômenos serem estudados a partir de dados coletados ou mensurados em muitas variáveis, os métodos estatísticos delineados para obter informações a partir destes conjuntos de informações são denominados de métodos de análises multivariados (Ferreira, 1996).

A análise da divergência genética entre genótipos é comumente realizada por meio da dispersão gráfica destes, utilizando-se as estatísticas multivariadas obtidas das variáveis canônicas ou dos componentes principais. Estas metodologias têm por finalidade transformar um conjunto original de características em outro conjunto de dimensão equivalente, com propriedades importantes. Cada variável canônica, bem como cada componente principal, é uma combinação linear das variáveis originais, sendo independentes entre si e estimados com o propósito de reter, em ordem de estimação, o máximo da informação, em termos de variação total, contida nos dados iniciais. Em estudos

de divergência genética, estes procedimentos permitem a identificação dos materiais similares em gráficos de dispersão bi ou tridimensionais (Cruz & Regazzi, 1994).

A viabilidade de utilização de ambas as técnicas em estudos de divergência genética dependerá da possibilidade de se resumir o conjunto de variáveis originais em poucos componentes, o que significará ter boa aproximação do comportamento dos indivíduos, oriundo de um espaço n -dimensional (n = número de caracteres estudados) em um espaço bi ou tridimensional. Assim, especialmente quando o número de genótipos considerado for elevado, a utilização dessas técnicas proporcionará considerável simplificação nos cálculos estatísticos, facilitando a interpretação dos resultados em gráficos, nos casos em que os primeiros componentes principais ou as primeiras variáveis canônicas forem responsáveis por um mínimo de 70% a 80% da variação total disponível (Barros, 1991; Cruz & Regazzi, 1994).

Dessa forma, a utilização da teoria de análise multivariada tem-se mostrado promissora, pois permite combinar todas as informações contidas na unidade experimental, de modo que as inferências sejam baseadas em um complexo de variáveis. Ambos os procedimentos permitem a identificação da importância relativa dos caracteres na divergência genética, baseando-se no princípio de que a importância relativa dos componentes principais e, ou, variáveis canônicas decresce do primeiro para o último, sendo os últimos responsáveis pela explicação de uma fração mínima da variância total disponível (Fonseca, 1999).

2.10 Técnicas multivariadas em estudos e qualidade do café

As técnicas multivariadas têm sido utilizadas em diversos trabalhos com o objetivo de caracterizar quimicamente cafés de diferentes procedências e origem genética. Os resultados são concordantes em afirmar que tal técnica

possibilita separar cafés obtidos de distintas cultivares, locais de produção, entre outros.

O perfil de ácidos graxos foi usado como parâmetro de discriminação para a diferenciação de espécies de café por Martin et al. (2001). Na fração lipídica de amostras de cafés torrados das espécies arábica e robusta, os ácidos graxos foram mensurados e considerados como descritores químicos para diferenciar os tipos de cafés. Os autores observaram que os ácidos oléico, linolênico, linoleico e mirístico foram os que mais contribuíram para separar os cafés em função das espécies a que pertenciam.

Carrera et al. (1998) avaliaram os esteróis de 31 amostras entre cafés arábica e robusta e conseguiram, a partir do uso da técnica de componentes principais, realizar a separação destas amostras.

Os métodos multivariados foram utilizados por Maeztu et al. (2001a) para separar cafés expressos de diferentes origens botânicas e tipos de torração. A análise por componentes principais foi aplicada para diferenciar as amostras, possibilitando a separação dos cafés arábica e robusta a partir dos parâmetros físico-químicos e sensorial e dos parâmetros relacionados com a espuma e o sabor dos cafés expressos.

A diferenciação entre cafés crus arábica e robusta de acordo com a composição química foi realizada por Martin et al. (1998). Os autores avaliaram os teores de ácido clorogênico, cafeína, trigonelina, extrato aquoso, aminoácidos e polifenóis de 41 amostras e utilizando-os como descritores químicos. A partir da técnica dos componentes principais, observaram que o teor de cafeína e de aminoácidos possibilitou diferenciar os cafés de ambas as espécies.

Os níveis de tocoferóis e de triglicerídeos foram avaliados por González et al. (2001) e considerados como descritores químicos para, a partir de métodos quimiométricos, diferenciar espécies de café. Foram aplicadas as técnicas do componente principal e da discriminância linear, sendo possível realizar a

diferenciação de cafés arábica e robusta pelo perfil dos triglicérides e a separação de grãos crus e torrados usando-se o perfil de tocoferóis.

Alves et al. (2003) também avaliaram a composição de ácidos graxos e seus isômeros de 24 amostras de cafés de diferentes procedências e origem botânica. Os autores consideraram, a partir da análise multivariada, a possibilidade de usar o perfil de ácidos graxos como um marcador de variedade de café e de ele ser um parâmetro para medir as condições de torração.

Trabalhos realizados por Martin et al. (1998) caracterizam o teor de onze tipos de metais em grãos de café arábica e robusta. Os resultados obtidos para as 41 amostras foram avaliados pelo método do componente principal, que permitiu a eficiente separação destes cafés, tendo o fósforo, o manganês e o cobre contribuído como descritores químicos para alcançar essa diferenciação.

Theodoro (2001) utilizou a técnica dos componentes principais e obteve êxito na separação de cafés colhidos no pano, com qualidade superior, dos cafés de varrição, a partir de avaliações de parâmetros físico-químicos.

Em trabalho realizado por Andueza et al. (2002), a separação de cafés expressos obtidos em diferentes pressões de água, em função das propriedades físico-químicas e sensoriais e pelos teores dos componentes chaves do aroma, foi conseguida. Os resultados avaliados pela técnica dos componentes principais propiciaram a separação dos cafés preparados com as pressões de 7 e 9 atm do obtido a 11 atm, pelas características da espuma, propriedades do *flavour*, e alguns aromas chaves.

Usando a técnica cromatográfica líquida de alta resolução (CLAE), Guerrero et al. (2001), avaliaram o perfil de derivados do ácido hidroxicimâmico em cafés crus e por meio de análise multivariada, conseguiram separar a espécie *Coffea canephora* de outros genótipos, incluindo cultivares de *Coffea arabica*.

Três amostras de café expresso de distintas origens botânicas e com diferentes tipos de torração, tiveram o seu perfil sensorial determinado por meio

de cromatografia gasosa e os dados obtidos foram avaliados pela análise de componentes principais (Maeztu et al., 2001b). Os autores conseguiram a separação de amostras de arábica e robusta a partir do primeiro componente principal, que explicou 60,7% da variância total usando componentes chaves do aroma como descritores.

A relativa importância do uso das técnicas multivariadas na classificação sensorial de amostras de café foi obtida por Schlich (1998), que conseguiu separar 8 tipos de café em 2 grupos, em função da acidez e do amargor, agrupando-os ainda em função do *flavour*.

A relação entre o perfil obtido por cromatografia gasosa e os dados sensoriais, analisados em 31 amostras de cafés arábicas, promoveu a separação destas amostras em seis grupos por meio da análise de componentes principais (Wada et al., 1989). As características estudadas foram o aroma ácido, adocicado, gramíneo, térreo, o *flavour* e o aroma total.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização do experimento

Os grãos das cultivares de cafeeiro: 'Rubi', 'Sabiá 398', 'Siriema', 'Icatu Amarelo', 'Icatu Vermelho', 'Catuaí Amarelo', 'Catuaí Vermelho', 'Canário', 'Palma I', 'Catuaí Amarelo', 'Catuaí Vermelho', 'Topázio', 'Bourboun Amarelo', 'Acauã', 'Acaiá' e 'Mundo Novo', pertencentes ao ensaio de melhoramento genético da Fazenda Experimental de Varginha, localizada na região Sul de Minas Gerais, coordenado pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA/PROCAFÉ) foram os objetos desse estudo.

Para o experimento, foram colhidos, por derriça manual no pano, aproximadamente 25 litros de café por cultivar em 11 de junho de 2002. O material foi transportado para o Pólo de Tecnologia em Pós-colheita do Café do Centro de Ensino Pesquisa e Extensão do Agronegócio Café (CEPECAFÉ) da Universidade Federal de Lavras, onde foi imediatamente lavado. Os frutos *bóia* de cada parcela foram separados por imersão do café em uma caixa d'água de 1000 litros e retirados com o auxílio de uma peneira. O restante do material foi processado em um descascador manual (Figura 1).

O café foi levado à secagem em terreiro de concreto durante 11 dias, manuseado em camadas bem finas, sendo revolvido, em média, sete vezes ao dia no sentido da sombra e, a partir da meia seca, amontoado e coberto com lona plástica à tarde. O processo foi interrompido quando os grãos apresentaram um teor médio de umidade de 12%.

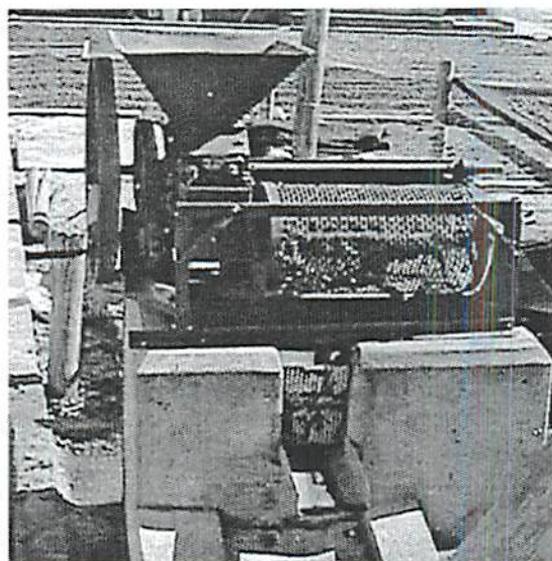


FIGURA 1 Descascador manual de café. CEPECAFÉ/UFLA – Lavras - MG

O café em pergaminho permaneceu armazenado em latas de alumínio, em sala refrigerada a $\pm 15^{\circ}\text{C}$, por dois meses, quando foi beneficiado e homogeneizado. O volume de café de cada cultivar foi dividido em três partes iguais, constituindo as três repetições. As amostras permaneceram armazenadas nesta sala, nas mesmas condições, até o início das avaliações.

3.2 Preparo das amostras

As etapas subseqüentes que envolveram o preparo e as avaliações propostas foram realizadas no Pólo de Tecnologia em Qualidade do Café. Amostras de grãos crus e torrados das 16 cultivares foram avaliadas, das quais foram retirados todos os defeitos.

As amostras destinadas às análises químicas do grão cru foram moídas durante 3 minutos, em moinho de bola, com nitrogênio líquido. Após a moagem,

o material foi acondicionado em embalagens de PVC e armazenado em freezer, com temperatura aproximada de -18°C .

No preparo das amostras de grãos torrados, utilizaram-se os grãos classificados entre as peneiras 16 e 18 de grãos chatos, com o intuito de uniformizar o grau de torração, para o qual o tamanho dos grãos exerce grande influência (Lopes, 2000).

A torração dos grãos foi realizada em torrador da marca Probat, tipo BRZ 6, estabelecendo-se o final do processo em função da observação da cor, para a qual considerou-se como padrão a torra clara ou americana.

Parte dos cafés torrados foi destinada à avaliação sensorial e o restante foi moído, peneirado (425 mm) e armazenado nas mesmas condições das amostras de café cru.

Mediu-se o teor de umidade e o peso dos grãos antes e após a torração, com o objetivo de determinar a redução da umidade e a perda de peso e de matéria seca das amostras.

3.3 Análises físico-químicas e químicas

As análises de condutividade elétrica, lixiviação de íons potássio, sólidos solúveis e resíduo mineral fixo foram realizadas apenas nas amostras de grãos crus e a análise do extrato aquoso feita exclusivamente nos grãos torrados. As demais avaliações foram procedidas em ambos os tipos de grãos.

3.3.1 Umidade

O teor de umidade dos grãos foi determinado em estufa ventilada a $105^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, durante 24 horas, segundo Brasil (1992).

3.3.2 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica foi determinada segundo metodologia proposta por Prete (1992). Os resultados foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$.

3.3.3 Lixiviação de íons potássio

A extração foi realizada após 3,5 horas de embebição dos grãos, e a determinação da quantidade de potássio lixiviado foi realizada em fotômetro de chama Digimed NK- 2002, segundo metodologia proposta por Prete (1992). Os resultados foram expressos em ppm.

3.3.4 Resíduo mineral fixo

Esta fração, também denominada de cinzas, foi determinada pelo método gravimétrico com aquecimento a 550°C em mufla e, posteriormente, utilizando balança analítica, segundo a AOAC (1990).

3.3.5 Sólidos solúveis

Os sólidos solúveis foram determinados em refratômetro portátil Atago - Palette modelo PR-100 (0- 32%), conforme normas da AOAC (1990).

3.3.6 Determinação da cor do café torrado

Procedeu-se a leitura do café torrado e moído disposto em placa de petri, em ambiente iluminado artificialmente, pelo colorímetro da marca Minolta equipado com um canhão CR-200, calibrado em cerâmica branca, por meio do sistema L^*a^*b (CIELAB). A variável “L” é o indicador da luminosidade e “a” e “b” representam as coordenadas cromáticas. O objetivo dessa avaliação foi averiguar possíveis diferenças na coloração do café torrado, dada a sua relação direta com o grau de torração.

3.3.7 Extrato aquoso

A tomada de ensaio considerou 1 g de amostra, a qual foram adicionados 100 mL de água fervente. Esta solução foi submetida ao aquecimento por 1 hora, sendo então transferida para um balão volumétrico de 250 mL. Após resfriamento, completou-se o volume do balão. Em seguida, procedeu-se a filtração, do qual foram retirados 25 mL que foram transferidos para um béquer de 50 mL, previamente pesado (tarado). Após concentração em banho-maria, o béquer contendo a solução foi levado à estufa a 105°C até peso constante (Instituto Adolfo Lutz, 1985).

3.3.8 Açúcares totais, redutores e não redutores

Os açúcares foram extraídos pelo método de Lane-Enyon, citado pela AOAC (1990) e determinados pela técnica de Somogy, adaptada por Nelson (1944).

3.3.9 Proteína bruta

O teor de nitrogênio foi determinado pelo método Micro-Kjedahl compreendendo as etapas de digestão com H₂SO₄, destilação com solução de NaOH 50% e, finalmente, a titulação com solução de HCl 0,02 mol L⁻¹, conforme procedimento da AOAC (1990). Utilizou-se o fator de conversão para proteína bruta equivalente a 6,25.

3.3.10 Extrato etéreo

O extrato etéreo foi obtido por extração com éter etílico, por 5 horas, em aparelho do tipo Soxhlet, da Tecnal, segundo normas da AOAC (1990).

3.3.11 Polifenóis

Os polifenóis foram extraídos a quente pelo método de Goldstein & Swain (1963) utilizando metanol (50%) como extrator e identificados pelo método de Folin Denis, descrito pela AOAC (1990).

3.3.12 Acidez total e pH

A partir do filtrado obtido pela agitação de 2 gramas de amostra em 50 mL de água, a acidez foi determinada por titulação com NaOH 0,1 mol L⁻¹ de acordo com técnica descrita pela AOAC (1990) e expressa em mL de NaOH 0,1 mol L⁻¹ por 100 gramas de amostra. A partir do mesmo extrato, o pH foi medido utilizando-se peagâmetro marca Gehaka.

3.3.13 Cafeína

A cafeína foi extraída segundo o 1^o Método descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (1985) e determinação por colorimetria.

3.4 Classificação física

3.4.1 Classificação por peneira

Usando-se 500 g de amostra, os cafés foram classificados em peneiras intercaladas, para classificação de grãos chatos de números 14 a 19 e de grãos mocos de números 9 a 13. Avaliou-se o percentual de retenção de cada peneira individualmente, e o somatório das peneiras 17 e acima para grãos chatos (chato graúdo) e 16 e 15 (chato médio). Para o café moca, somaram-se as peneiras 13,12 e 11 (moca graúdo) e todas as peneiras de grãos moca. Consideraram-se ainda os grãos retidos no fundo da peneira (Brasil, 2003).

3.4.2 Classificação por tipo

A classificação por tipo foi realizada pela soma do número de defeitos encontrados em 300 g de amostras de café beneficiado, onde cada defeito recebeu sua equivalência, conforme rege a Instrução Normativa nº 8 (Brasil, 2003), tendo sido considerados apenas os defeitos intrínsecos: os ardidos, os verdes, os pretos, os conchas, os chochos e mal granados e os brocados.

3.5 Análise sensorial

No preparo da infusão, utilizaram-se cerca de 25 gramas de pó para 200 mL de água a ± 80 °C. As avaliações foram realizadas em triplicata para cada repetição, por dois provadores, que elaboraram apenas uma resposta por repetição. A ficha de avaliação utilizada pelos mesmos encontra-se na Figura 2.

Amostra nº		Dia					
Corpo	<input type="checkbox"/> Encorpado	<input type="checkbox"/> Semi-encorpado			<input type="checkbox"/> Fraco		
Acidez	<input type="checkbox"/> Alta	<input type="checkbox"/> Média			<input type="checkbox"/> Baixa		
Doçura	<input type="checkbox"/> Alta	<input type="checkbox"/> Média			<input type="checkbox"/> Baixa		
Bebida	<input type="checkbox"/> EM	<input type="checkbox"/> Mole	<input type="checkbox"/> AM	<input type="checkbox"/> Dura	<input type="checkbox"/> Riada	<input type="checkbox"/> Rio	<input type="checkbox"/> RZ
Aroma							
Fragrância							
Obs.							

FIGURA 2 Ficha de avaliação sensorial descritiva dos cafês. Lavras, MG /2002.

3.6 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com 16 cultivares em 3 repetições. A análise univariada foi realizada pelo software SISVAR (Ferreira, 1999 - 2003.), e os dados foram submetidos ao Teste de Scott Knott, a 5% de significância.

Para a classificação por peneiras, considerou-se um fatorial entre cultivares e peneiras, constituído por 16 cultivares e 16 tipos de peneiras.

3.6.1 Análise multivariada

Foram utilizadas todas as variáveis estudadas nos grãos crus, nos grãos torrados, na classificação das peneiras e na determinação dos defeitos.

Para a análise multivariada utilizou-se o Software SAS obtendo-se as seguintes avaliações:

- análise canônica – para obtenção dos componentes principais (variáveis canônicas);
- medida da similaridade com a construção de dendrograma, a partir do método do vizinho mais próximo;
- distância quadrática das amostras – Distância de Mahalanobis;
- coeficiente de correlação parcial das variáveis estudadas;
- classificação da amostra.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Avaliações químicas e físico-químicas

4.1.1 Análise univariada dos dados

4.1.1.1 Avaliações dos grãos crus

4.1.1.1.1 Condutividade elétrica

Os resultados da análise de variância apresentados na Tabela 1 mostram haver diferenças significativas entre as cultivares avaliadas para a condutividade elétrica dos exsudados dos grãos crus.

TABELA 1 Resumo da análise de variância para os valores de condutividade elétrica do exsudato de grãos crus de 16 cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.).

F.V.	G.L.	Quadrados médios e significâncias
Cultivar	15	199,070484*
Erro	32	85,274871
C.V. (%)	—	11,60

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F

Os valores médios da condutividade elétrica, transcritos na Tabela 2, demonstram que, embora o teste estatístico tenha considerado significativas as diferenças para a variável condutividade elétrica dos grãos das cultivares, não foram observadas diferenças entre as mesmas. Isto ocorreu porque houve uma variação entre os dados observados para o mesmo tratamento (cultivar) e uma reduzida variação entre os tratamentos, comprovadas pelo baixo coeficiente de variação.

TABELA 2 Valores médios da condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) de grãos de cafés de 16 cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.)

Cultivares	Condutividade elétrica	
	($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$)	
Acaiá	76,54	a
Acauã	85,14	a
Bourboun Amarelo	83,86	a
Canário	78,33	a
Catuai Amarelo	79,27	a
Catuai Vermelho	66,64	a
Catucaí Amarelo	93,90	a
Catucaí Vermelho	92,35	a
Icatu Amarelo	71,24	a
Icatu Vermelho	66,48	a
Mundo Novo	79,42	a
Palma I	87,07	a
Rubi	71,18	a
Sabiá 398	83,16	a
Siriema	82,50	a
Topázio	76,34	a

* médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott.

O teste de condutividade elétrica visa, sobretudo, medir o grau de injúria das membranas celulares, que é tão maior quanto forem os valores obtidos. Entre os fatores relacionados na promoção da ocorrência destas injúrias, destaca-se a falta de cuidados na colheita, na secagem e no processamento. A homogeneidade dos resultados traz a garantia de que os grãos das cultivares receberam o mesmo tipo de tratamento e manifestaram o mesmo comportamento, fator importante para considerar que houve uma uniformidade em todo o processo de preparo destas amostras. É possível observar ainda que dado a essas condições, não houve efeito do fator genético para esta variável.

Os valores da condutividade que variaram entre 66,48 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ ('Icatu Vermelho') e 93,90 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ ('Catucaí Amarelo'), foram inferiores aos observados por Villela (2002) em cafés também descascados. O autor observou ainda que este tipo de café não apresentou diferenças para os processamentos que originam cafés conhecidos como despulpados e desmucilados, e que entre esses dois tipos de café, nos despulpados foram observados os menores valores para a condutividade.

4.1.1.1.2 Lixiviação de íons potássio

O resumo da análise de variância, representado na Tabela 3, demonstra que as cultivares não diferiram quanto ao teor de potássio lixiviado.

TABELA 3 Resumo da análise de variância para os valores de lixiviação de íons potássio em grãos crus de 16 cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.).

F.V.	G.L.	Quadrados médios e significâncias
Cultivar	15	98,568338 ^{NS}
Erro	32	75,462379
C.V. (%)	---	28,83

NS = não significativo

A Tabela 4, que apresenta os valores médios observados para a lixiviação de íons potássio, expõe a ausência de diferenças significativas entre as cultivares.

Esta variável apresenta um grande nível de correlação com o teste de condutividade elétrica, em função de o potássio ser o íon presente em maior quantidade no conteúdo citoplasmático, que fica suscetível à lixiviação quando

há rompimento da membrana celular. Em função desta relação, quanto menores forem os valores observados, melhores serão os resultados da avaliação qualitativa dos cafés.

TABELA 4 Valores médios da lixiviação de íons potássio (ppm) de grãos de cafés de 16 cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.)

Cultivares	Lixiviação de íons K ⁺ (ppm)
Acaiá	25,55 a
Acauã	32,90 a
Bourboun Amarelo	32,30 a
Canário	28,98 a
Catuai Amarelo	29,34 a
Catuai Vermelho	25,59 a
Catucaí Amarelo	32,26 a
Catucaí Vermelho	33,66 a
Icatu Amarelo	27,95 a
Icatu Vermelho	25,22 a
Mundo Novo	49,06 a
Palma I	28,76 a
Rubi	25,67 a
Sabiá 398	28,95 a
Siriema	28,30 a
Topázio	27,66 a

* médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott.

Os dados observados nos cafés das 16 cultivares, preparadas pelo descascamento, são inferiores àqueles observados por Villela (2002), que observou um valor médio de 50,23 ppm em cafés com o mesmo tipo de preparo. A cultivar que mais se aproximou destes valores foi a Mundo Novo com valor médio de 49,06 ppm para a lixiviação do K⁺.

robustas e que o de manganês sobressai em arábicas. Estes metais foram considerados eficientes para separar cafés arábicas e robustas, por meio de análise multivariada. Considerando estas informações, é possível inferir que as quatro cultivares tenham apresentado os maiores teores desta fração, também chamada de resíduo mineral fixo, por conterem esses elementos em maior quantidade que as demais.

As outras cultivares não referenciadas não diferiram para o teor desta variável.

4.1.1.1.4 Sólidos solúveis

A Tabela 7 contém os resultados da análise de variância dos teores de sólidos solúveis observados nas 16 cultivares, para os quais foi considerada a existência de diferenças significativas.

TABELA 7 Resumo da análise de variância para os teores de sólidos solúveis de grãos crus de 16 cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.).

F.V.	G.L.	Quadrados médios e significâncias
Cultivar	15	8,798057*
Erro	32	3,328985
C.V. (%)	—	4,45

* significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de F

Os resultados apresentados na Tabela 8 evidenciam as diferenças observadas, sendo as cultivares Catucaí Vermelho, Catucaí Amarelo, Catucaí Vermelho, Palma I e Rubi, as que apresentaram os menores teores desta variável estudada.

TABELA 6 Valores médios do resíduo mineral fixo (% M.S.) de grãos crus de cafés de 16 cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.)

Cultivares	Resíduo Mineral Fixo	
	(% M.S.)	
Acaia	4,56	b
Acauã	5,29	a
Bourboun Amarelo	4,85	b
Canário	5,72	a
Catuai Amarelo	4,92	b
Catuai Vermelho	5,11	b
Catucai Amarelo	4,73	b
Catucai Vermelho	5,80	a
Icatu Amarelo	4,97	b
Icatu Vermelho	4,89	b
Mundo Novo	4,87	b
Palma I	5,42	a
Rubi	4,59	b
Sabiá 398	4,16	b
Siriema	4,91	b
Topázio	4,91	b

* médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott.

As cultivares que apresentaram os maiores teores desta fração foram a 'Acauã', 'Canário', 'Catucaí Vermelho' e 'Palma I'. Estas cultivares originaram-se de cruzamentos com plantas da espécie *Coffea canephora* que caracteriza-se pela resistência a ferrugem. Os grãos dessa espécie, por sua vez, contêm maiores teores de resíduo mineral fixo do que a *Coffea arabica* L. conforme citam Raghavan & Ramalakshmi (1998).

Esses resultados permitem ainda estabelecer uma relação com as afirmações de Quijano-Rico & Spettel (1973), a respeito dos grãos de café robusta apresentarem maiores teores de cobre do que os cafés arábicas. Martín et al. (1998a) observaram que os teores de fósforo e cobre são maiores nos cafés

robustas e que o de manganês sobressai em arábicas. Estes metais foram considerados eficientes para separar cafés arábicas e robustas, por meio de análise multivariada. Considerando estas informações, é possível inferir que as quatro cultivares tenham apresentado os maiores teores desta fração, também chamada de resíduo mineral fixo, por conterem esses elementos em maior quantidade que as demais.

As outras cultivares não referenciadas não diferiram para o teor desta variável.

4.1.1.1.4 Sólidos solúveis

A Tabela 7 contém os resultados da análise de variância dos teores de sólidos solúveis observados nas 16 cultivares, para os quais foi considerada a existência de diferenças significativas.

TABELA 7 Resumo da análise de variância para os teores de sólidos solúveis de grãos crus de 16 cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.).

F.V.	G.L.	Quadrados médios e significâncias
Cultivar	15	8,798057*
Erro	32	3,328985
C.V. (%)	--	4,45

* significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de F

Os resultados apresentados na Tabela 8 evidenciam as diferenças observadas, sendo as cultivares Catuaí Vermelho, Catuaí Amarelo, Catuaí Vermelho, Palma I e Rubi, as que apresentaram os menores teores desta variável estudada.

TABELA 8 Valores médios do sólidos solúveis totais (% M.S.) de grãos crus de cafés de 16 cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.)

Cultivares	Sólidos solúveis (% M.S.)
Acaíá	42,10 a
Acauã	42,85 a
Bourboun Amarelo	42,33 a
Canário	41,71 a
Catuai Amarelo	43,89 a
Catuai Vermelho	38,19 b
Catucaí Amarelo	38,51 b
Catucaí Vermelho	39,75 b
Icatu Amarelo	41,71 a
Icatu Vermelho	41,72 a
Mundo Novo	42,51 a
Palma I	38,82 b
Rubi	38,87 b
Sabiá 398	41,69 a
Siriema	40,81 a
Topázio	41,20 a

* médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott.

O estudo do teor de sólidos solúveis de oito cultivares de café arábica, realizado por Lopes (2000), revelou que os grãos originados da mistura de frutos da cultivar Rubi continham os menores valores, apresentando uma correspondência apenas com os teores encontrados em grãos da cultivar Topázio.

Villela (2002) observou um teor de 38,31% para cafés descascados da cultivar Rubi, o que está muito próximo aos 38,87% observados neste trabalho.

Conforme Sivetz (1963), a fração de sólidos solúveis é representada por açúcares, ácidos voláteis e compostos nitrogenados que se encontram solubilizados na água do grão. São compostos importantes relacionados diretamente com a formação do corpo da bebida. Por essa fração representar o

somatório de tantos componentes químicos, as diferenças observadas entre as cultivares estão, possivelmente, relacionadas às variações nos teores destes constituintes, dos quais, entre eles, os açúcares, as proteínas e a cafeína serão discutidos posteriormente.

4.1.1.2 Avaliações dos grãos torrados

4.1.1.2.1 Colorimetria

A Tabela 9 exibe a análise de variância dos parâmetros colorimétricos do sistema L^*a^*b , para a determinação da cor dos cafés torrados das 16 cultivares. Os resultados demonstram não haver diferenças significativas entre as amostras.

Os valores médios observados para a luminosidade (L) e as coordenadas cromáticas a e b estão transcritos na Tabela 10. Os dados evidenciam que não foram encontradas diferenças entre esses parâmetros de medida da cor.

TABELA 9 Resumo da análise de variância para os parâmetros colorimétricos do sistema L^*a^*b , (sendo L = luminosidade e "a" e "b" as coordenadas cromáticas) de grãos torrados de 16 cultivares.

F.V.	G.L.	Quadrados médios e significâncias		
		L	a	b
Cultivar	15	8,115253 ^{NS}	0,229907 ^{NS}	8,021389 ^{NS}
Erro	32	7,455131	0,171025	5,401881
C.V. (%)	—	6,90	2,87	8,14

NS= não significativo

TABELA 10 Valores médios da luminosidade e das coordenadas cromáticas a e b do sistema Cielab (L^*a^*b), de cafés torrados de 16 cultivares de café *Coffea arabica* L

Cultivares	Parâmetros da cor		
	L	a	b
Acaia	39,29 a	14,64 a	28,47 a
Acauã	37,36 a	14,63 a	26,76 a
Bourboun Amarelo	39,52 a	14,26 a	29,13 a
Canário	39,27 a	14,41 a	29,70 a
Catuai Amarelo	37,32 a	14,61 a	26,43 a
Catuai Vermelho	40,10 a	14,57 a	29,87 a
Catucaí Amarelo	39,92 a	14,52 a	28,95 a
Catucaí Vermelho	37,37 a	14,69 a	28,76 a
Icatu Amarelo	40,82 a	14,13 a	29,80 a
Icatu Vermelho	41,98 a	14,10 a	27,99 a
Mundo Novo	41,80 a	13,95 a	29,84 a
Palma I	42,08 a	13,99 a	24,21 a
Rubi	38,48 a	14,66 a	29,69 a
Sabiá 398	40,95 a	14,30 a	30,70 a
Siriema	37,92 a	14,43 a	27,82 a
Topázio	38,68 a	14,91 a	28,56 a

* médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott.

O objetivo principal da avaliação da cor dos cafés torrados, neste trabalho, foi demonstrar que houve uma homogeneidade no processo de torração das amostras. É de pleno conhecimento que o grau de torração influi na composição química, pois trata-se de um processo pirolítico no qual reações ocorrem e a constituição química do grão é utilizada como substrato para formação de produtos do sabor e aroma da bebida.

Assim, com esses resultados, pode-se garantir que o grau de torração medido pela cor não representa uma fonte de variação dos resultados da composição química e sensorial, que serão apresentados e discutidos ao longo do trabalho.

4.1.1.2.2 Umidade, perda de peso e reduções da umidade e da matéria seca com a torração

A análise de variância dos valores obtidos para os percentuais de umidade dos grãos torrados, de perda de peso e de redução com o processo de torração, está exibida na Tabela 11.

TABELA 11 Resumo da análise de variância para a umidade do café torrado, a perda de peso e reduções da umidade e da matéria seca com a torração dos grãos de 16 cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.).

F.V.	G.L.	Quadrados médios e significâncias			
		Umidade	Perda de peso	Redução da umidade	Redução da matéria seca
Cultivar	15	0,371296 ^{NS}	1,974231*	23,397259 ^{NS}	23,397259 ^{NS}
Erro	32	0,198092	0,891808	15,286121	15,286121
C.V. (%)	—	12,14	8,12	5,37	5,37

NS = não significativo

* significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de F

Os resultados permitem observar que apenas a avaliação da perda de peso entre as cultivares foi significativa. O teor de umidade dos grãos torrados e o percentual de redução no teor de umidade após a torração não foram considerados diferentes entre as amostras avaliadas.

A Tabela 12 contém os valores observados para os percentuais de umidade, da perda de peso e da redução da umidade com a torração.

As cultivares que sofreram maiores reduções do peso dos grãos foram a 'Bourbon Amarelo', a 'Canário', a 'Catuaí Amarelo', a 'Catuaí Vermelho', a 'Palma I', a 'Rubi', a 'Siriema' e a 'Topázio'. As outras cultivares avaliadas apresentaram as menores perdas de peso com a torração.

TABELA 12 Valores médios para os percentuais de umidade do café torrado, da perda de peso e das reduções da umidade e da matéria seca com a torração dos grãos de 16 cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.).

Cultivares	Umidade do café torrado (g 100 g ⁻¹ MS)		Perda de Peso (%)		Redução da umidade (%)		Redução da matéria seca (%)	
Acaiaá	3,91	a	11,38	b	69,41	a	69,41	a
Acauã	3,34	a	11,68	b	75,49	a	75,49	a
Bourboun Amarelo	3,71	a	12,64	a	68,51	a	68,51	a
Canário	3,37	a	12,13	a	71,59	a	71,59	a
Catuai Amarelo	3,24	a	12,41	a	72,21	a	72,21	a
Catuai Vermelho	3,77	a	10,79	b	76,32	a	76,32	a
Catucá Amarelo	3,63	a	11,18	b	73,20	a	73,20	a
Catucá Vermelho	3,29	a	12,18	a	73,63	a	73,63	a
Icatu Amarelo	3,71	a	10,98	b	77,65	a	77,65	a
Icatu Vermelho	4,10	a	10,96	b	72,28	a	72,28	a
Mundo Novo	4,04	a	9,93	b	75,52	a	75,52	a
Palma I	3,95	a	12,30	a	67,47	a	67,47	a
Rubi	3,78	a	11,86	a	71,70	a	71,70	a
Sabiá 398	4,24	a	10,66	b	73,84	a	73,84	a
Siriema	2,95	a	12,62	a	74,06	a	74,06	a
Topázio	3,62	a	12,35	a	71,69	a	71,69	a

* médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott.

Enquanto ocorre o processo de torração, a 100^oC, os grãos de café tornam-se amarelados, perdendo parte da água. Durante o processo, que atinge seu ponto ideal entre 210^oC e 230^oC, em torno de 80% da água são desprendidos do grão (Coelho, 2000).

A avaliação do teor de umidade do café torrado auxilia, em parte, a compreensão dos fenômenos que ocorrem com o grão de café, durante a torração. Para estabelecer um padrão comparável de estudo para cafés torrados, Sabbagh & Yokomizo (1976) optaram pela padronização da perda de peso. Os

autores observaram que a umidade do café cru não influenciou a umidade do café torrado, pois o tempo de torração foi estabelecido de maneira a proporcionar uma determinada perda de peso.

O que se observou no presente trabalho é que quando os valores da umidade do café torrado são, de uma certa forma, padronizados, ocorre variação na perda de peso. Dessa forma, é possível inferir que, associada a essa redução do peso, estará a transformação das substâncias químicas em compostos voláteis e em outros de menores pesos moleculares. Essas observações demonstram existir uma variação na perda de matéria seca entre as cultivares em função de uma resposta diferenciada ao processo de torração. A avaliação da perda de matéria seca, no entanto, considerou não haver diferenças entre as cultivares, embora os percentuais variaram de 67,47% a 77,65%.

Estes resultados apóiam o objetivo do trabalho, que é verificar as possíveis diferenças existentes entre os grãos torrados de cultivares com origem genética diferente, confirmando que o processo de torração, como foi conduzido, não foi uma causa de variação para os resultados obtidos.

4.1.1.2.3 Extrato aquoso

A partir da Tabela 13, que expõe os resultados da análise de variância para o extrato aquoso dos grãos torrados, é possível verificar que não foram obtidas diferenças significativas entre as cultivares.

Os dados apresentados na Tabela 14, que representam os valores médios do extrato aquoso dos cafés torrados, permitem observar que as cultivares não diferem para esta variável.

TABELA 13 Resumo da análise de variância para o teor de extrato aquoso de grãos torrados de 16 cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.).

F.V.	G.L.	Quadrados médios e significâncias
Cultivar	15	11,202358 ^{NS}
Erro	32	17,600148
C.V. (%)	---	12,13

NS = não significativo

TABELA 14 Valores médios do teor de extrato aquoso de grãos torrados de 16 cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.)

Cultivares	Extrato aquoso (% M.S.)
Acaíá	31,38 a
Acauã	35,47 a
Bourboun Amarelo	37,31 a
Canário	34,00 a
Catuaí Amarelo	35,10 a
Catuaí Vermelho	37,27 a
Catucaí Amarelo	32,88 a
Catucaí Vermelho	32,65 a
Icatu Amarelo	37,12 a
Icatu Vermelho	34,97 a
Mundo Novo	36,41 a
Palma I	32,82 a
Rubi	34,07 a
Sabiá 398	33,27 a
Siriema	32,42 a
Topázio	36,40 a

* médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott.

É interessante ressaltar que não houve uma relação entre a medida dos teores de sólidos solúveis do grão cru, que variou entre as cultivares e os teores de extrato aquoso, isento de diferenças. Por isso, mensurar tais compostos em

cafés torrados não tem sido indicado, embora a literatura revele uma gama de trabalhos com essa avaliação. A restrição deve-se ao fato de que a relação destes constituintes com o corpo da bebida, aspecto de grande interesse, pode ser melhor avaliada no preparo da bebida, que é realizada com água fervente. Dessa forma, o extrato aquoso, extraído em tais condições, tem sido avaliado nestes cafés por indicação da Portaria nº 377, de 26 de abril de 1999 (Brasil, 1999).

Estes resultados demonstram que os teores de sólidos solúveis, observados em grãos crus, não são indicados para avaliar a quantidade de substâncias que serão de fato solubilizadas durante o preparo da bebida que, semelhante a essa avaliação, é realizada com água quente.

A legislação vigente, que especifica normas para identificar as características mínimas de qualidade relacionadas ao café torrado e moído determina que o extrato aquoso é uma forma de medir esta exigência (Brasil, 1999). É estabelecido para este parâmetro um valor mínimo de 25%, para o qual os encontrados no presente trabalho estão de acordo.

4.1.1.3 Avaliações realizadas nos grãos crus e torrados

4.1.1.3.1 Açúcares totais

Na Tabela 15 encontram-se os resultados da análise de variância dos açúcares totais dos grãos crus e torrados das 16 cultivares avaliadas. Apenas a avaliação desta variável no grão cru apresentou diferenças significativas entre as cultivares.

Pelos resultados apresentados na Tabela 16, é possível observar que as cultivares Acaiaí, Bourbon Amarelo, Catuaí Amarelo, Catuaí Vermelho, Rubi e Sabiá tiveram, em seus grãos crus, os maiores valores de açúcares totais. Nenhuma das cultivares que se destacam pela resistência à ferrugem (*Hemileia*

vastatrix Berg et Br.) participa deste grupo, uma característica que pode ter sido herdada dos cafés robustas, que possuem menores teores destes constituintes.

TABELA 15 Resumo da análise de variância para os teores de açúcares totais dos grãos crus e torrados de 16 cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.).

F.V.	G.L.	Quadrados médios e significâncias	
		Café cru	Café torrado
Cultivar	15	1,525146*	1,197859 ^{NS}
Erro	32	0,576256	0,680219
C.V. (%)	---	7,89	20,40

* significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de F

NS = não significativo

Não foram detectadas diferenças entre os grãos torrados das cultivares. Por outro lado, havendo maiores concentrações de açúcares no grão cru, há um aumento na participação destes compostos nas reações do processo de torração. Substâncias voláteis são formadas a partir da combinação dos açúcares com as proteínas, que são responsáveis, em grande parte, pelo aroma do café (Illy & Viani, 1995). Isso é um indicativo de que a disponibilidade deste substrato aumenta a produção destes compostos, o que explica o fato de nos grãos torrados serem encontrados apenas os açúcares não utilizados no processo de torração.

A comprovação desta teoria pode ser reforçada com a avaliação dos compostos voláteis produzidos com a torração destes cafés, associada a uma análise sensorial descritiva.

TABELA 16 Valores médios dos açúcares totais (% M.S.) de grãos crus e torrados de 16 cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.)

Cultivares	Açúcares totais (% M.S.)	
	Café cru	Café torrado
Acaia	10,01 a	4,27 a
Acaua	9,28 b	3,61 a
Bourboun Amarelo	10,45 a	3,69 a
Canário	8,57 b	3,32 a
Catuai Amarelo	10,26 a	3,58 a
Catuai Vermelho	10,26 a	4,42 a
Catucal Amarelo	8,55 b	3,82 a
Catucal Vermelho	9,44 b	3,57 a
Icatu Amarelo	9,51 b	4,07 a
Icatu Vermelho	9,67 b	4,09 a
Mundo Novo	9,37 b	3,06 a
Palma I	9,22 b	4,20 a
Rubi	10,59 a	4,64 a
Sabiá 398	10,65 a	5,62 a
Siriema	9,71 b	3,20 a
Topázio	8,46 b	4,17 a

* médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott.

Lopes (2000) estudou seis dessas 16 cultivares avaliadas, contudo, os grãos provinham de uma mistura de frutos. Os valores encontrados pelo autor, para os grãos crus das cultivares Icatu Amarelo, Mundo Novo e Topázio foram de 9,44%, 9,55% e 8,72%, respectivamente. Estes teores são muito próximos aos detectados para essas mesmas cultivares, no presente estudo, que na mesma ordem de apresentação foram: 9,51%, 9,37% e 8,46%.

As três outras cultivares, Catuai Vermelho, Catuai Amarelo e Rubi, tiveram neste trabalho, valores superiores aos observados nos grãos provenientes da mistura de frutos. Esses valores mais elevados de açúcares podem ter sido

favorecidos pela presença única de frutos cerejas, nos quais há maior teor destes carboidratos, conforme cita Pimenta (1995).

As cultivares diferenciam-se quanto aos teores de açúcares totais quando analisados no grão cru, sendo as cultivares de café originárias de arábica, superiores aquelas que tem o robusta como progenitor.

4.1.1.3.2 Açúcares não redutores

A partir da Tabela 17, que apresenta a análise de variância dos açúcares não redutores, pode-se observar que as cultivares diferem apenas na avaliação realizada nos grãos crus.

TABELA 17 Resumo da análise de variância para os teores de açúcares não redutores dos grãos crus e torrados de 16 cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.).

F.V.	G.L.	Quadrados médios e significâncias	
		Café cru	Café torrado
Cultivar	15	1,369573*	0,696756 ^{NS}
Erro	32	0,564769	0,576008
C.V. (%)	---	9,70	24,84

* significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de F

NS = não significativo

Os dados contidos na Tabela 18 demonstram que as cultivares ‘Bourbon Amarelo’, ‘Catuaí Amarelo’, ‘Catuaí Vermelho’, ‘Catucaí Vermelho’, ‘Icatu Vermelho’, ‘Mundo Novo’, ‘Rubi’ e ‘Sabiá’ destacam-se com os maiores valores de açúcares não redutores. Os cafés torrados destas cultivares não exibem diferenças para esta fração de açúcares. ‘Mundo Novo’ e ‘Catuaí Amarelo’ estão entre as cultivares avaliadas por Lopes (2000), que apresentaram os maiores valores destes açúcares.

TABELA 18 Valores médios dos açúcares não redutores (% M.S.) de grãos crus e torrados de 16 cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.)

Cultivares	Açúcares não redutores (% M.S.)	
	Café cru	Café torrado
Acaiaí	7,47 b	3,06 a
Acauã	7,21 b	2,79 a
Bourboun Amarelo	8,58 a	2,60 a
Canário	7,02 b	2,62 a
Catuai Amarelo	8,86 a	2,77 a
Catuai Vermelho	7,97 a	3,22 a
Catucaí Amarelo	7,03 b	2,93 a
Catucaí Vermelho	7,82 a	2,87 a
Icatu Amarelo	7,02 b	3,00 a
Icatu Vermelho	8,43 a	2,81 a
Mundo Novo	8,58 a	3,00 a
Palma I	7,41 b	3,28 a
Rubi	7,86 a	3,65 a
Sabiá 398	8,45 a	4,50 a
Siriema	7,61 b	2,54 a
Topázio	6,68 b	3,24 a

* médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott.

Com esses resultados é possível inferir que a origem genética influencia os níveis destes açúcares e que, no entanto, o processo de torração iguala essas diferenças, conforme cita Redgwell (2002a).

Uma possível relação existente entre o tipo de processamento e a origem genética, pode ser observada, considerando a proximidade dos dados obtidos por Villela (2002) para grãos da cultivar Rubi, obtidos pelo mesmo processamento.

4.1.1.3.3 Açúcares redutores

Os resultados da análise de variância dos teores de açúcares redutores exibem as diferenças significativas observadas para os grãos crus e torrados das 16 cultivares avaliadas (Tabela 19).

Pela Tabela 20, é possível observar que os grãos crus das cultivares ‘Acaiaí’, ‘Acauã’, ‘Catuai Vermelho’, ‘Icatu Amarelo’, ‘Rubi’, ‘Sabiá’ e ‘Siriema’, exibiram os maiores teores destes açúcares.

TABELA 19 Resumo da análise de variância para os teores de açúcares redutores dos grãos crus e torrados de 16 cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.).

F.V.	G.L.	Quadrados médios e significâncias	
		Café cru	Café torrado
Cultivar	15	0,806648*	0,160314*
Erro	32	0,087758	0,056093
C.V. (%)	---	15,80	24,59

* significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de F.

Valores mais elevados destes açúcares foram associados por Pimenta (1995) ao aumento do nível de maturação dos frutos, sendo os cerejas com maior percentual. Menores valores foram associados por Chagas (1994) a grãos com injúrias de origem mecânica, microbiana e fermentativa.

A glicose e a frutose são, entre os açúcares redutores, encontrados em maior quantidade em grãos crus, conforme indicam Rogers et al. (1999), que observaram ainda que, no início da maturação dos frutos, são os açúcares predominantes.

TABELA 20 Valores médios dos açúcares redutores (% M.S.) de grãos crus e torrados de 16 cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.)

Cultivares	Açúcares redutores (% M.S.)	
	Café cru	Café torrado
Acaiaí	2,54 a	1,21 a
Acauã	2,07 a	0,83 b
Bourbon Amarelo	1,87 b	1,09 a
Canário	1,55 b	0,72 b
Catuai Amarelo	1,40 b	0,81 b
Catuai Vermelho	2,29 a	1,19 a
Catucái Amarelo	1,52 b	0,90 b
Catucái Vermelho	1,61 b	0,70 b
Icatu Amarelo	2,50 a	1,07 a
Icatu Vermelho	1,24 c	1,28 a
Mundo Novo	0,79 c	1,21 a
Palma 1	1,81 b	0,93 b
Rubi	2,72 a	0,99 a
Sabiá 398	2,20 a	1,12 a
Siriema	2,10 a	0,42 b
Topázio	1,79 b	0,94 b

* médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott.

Nos grãos torrados, 'Acaiaí', 'Bourbon Amarelo', 'Catuai Vermelho', 'Icatu Amarelo' e 'Icatu Vermelho', 'Mundo Novo', 'Rubi' e 'Sabiá' foram as cultivares que tiveram maiores valores de açúcares redutores.

Embora não tenha diferido das demais, a cultivar Siriema apresentou o menor teor de açúcar (0,42%).

4.1.1.3.4 Proteína bruta

A Tabela 21 traz os resultados da análise de variância dos teores de proteína avaliados nos grãos crus e torrados, para os quais houve diferenças significativas entre as cultivares.

Na Tabela 22, estão impressos os valores dos teores de proteína bruta, para os cafés crus e torrados das cultivares examinadas. As cultivares Canário e Rubi destacaram-se com os maiores valores de proteína e ‘Acaíá’, ‘Acauã’, ‘Catuai Amarelo’, ‘Catucaí Amarelo’, ‘Icatu Vermelho’, ‘Mundo Novo’, ‘Palma I’, ‘Sabiá’ e ‘Topázio’ com os menores.

TABELA 21 Resumo da análise de variância para os teores de proteína bruta de grãos crus e torrados de 16 cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.).

F.V.	G.L.	Quadrados médios e significâncias	
		Café cru	Café torrado
Cultivar	15	2,276841*	0,972140*
Erro	32	0,233242	0,149735
C.V. (%)	---	2,95	2,70

* significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de F

No estudo realizado por Lopes (2000) nos grãos da cultivar Rubi foi encontrado maior nível de proteína e ‘Mundo Novo’ e ‘Catuai Amarelo’ aquelas com os menores níveis. Com esses dados é possível depreender que a origem genética influencia os teores de proteína bruta dos grãos.

Os trabalhos da OIC (1992) evidenciam essas diferenças entre cultivares, relatando teores de 12,70% para ‘Catuai Amarelo’ e 14,62% para ‘Mundo Novo, obtidos por despulpamento. Neste estudo’, houve a averiguação de que, além da cultivar, o tipo de processamento influi enormemente nos teores de proteína.

O teor de aminoácidos livres, estudado por Martín et al. (1998), não variou entre a média de 28 cultivares de arábica e 13 de robusta. A análise multivariada destes constituintes não considerou esta variável como um bom descritor, para separar as duas espécies.

TABELA 22 Valores médios de proteína bruta (% M.S.) de grãos crus e torrados de cafés de 16 cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.)

Cultivares	Proteína bruta (% M.S.)	
	Café cru	Café torrado
Acaia	15,45 c	14,42 a
Acauã	15,90 c	14,89 a
Bourboun Amarelo	17,04 b	15,00 a
Canário	18,16 a	15,16 a
Catuai Amarelo	14,97 c	13,49 c
Catuai Vermelho	17,23 b	14,28 b
Catucal Amarelo	16,05 c	14,15 b
Catucal Vermelho	16,96 b	14,23 b
Icatu Amarelo	16,70 b	14,03 b
Icatu Vermelho	15,67 c	14,66 a
Mundo Novo	15,56 c	13,92 b
Palma I	16,06 c	13,67 c
Rubi	17,49 a	14,88 a
Sabiá 398	15,54 c	13,63 c
Siriema	16,77 b	14,97 a
Topázio	16,15 c	13,53 c

* médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott.

As proteínas são o terceiro grupo de compostos, em termos de quantidade, encontrados nos grãos de café cru e torrado (Clarke & Macrae, 1985). Os valores encontrados no presente trabalho fazem das proteínas, em média, o segundo maior grupo de compostos do café. Isso está associado ao fato de que a metodologia para determinação destes compostos, considera a medida do teor de nitrogênio da amostra, que pode ter sido influenciado pela presença de outros compostos nitrogenados, como a cafeína, a trigonelina, o ácido nicotínico, entre outros.

Na avaliação de grãos crus de arábica e robusta, Pittia et al. (2001) observaram valores de 12,45% e 15,88%, respectivamente, demonstrando as diferenças interespecíficas entre os cafés.

Nos grãos torrados, destacam as cultivares Acauã, Acaiá, Bourbon Amarelo, Canário, Icatu Vermelho, Rubi e Siriema com os maiores valores. 'Catuaí Amarelo', 'Palma I', 'Sabiá' e 'Topázio', como nos grãos crus, tiveram os menores teores.

Os teores de proteína reduziram com o processo de torração, justificado pelo fato de que os aminoácidos reagem com os açúcares para formar as melanoidinas, macromoléculas marrons que estão associadas com o sabor e aroma do café (Ames, 1999).

Em torração clara, o café de bebida estritamente mole avaliado por Coelho (2000) apresentou teor de proteína próximo a 14%, valor que corresponde à média dos encontrados neste trabalho. Os teores observados para as cultivares Catuaí Vermelho, Catuaí Amarelo, Topázio e Rubi estão próximos aos observados por Lopes (2000) em cafés obtidos em torração clara.

Pode-se deduzir que os teores de proteína variaram entre cultivares de uma mesma espécie, conforme indica a literatura encontrada.

4.1.1.3.5 Extrato etéreo

A partir da análise de variância publicada na Tabela 23, observa-se que as cultivares apresentam diferenças significativas para o teor de extrato etéreo dos grãos crus e torrados.

Na Tabela 24, os valores médios de extrato etéreo indicam que as cultivares Acauã, Catuaí Vermelho, Catuaí Amarelo, Mundo Novo e Palma I têm em seus grãos crus, maior riqueza destes compostos. O menor teor foi observado para 'Bourbon Amarelo' que apresentou $\pm 3,79\%$ a menos de extrato etéreo que o maior valor encontrado, para a cultivar Catuaí Amarelo.

TABELA 23 Resumo da análise de variância para os teores de extrato etéreo de grãos crus e torrados de 16 cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.).

F.V.	G.L.	Quadrados médios e significâncias	
		Café cru	Café torrado
Cultivar	15	2,994831*	1,453209*
Erro	32	0,370323	0,618167
C.V. (%)	—	3,94	4,98

* significativo, a 5% de probabilidade

TABELA 24 Valores médios de extrato etéreo (% M.S.) de grãos crus e torrados de cafés de 16 cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.)

Cultivares	Extrato etéreo (% M.S.)			
	Café cru		Café torrado	
Acaia	14,75	c	15,59	b
Acauã	16,39	a	15,51	b
Bourboun Amarelo	13,16	d	15,70	b
Canário	14,77	c	16,25	a
Catuai Amarelo	14,76	c	16,26	a
Catuai Vermelho	16,28	a	15,75	a
Catucai Amarelo	16,95	a	15,34	b
Catucai Vermelho	14,20	c	15,27	b
Icatu Amarelo	15,86	b	17,21	a
Icatu Vermelho	15,25	c	16,36	a
Mundo Novo	16,53	a	15,61	b
Palma I	16,52	a	17,26	a
Rubi	15,43	b	14,84	b
Sabiá 398	15,55	b	15,19	b
Siriema	14,87	c	15,45	b
Topázio	15,63	b	15,23	b

* médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott.

Valores bem inferiores foram observados por Lopes (2000), contudo, entre o grupo de cultivares estudadas, 'Mundo Novo' apresentou os maiores teores. Essas diferenças referem-se, possivelmente, a diferenças com relação à homogeneidade do grau de maturação dos frutos, maior no presente trabalho, como resultado do uso do processo de descascamento no preparo destes cafés.

Há relatos na literatura em que a espécie arábica contém mais lipídeos do que a robusta (Lercker et al., 1996; Rhagavan & Ramalakshmi, 1998), embora tenham sido descritos por Lerici et al (1980) teores de 19,56% e 13,99% em cafés robustas e arábica, respectivamente, contrariando essas informações.

Esses dados, de qualquer forma, indicam que diferenças interespecíficas existem e que algumas cultivares de arábica e/ou de robusta podem apresentar teores de extrato etéreo, abaixo ou acima do normalmente verificado nestas espécies, o que possibilita classificá-las dentro do padrão da espécie oposta.

Martín et al. (2001) utilizaram o perfil de ácidos graxos para diferenciar espécies de café, por meio da análise multivariada. Os autores observaram que entre as espécies, a arábica contém maior teor de ácido linolênico e, na robusta, predomina o ácido oléico, ácidos graxos que foram definidos serem capazes de diferenciar as duas espécies. Neste trabalho ocorreu o que foi sugerido no parágrafo anterior, pois duas amostras de café robusta foram misclassificadas como sendo da espécie arábica.

Em estudos da OIC (1992), as cultivares Catuaí Amarelo e Mundo Novo apresentaram diferenças quanto ao teor de lipídeos, que também mostrou variação para o tipo de processamento.

Nos grãos torrados, as cultivares Canário, Catuaí Amarelo, Catuaí Vermelho, Icatu Amarelo, Icatu Vermelho e Palma I destacaram-se com os maiores teores; as demais cultivares para as quais observou-se os menores valores, não diferiram.

Os cruzamentos interespecíficos que originaram as cultivares Icatu Amarelo, Icatu Vermelho, Canário e Palma I confirmam a variabilidade nos valores dos teores de lipídeos, ocorrida em função do cruzamento entre as espécies.

4.1.1.3.6 Polifenóis

A análise de variância dos teores de polifenóis de grãos crus e torrados demonstra haver diferenças significativas apenas para o grão cru (Tabela 25).

Como pode ser observado na Tabela 26, na avaliação dos grãos crus, as cultivares Acaiá, Acauã, Canário, Catuai Amarelo, Catuai Amarelo, Icatu Amarelo e Topázio apresentaram os maiores teores de polifenóis.

TABELA 25 Resumo da análise de variância para os teores de polifenóis de grãos crus e torrados de 16 cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.).

F.V.	G.L.	Quadrados médios e significâncias	
		Café cru	Café torrado
Cultivar	15	0,633961*	0,340687 ^{NS}
Erro	32	0,100198	0,243419
C.V. (%)	—	4,51	9,25

NS = não significativo

* significativo, a 5% de probabilidade

Com exceção das cultivares Acaiá, Catuai e Topázio, as outras quatro são consideradas materiais resistentes à ferrugem. As cultivares de café robusta são reconhecidas por conterem maiores teores de polifenóis, o que está associado à resistência destas plantas à ferrugem. Os resultados deste estudo apoiam essas afirmações.

TABELA 26 Valores médios dos polifenóis (% M.S.) de grãos crus e torrados de cafés de 16 cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.).

Cultivares	Polifenóis (% M.S.)	
	Café cru	Café torrado
Acaiaá	7,38 a	5,48 a
Acauã	7,71 a	4,74 a
Bourboun Amarelo	6,98 b	5,57 a
Canário	7,48 a	5,37 a
Catuai Amarelo	7,68 a	5,69 a
Catuai Vermelho	6,96 b	5,12 a
Catucái Amarelo	7,53 a	5,14 a
Catucái Vermelho	6,67 b	5,82 a
Icatu Amarelo	7,35 a	5,29 a
Icatu Vermelho	6,73 b	5,12 a
Mundo Novo	6,29 b	4,86 a
Palma I	6,93 b	5,58 a
Rubi	6,58 b	4,78 a
Sabiá 398	6,50 b	5,56 a
Siriema	6,45 b	5,55 a
Topázio	7,13 a	5,65 a

* médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott.

Villela (2002) encontrou valores de 7,31%, 7,54%, 7,55% e 7,73% para cafés despulpados, descascados, desmucilados e natural, da cultivar Rubi. Esses valores superiores ao encontrado para a mesma cultivar, que foi de 6,58% podem estar associados à presença dos defeitos, que o autor não retirou das amostras e que favorecem a elevação dos teores destes compostos.

As cultivares Mundo Novo, Catuai Amarelo, Catuai Vermelho, Rubi e Topázio não diferiram estatisticamente quanto ao teor de polifenóis nos grãos crus, conforme o trabalho de Lopes (2000). Os valores observados estavam entre 6,97% a 7,57%.

No café estritamente mole avaliado por Coelho (2000), foram encontrados cerca de 7,00% de polifenóis. Considerando a qualidade superior da bebida originada por este café, e a proximidade dos valores obtidos nesta avaliação das cultivares, é possível sugerir que estas progênies resultarão em bebidas de excelente qualidade.

Na determinação dos teores de polifenóis do café torrado, não foram observadas diferenças entre as cultivares.

A acidez do café está diretamente relacionada com a presença dos ácidos clorogênicos, que é baixa em cafés que tiveram grande quantidade destes ácidos destruída na torração (Feldman et al., 1969). Esta informação explica a falta de diferenças nos teores de polifenóis e a similaridade dos valores obtidos para a acidez total das 16 cultivares, que será discutida a seguir.

4.1.1.3.7 Acidez total

A análise de variância para a acidez total de grãos crus e torrados das 16 cultivares, apresentada na Tabela 27, demonstra que houve diferenças significativas apenas para a avaliação dos grãos crus.

TABELA 27 Resumo da análise de variância para os valores de acidez total de grãos crus e torrados de 16 cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.).

F.V.	G.L.	Quadrados médios e significâncias	
		Café cru	Café torrado
Cultivar	15	211,640594*	121,686655 ^{NS}
Erro	32	65,142242	149,359527
C.V. (%)	—	7,34	8,62

NS = não significativo

* significativo, a 5% de probabilidade

A Tabela 28 apresenta os valores médios da acidez total observada nos grãos crus e torrados. Os maiores valores para a acidez total foram observados para as cultivares Acauã, Catuaí Amarelo, Catuaí Vermelho, Icatu Amarelo, Icatu Vermelho, Sabiá e Topázio.

TABELA 28 Valores médios da acidez total titulável (mL de NaOH 0,1 mol L⁻¹/100g de amostra) de grãos crus e torrados de cafés de 16 cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.).

Cultivares	Acidez total (mL de NaOH 0,1 mol L ⁻¹)	
	Café cru	Café torrado
Acaiá	100,00 b	143,06 a
Acauã	120,83 a	144,44 a
Bourboun Amarelo	98,61 b	156,25 a
Canário	99,61 b	144,44 a
Catuaí Amarelo	113,89 a	150,00 a
Catuaí Vermelho	118,05 a	137,50 a
Catucaí Amarelo	108,34 b	141,67 a
Catucaí Vermelho	102,78 b	134,72 a
Icatu Amarelo	116,67 a	140,58 a
Icatu Vermelho	120,22 a	133,33 a
Mundo Novo	109,72 b	135,42 a
Palma I	98,61 b	133,33 a
Rubi	108,33 b	147,22 a
Sabiá 398	113,89 a	144,44 a
Siriema	106,95 b	137,50 a
Topázio	120,84 a	144,44 a

* médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott.

Os valores mais expressivos encontrados para a acidez podem estar associados a uma característica genética, dado o fato de cafés que apresentam a mesma genealogia, para a qual apenas o fenótipo cor do fruto é diferente,

apresentaram o mesmo comportamento, como foi o caso dos cafés 'Catuaí Amarelo', 'Catuaí Vermelho', 'Icatu Amarelo' e 'Icatu Vermelho'.

Na avaliação de oito cultivares de arábica, Lopes (2000) não encontrou diferenças para a acidez dos grãos crus. Essa homogeneidade da acidez pode estar relacionada com o fato das amostras desse trabalho serem constituídas por uma mistura de frutos. Outra diferença relevante é que os valores relatados são, aproximadamente, o dobro dos encontrados neste estudo.

Os grãos crus da cultivar Rubi, processados pelo descascamento, apresentaram uma acidez média de 156,97 mL NaOH 0,1 mol L⁻¹/100g de amostra, valor superior ao encontrado no presente trabalho (Villela, 2002).

A retirada dos defeitos das amostras, realizada no presente trabalho, pode ter sido a causa das diferenças entre ambos os resultados, visto que os defeitos são responsáveis por elevar a acidez do café, principalmente os pretos e os ardidos, conforme descreve Coelho (2000).

A influência de defeitos foi observada por Pimenta (2001) que avaliando cafés colhidos por derriça no pano, encontrou valores para a acidez entre 200 a 250 mL de NaOH 0,1 mol L⁻¹/100g, e o número de defeitos destas amostras variou de 110 a 143. Outra associação desta elevada acidez e do número de defeitos foi reforçada com a obtenção de bebida dura para estes cafés.

As cultivares não diferiram para a acidez total dos grãos torrados. A falta de variação na acidez total, dos cafés torrados, pode estar associada com a informação de Sivetz & Desrosier (1979), para quem a formação dos ácidos ocorre a partir de carboidratos submetidos à decomposição térmica, pela qual são reduzidos a ácidos carboxílicos e CO₂. Observou-se, neste estudo, que os teores dos açúcares totais e os não redutores não demonstraram variação alguma entre as cultivares, da mesma forma que foi observado para a acidez total.

4.1.1.3.8 pH

Os resultados obtidos pela análise de variância (Tabela 29) demonstram que houve diferenças significativas para o pH dos grãos crus e torrados das cultivares avaliadas.

Os valores do pH das amostras de grãos crus e torrados de 16 cultivares de cafeeiro encontram-se na Tabela 30.

TABELA 29 Resumo da análise de variância para os valores de pH de grãos crus e torrados de 16 cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.).

F.V.	G.L.	Quadrados médios e significâncias	
		Café cru	Café torrado
Cultivar	15	0,001476*	0,008460*
Erro	32	0,000523	0,003577
C.V. (%)	---	0,39	1,16

* significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de F

Embora o teste estatístico tenha apontado diferenças para os grãos crus das cultivares, elas não diferiram e apresentaram uma variação entre o maior e o menor valor equivalente a 0,07.

Os baixos valores observados para a acidez total dos grãos crus demonstram que os ácidos do café podem ter variado quantitativa e/ou qualitativamente, no entanto, essa variação não foi capaz de influenciar o pH dos mesmos.

O café cereja descascado avaliado por Malta et al. (2003) apresentou os menores valores para o pH, comparado aos processamentos despulpado, desmucilado e natural. O mesmo dado foi observado para a cultivar Rubi, em

trabalho de Villela (2002) que visou a mesma comparação. O pH igual a 5,85 é um pouco inferior ao observado para a mesma cultivar neste experimento (5,88).

TABELA 30 Valores médios do pH de grãos crus e torrados de cafés de 16 cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.).

Cultivares	pH	
	Café cru	Café torrado
Acaia	5,85 a	5,07 b
Acaua	5,85 a	5,15 a
Bourboun Amarelo	5,85 a	5,06 b
Canário	5,86 a	5,18 a
Catuai Amarelo	5,88 a	5,08 b
Catuai Vermelho	5,84 a	5,16 a
Catucái Amarelo	5,86 a	5,13 a
Catucái Vermelho	5,82 a	5,12 b
Icatu Amarelo	5,88 a	5,24 a
Icatu Vermelho	5,86 a	5,10 b
Mundo Novo	5,88 a	5,19 a
Palma I	5,81 a	5,14 a
Rubi	5,88 a	5,04 b
Sabiá 398	5,88 a	5,14 a
Siriema	5,85 a	5,18 a
Topázio	5,86 a	5,16 a

* médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott.

Nos cafés torrados, foram observadas diferenças entre as cultivares, havendo uma diferença de 0,20 unidades de pH, entre o maior valor ('Icatu Amarelo') e o menor ('Rubi').

Ainda que esta variação tenha sido considerada, os valores observados estão dentro do limite proposto por Sivetz & Desrosier (1979) que é entre 4,95 a 5,20, considerados ideais para bebidas comerciais de café. Apenas a cultivar

Icatu Amarelo ultrapassou esse limite, que, segundo o autor, faz com que o café se torne amargo.

Em trabalhos de Pádua (2002) não foi observada uma interação tripla significativa entre esta variável e os graus de torração.

4.1.1.3.9 Cafeína

A Tabela 31 apresenta o resumo da análise de variância dos teores de cafeína de grãos crus e torrados. Os resultados destacam que as cultivares diferem apenas no teor de cafeína dos grãos crus.

Os resultados apresentados na Tabela 32 demonstram que as cultivares com os maiores teores de cafeína, no grão cru, são a 'Catucaí Amarelo', 'Catucaí Vermelho', 'Icatu Amarelo', 'Icatu Vermelho', 'Mundo Novo', 'Palma I', 'Rubi' e 'Sabiá'. As demais cultivares apresentaram os menores valores e não diferiram.

TABELA 31 Resumo da análise de variância para os teores de cafeína de grãos crus e torrados de 16 cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.).

F.V.	G.L.	Quadrados médios e significâncias	
		Café cru	Café torrado
Cultivar	15	0,018892*	0,005139 ^{NS}
Erro	32	0,006960	0,009263
C.V. (%)	---	7,64	9,43

* significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de F

NS = não significativo

TABELA 32 Valores médios da cafeína (% M.S.) de grãos crus e torrados de cafés de 16 cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.).

Cultivares	Cafeína (% M.S.)	
	Café cru	Café torrado
Acaiaá	1,05 b	0,96 a
Acauã	1,09 b	0,98 a
Bourboun Amarelo	1,07 b	0,95 a
Canário	1,02 b	1,08 a
Catuai Amarelo	0,95 b	0,97 a
Catuai Vermelho	1,00 b	0,99 a
Catucaí Amarelo	1,20 a	1,08 a
Catucaí Vermelho	1,24 a	1,06 a
Icatu Amarelo	1,13 a	1,04 a
Icatu Vermelho	1,17 a	1,04 a
Mundo Novo	1,13 a	1,05 a
Palma I	1,12 a	1,02 a
Rubi	1,14 a	1,06 a
Sabiá 398	1,15 a	1,02 a
Siriema	1,02 b	1,03 a
Topázio	1,11 b	1,01 a

* médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott.

Esperava-se que todas as cultivares originadas de cruzamentos com a espécie robusta apresentassem maiores teores de cafeína, considerando que essa espécie apresenta quase o dobro do previsto em cafés arábicas. Observou-se, em seis das nove cultivares avaliadas, os maiores valores, confirmando 66,66% desta informação. Contudo, 'Mundo Novo' e 'Rubi', cultivares 100% arábica, também tiveram os maiores teores deste alcalóide.

Charrier & Berthaud (1975) afirmam que ocorre uma expressão diferenciada do genótipo para a síntese de cafeína, a qual varia de uma espécie para outra e que ocorre influência da interação ente o genótipo e o ambiente. Esses podem ser os motivos para a obtenção desta variação que contrariou as

expectativas com relação ao teor da cafeína e as cultivares relacionadas com a espécie robusta.

Villela (2002) observou não haver influência do tipo de processamento e o teor de cafeína, para a cultivar Rubi, para a qual foram detectados valores entre 0,90% a 0,95%. Estes valores, inferiores aos 1,15% obtidos, podem confirmar a afirmativa dos autores citados, visto que ambas as cultivares são provenientes de diferentes locais de cultivo.

Os teores de cafeína nos grãos torrados não mostraram variação entre as cultivares.

4.1.2 Análise multivariada

4.1.2.1 Grãos crus

A partir da Tabela 33, que apresenta os testes críticos, observa-se que as diferenças entre as amostras foram consideradas significativas.

TABELA 33 Tabela de MANOVA para os Testes de Critérios e Aproximação de F, para a hipótese de não haver efeito global da amostra, na avaliação de constituintes químicos de grãos crus de 16 cultivares de cafeeiro *Coffea arabica* L.

Critério	Estatística	F	G.L.	Den DF
Wilk's λ	0,00000117	3,44	195	224,81*
Traço de Pillai	6,68944031	2,26	195	416,00*
Traço de Hotelling-Lawley	47,00866199	4,44	195	87,293*
Raiz máxima de Roy	20,07516193	42,83	15	32,00*

* significativo, pelo teste de F, a 5% de probabilidade

4.1.2.1.1 Variáveis canônicas

O uso da metodologia das variáveis canônicas no estudo da composição química das diferentes cultivares teve como propósito a identificação das cultivares mais dissimilares em gráficos de dispersão bidimensionais, buscando-se uma simplificação na interpretação dos resultados.

A viabilidade de utilização desta técnica, segundo Barros (1991) e Cruz & Regazzi (1994), encontra-se na dependência de que as duas primeiras variáveis canônicas sejam responsáveis por um mínimo de 70% a 80% da variação total disponível. Em função dessa exigência, considerou-se as três primeiras variáveis canônicas, acumulando, assim, 73,55% da variação disponível.

A Tabela 34 contém as estimativas dos autovalores (Y_i), as proporções individuais e as proporções acumuladas correspondentes às variáveis canônicas (Y_i).

TABELA 34 Autovalores, proporção individual e proporção acumulada associados às variáveis originais obtidas com base em treze caracteres avaliados em 16 cultivares de cafeeiros *Coffea arabica* L.

Y_i	Autovalor	Proporção	Proporção acumulada
1	20,0752	0,4271	0,4271
2	8,3309	0,1772	0,6043
3	6,1668	0,1312	0,7355

A Tabela 35 apresenta os autovetores e as porcentagens de explicação individual e acumulada das três variáveis canônicas que retiveram 73,55% da informação para explicar a variação total. A primeira variável explicou 42,71% da variação total.

TABELA 35 Autovetores e explicação individual (%) e acumulada (%) das quatro variáveis canônicas selecionadas.

Variáveis	Y ₁	Y ₂	Y ₃
Açúcares totais	-4,6526	-16,9036	-4,7922
Açúcares redutores	5,2953	17,1991	5,0649
Açúcares não redutores	4,7220	16,9844	4,7339
Cafeína	-0,7729	-1,2114	0,2870
Polifenóis	0,2079	0,2035	0,2615
Acidez total	0,0058	0,0020	0,0095
pH	0,6856	0,9086	-3,2641
Sólidos solúveis	-0,295	0,0608	-0,2504
Extrato etéreo	-0,2398	-0,1109	0,2066
Proteína	0,4162	-0,2032	-0,0306
Resíduo mineral fixo	0,0235	-0,2401	-0,0088
Condutividade elétrica	-0,0209	0,0006	-0,0094
Lixiviação de K ⁺	0,0507	-0,0235	-0,0035
% Explicação	42,71	17,72	13,12
% Acumulada	42,71	59,83	72,95

A seguir, na Tabela 36, encontram-se apresentados os valores das cargas das estruturas canônicas. O critério para a escolha dos autovalores foi de $\lambda \geq 0,60$. Os dados constantes nesta tabela permitem observar que os estudos dos teores de açúcares redutores e da proteína foram os que mais contribuíram para a primeira variável canônica.

Para a segunda variável canônica, o teor de sólidos solúveis e de resíduo mineral fixo apresentou maior peso. O teor de extrato etéreo teve maior peso para a terceira variável.

Dessa forma, foram construídos dois gráficos de dispersão: um envolvendo as duas primeiras variáveis canônicas (Figura 3), o outro, a primeira e a terceira variáveis (Figura 4).

TABELA 36 Coeficientes canônicos das 13 variáveis estudadas, para os grãos crus de 16 cultivares de *Coffea arabica* L.

Variável	Coeficientes canônicos		
	Y1	Y2	Y3
Açúcares totais	0,2980	0,5175	-0,2207
Açúcares redutores	0,6932	0,3038	0,4392
Açúcares não redutores	-0,2194	0,3127	-0,5696
Cafeína	-0,2532	-0,5696	0,0292
Polifenóis	0,1167	0,2363	0,3862
Acidez total	-0,2079	0,2080	0,5082
pH	-0,0239	0,4818	-0,0169
Sólidos solúveis	-0,1966	0,6610	-0,3828
Extrato etéreo	-0,5168	-0,2231	0,7478
Proteína	0,7902	-0,5489	-0,0899
Resíduo Mineral Fixo	0,1376	-0,6127	-0,0771
Condutividade elétrica	-0,2961	-0,3351	-0,2721
Lixiviação de íons K ⁺	-0,2125	-0,3920	-0,2281

Embora o gráfico de dispersão (Figura 3) não tenha permitido uma completa separação das cultivares, observa-se que a 'Mundo Novo' (MN) ficou situada em região mais isolada do gráfico. As cultivares Catuaí Vermelho (CV) e Rubi (RB) ficaram localizadas no mesmo espaço e, pela análise univariada, apresentaram, entre outras, o maior valor de açúcares redutores (descriptor da Y₁). Existe uma relação genética entre ambas as cultivares, sendo interessante lembrar que a cultivar Rubi foi obtida a partir do retrocruzamento da 'Catuaí Vermelho' para a 'Mundo Novo'.

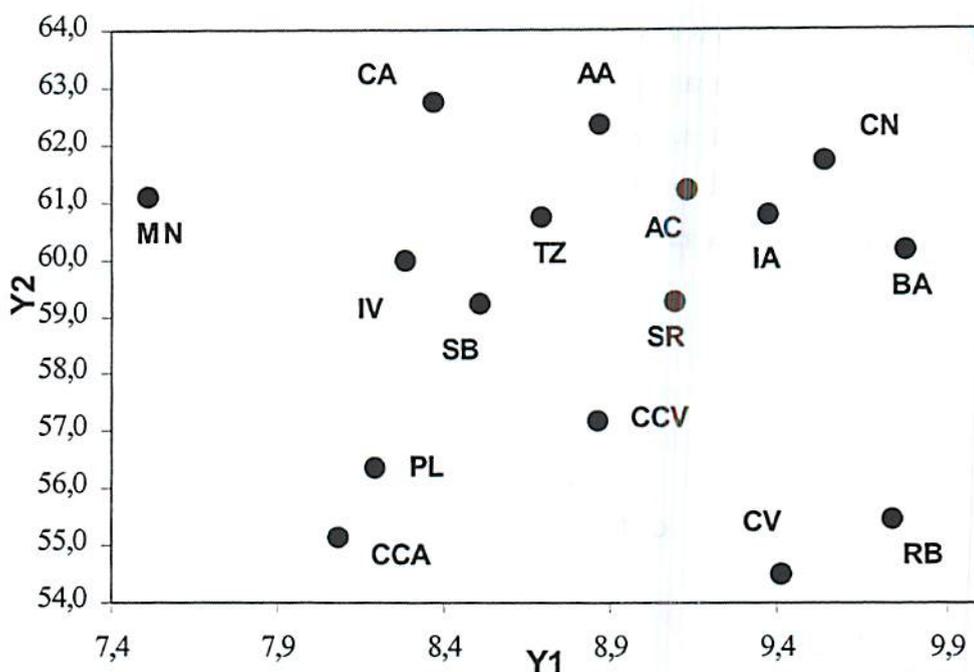


FIGURA 3 Dispersão gráfica de 16 cultivares de *Coffea arabica* L, em relação à primeira (Y1) e à segunda (Y2) variáveis canônicas obtidas com base em 13 caracteres avaliados nos grãos crus.

Para as cultivares Palma I (PL) e Catucaí Amarelo (CCA), localizadas na mesma região do gráfico, ocorreram semelhanças com relação aos teores de açúcar redutor e de proteína, e a origem, já que ambas provêm de cruzamentos com 'Catucaí'. Outra característica para qual estão relacionadas é a resistência à ferrugem, conferida pelo cruzamento com materiais da espécie robusta.

As demais cultivares localizaram-se próximas, sugerindo haver pouca diferença para os teores dos constituintes químicos considerados como sendo os descritores.

A avaliação individual dos teores de proteína bruta e açúcares redutores, os descritores de maior peso para a primeira variável canônica (Y_1), demonstrou resultados semelhantes aos observados nesta análise multivariada.

No segundo gráfico de dispersão (Figura 4) estão plotados os *scores* para a primeira e a terceira variável canônica (Y_1 e Y_3).

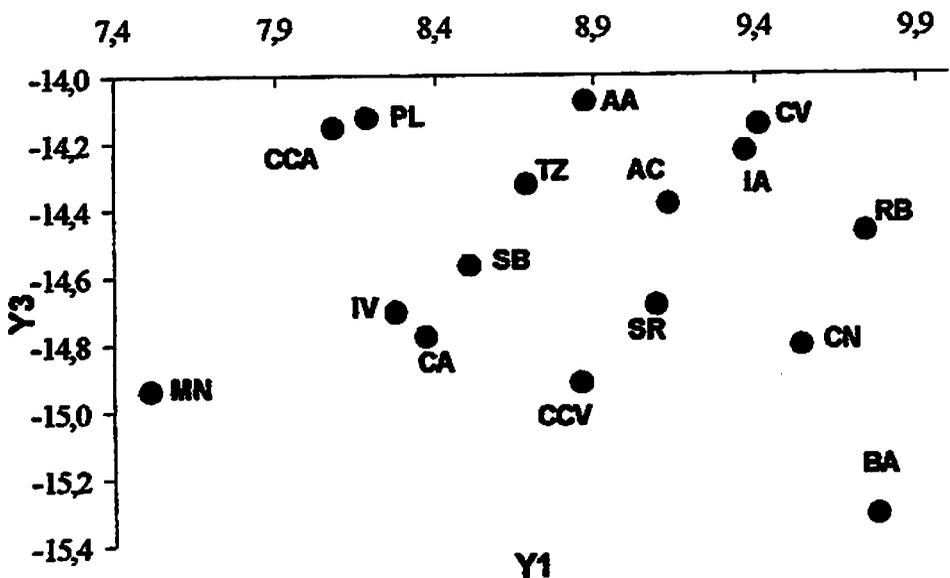


FIGURA 4 Dispersão gráfica de 16 cultivares de *Coffea arabica* L, em relação à primeira (Y_1) e à terceira (Y_3) variáveis canônicas, obtidas com base em 13 caracteres avaliados nos grãos crus avaliados nos grãos crus.

É possível observar uma separação mais nítida das cultivares Mundo Novo (MN) e Bourbon Amarelo (BA), localizadas em extremos opostos. O teor de extrato etéreo foi o descritor que mais contribuiu para a Y_3 e a cultivar Bourbon Amarelo apresentou o menor teor destes compostos.

A cultivar Mundo Novo foi a que mais diferiu do grupo das 16 cultivares avaliadas, localizando-se em região diferente das demais.

4.1.2.1.2 Agrupamento pela distância de Mahalanobis

A distância de Mahalanobis foi utilizada para a medida da similaridade e um dendrograma foi construído a partir do método da distância do vizinho mais próximo (Figura 5).

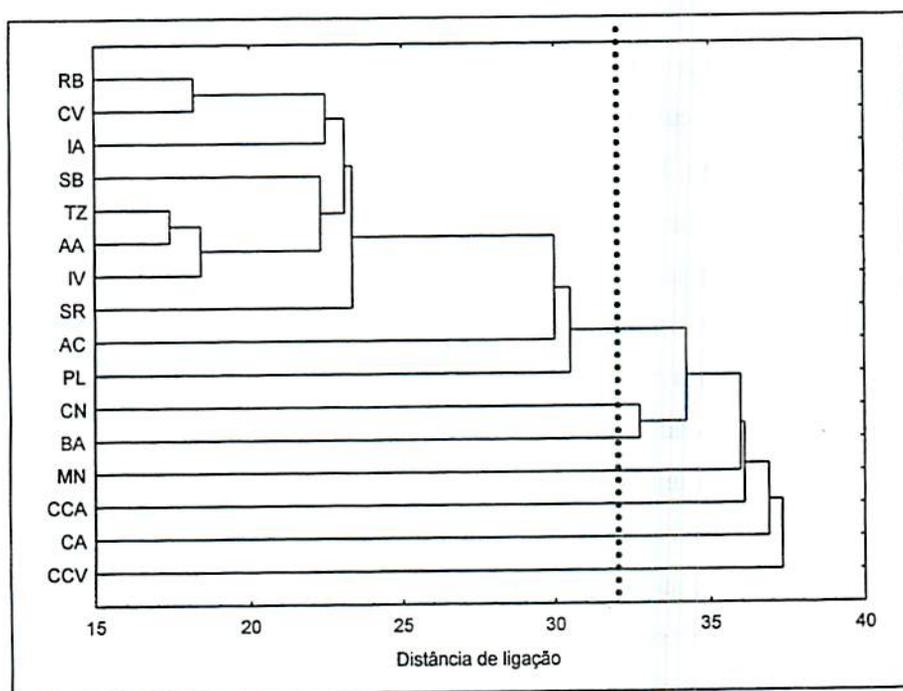


FIGURA 5 Dendrograma utilizando a distância de Mahalanobis e o método do vizinho mais próximo (*single linkage*), para as 16 cultivares de *Coffea arabica* L., a partir da avaliação de 13 caracteres em grãos crus.

A avaliação do dendrograma consiste em realizar um corte no dendrograma em função da distância mais significativa, obtida através da análise da distância de Mahalanobis, com base na distância quadrática entre as amostras (cultivares). Assim, a distância mais significativa considerada foi 31,87 (Probabilidade = 0,0458).

O dendrograma possibilitou agrupar 10 cultivares em 01 grupo e, promoveu a separação individual das outras 06 cultivares. No grupo estão as cultivares Rubi, Catuaí Vermelho, Icatu Amarelo, Sabiá, Topázio, Acauã, Icatu Vermelho, Siriema, Acaia e Palma I, demonstrando haver uma similaridade entre estas cultivares.

É interessante ressaltar a presença de quatro dos sete novos materiais, no mesmo grupo de cultivares tradicionalmente utilizadas com resistência à ferrugem do cafeeiro. Isso demonstra um excelente resultado para os programas de melhoramento genético que, conseguindo agregar maior resistência aos materiais já existentes, não ofereceu prejuízos à qualidade da bebida, quando foram medidos os constituintes químicos dos grãos crus.

Dias (2002), avaliando 25 progênies de cultivares de arábica, observou 5 grupos de similaridade, usando o método de Tocher aplicado à matriz de Mahalanobis. No primeiro e maior grupo, em relação ao presente trabalho, a cultivar Mundo Novo estava presente, juntamente com Catuaí Vermelho, Topázio, Rubi, Acaia Cerrado, e para as quais apresenta estreita relação genética. O autor baseou-se em caracteres vegetativos e de produção, não tendo sido realizada uma correlação com os caracteres da qualidade de bebida, para os quais a composição química está incluída.

As seis cultivares classificadas individualmente foram: 'Canário', 'Bourbon Amarelo', 'Mundo Novo', 'Catuaí Amarelo', 'Catuaí Amarelo' e 'Catuaí Vermelho', demonstrando haver uma dissimilaridade entre essas progênies. Ambas as cultivares de Catuaí (amarelo e vermelho) demonstraram

apresentar características bem distintas das progênies das quais são originadas (Catuaí e Icatu), com relação às determinações realizadas no grão cru. Da mesma forma que 'Catuaí Amarelo' originada de 'Mundo Novo', demonstrou uma variabilidade em relação à sua progenitora.

A Tabela 37 apresenta a distância quadrática entre as amostras e a significância desta medida, calculada pelo teste de F, para as 16 cultivares, avaliada em função de parâmetros químicos dos grãos crus.

Os resultados demonstram que há uma grande variabilidade entre os materiais, sendo possível observar que as cultivares Mundo Novo, Catuaí Amarelo, Canário, Catuaí Amarelo, Catuaí Vermelho e Bourbon Amarelo são as mais divergentes. Esses resultados, confirmados pela Figura 5, demonstram que essas cultivares possuem uma individualidade na composição química de seus grãos crus.

TABELA 37 Distância quadrática entre as cultivares e significância calculada pelo teste de F, a 5% de probabilidade, entre as variáveis estudadas nos grãos crus de 16 cultivares de café *Coffea arabica* L.

Cultivares	RB	SB	SR	IA	CV	CN	PL	CCV	CCA	TZ	BA	AA	AC	CA	IV	MN
RB	0	66,89*	31,87*	22,48 ^{ns}	18,19 ^{ns}	38,94*	109,30*	67,57*	117,62*	56,60*	43,06*	76,02*	72,12*	123,61*	91,47*	187,46*
SB		0	24,93 ^{ns}	51,00*	73,45*	92,12*	46,49*	71,67*	60,62*	22,31 ^{ns}	72,90*	42,86*	30,00 ^{ns}	36,89*	23,57 ^{ns}	58,12*
SR			0	34,53*	37,82*	37,40*	49,93*	42,49*	82,68*	23,35 ^{ns}	34,24*	48,36*	30,70 ^{ns}	67,10*	44,57*	100,64*
IA				0	22,70 ^{ns}	37,16*	83,19*	67,68*	79,20*	27,52 ^{ns}	53,52*	23,09 ^{ns}	44,30*	74,73*	66,88*	156,91*
CV					0	44,98*	84,13*	72,11*	99,79*	41,14*	73,75*	54,41*	75,23*	116,17*	73,78*	171,82*
CN						0	92,74*	37,33*	93,98*	51,15*	32,73*	63,13*	82,73*	101,78*	92,85*	162,93*
PL							0	57,94*	36,10*	30,51 ^{ns}	136,22*	50,21*	68,37*	82,51*	39,69*	51,10*
CCV								0	62,40*	48,44*	56,42*	63,66*	104,48*	103,93*	64,23*	105,26*
CCA									0	36,62*	133,98*	41,68*	103,03*	76,81*	57,31*	64,21*
TZ										0	73,20*	17,42 ^{ns}	36,06*	39,60*	18,43 ^{ns}	69,50*
BA											0	85,61*	68,09*	89,14*	105,17*	182,85*
AA												0	44,80*	42,66*	49,96*	106,49*
AC													0	44,37*	65,56*	132,20*
CA														0	42,31*	75,13*
IV															0	39,98*
MN																0

* = significativo a 5% de probabilidade

ns = não significativo a 5% de probabilidade

A análise das distâncias quadráticas e das cultivares do grande grupo idealizado pelo dendrograma, observa-se que a cultivar Sabiá é a que apresenta menor dissimilaridade em relação a cultivares do grupo, sendo considerada divergente apenas da 'Acauã', 'Icatu Amarelo', 'Rubi' e 'Palma I'.

A divergência com relação às três primeiras cultivares citadas pode estar associada à sua origem, que foi a partir do cruzamento entre o 'Catimor' e o 'Acaiá', aos quais nenhuma destas cultivares apresenta relação. As diferenças observadas para 'Palma I', que também apresenta o 'Catimor' na sua genealogia, pode estar associada a uma maior influência da 'Acaiá' na sua obtenção. Cabe ressaltar que não houve divergência entre 'Sabiá' e 'Acaiá'.

A maior distância (187,46) foi encontrada entre as cultivares Rubi e Mundo Novo e a menor entre as cultivares Acauã e Topázio (17,42). Considera-se então que as cultivares mais divergentes são a 'Mundo Novo' e 'Rubi' e 'Acauã' e 'Topázio' são as mais similares.

4.1.2.1.3 Matriz de correlação das variáveis

A Tabela 38 apresenta a matriz de correlação entre as 13 variáveis estudadas nos grãos crus das 16 cultivares de café.

As variáveis açúcares totais e não redutores apresentaram a maior das três correlações significativas ($p < 0,0001$). Existe uma relação de dependência entre as duas variáveis, pois dos teores de açúcares totais subtraem-se os redutores para se obter os valores dos não redutores. Assim, quanto menores os valores dos açúcares redutores, maiores serão os valores dos não redutores e vice-versa.

Outra combinação com correlação significativa foi entre os teores de açúcares não redutores e o pH (0,0406).

TABELA 38 Coeficientes de correlação parciais do erro e probabilidade de correlação entre as variáveis estudadas nos grãos crus de 16 cultivares de caféiro *Coffea arabica* L.

DF=32	ACT	ACR	ACNR	CAF	PFN	AT	pH	SST	EE	PRO	RMF	COND	LX K'
ACT	1,00	0,22 ^{NS}	0,92*	0,01 ^{NS}	-0,03 ^{NS}	-0,22 ^{NS}	-0,25 ^{NS}	-0,12 ^{NS}	0,12 ^{NS}	-0,12 ^{NS}	-0,03 ^{NS}	0,14 ^{NS}	0,06 ^{NS}
ACR		1,00	-0,17 ^{NS}	0,09 ^{NS}	-0,21 ^{NS}	0,01 ^{NS}	0,26 ^{NS}	-0,19 ^{NS}	0,21 ^{NS}	-0,17 ^{NS}	-0,15 ^{NS}	0,19 ^{NS}	-0,05 ^{NS}
ACNR			1,00	-0,03 ^{NS}	0,09 ^{NS}	-0,23 ^{NS}	-0,36*	-0,05 ^{NS}	0,04 ^{NS}	-0,05 ^{NS}	0,03 ^{NS}	0,07 ^{NS}	0,08 ^{NS}
CAF				1,00	0,06 ^{NS}	0,07 ^{NS}	0,07 ^{NS}	0,09 ^{NS}	-0,31 ^{NS}	-0,03 ^{NS}	-0,27 ^{NS}	-0,09 ^{NS}	-0,07 ^{NS}
PFN					1,00	-0,16 ^{NS}	-0,28 ^{NS}	0,17 ^{NS}	-0,03 ^{NS}	0,12 ^{NS}	0,07 ^{NS}	0,00 ^{NS}	-0,04 ^{NS}
AT						1,00	0,22 ^{NS}	0,11 ^{NS}	0,12 ^{NS}	0,11 ^{NS}	-0,07 ^{NS}	0,28 ^{NS}	0,05 ^{NS}
pH							1,00	0,17 ^{NS}	0,31 ^{NS}	0,09 ^{NS}	0,26 ^{NS}	-0,12 ^{NS}	-0,23 ^{NS}
SST								1,00	0,06 ^{NS}	0,29 ^{NS}	-0,10 ^{NS}	-0,24 ^{NS}	-0,12 ^{NS}
EE									1,00	0,26 ^{NS}	-0,05 ^{NS}	0,10 ^{NS}	0,06 ^{NS}
PRO										1,00	0,04 ^{NS}	0,24 ^{NS}	-0,15 ^{NS}
RMF											1,00	0,10 ^{NS}	0,04 ^{NS}
COND												1,00	0,53*
LX K'													1,00

* significativo, a 5% de probabilidade

NS = não significativo

A condutividade elétrica do exsudado dos grãos de café e a lixiviação de íons potássio apresentaram a correlação mais significativa (0,0014). A relação existe, pois ambos os testes avaliam efeitos de deterioração da membrana celular do grão de café. Quanto maiores forem as injúrias ocorridas nos grãos, maiores serão as quantidades de substâncias presentes no exsudado dos grãos, conseqüentemente maiores serão os valores para a condutividade elétrica.

O teste de lixiviação de potássio mede os teores de potássio lixiviado para este exsudado por meio da fotometria de chama. O potássio é o metal presente em maior quantidade na parede celular do grão de café, podendo ser encontrado até 40% deste mineral, no resíduo mineral fixo do grão de café. Assim quanto maior o nível de injúrias do grão, maiores quantidades de íon potássio serão translocados para o meio.

Os trabalhos que avaliaram estas duas variáveis, como padrão para determinar a qualidade dos grãos crus, são unânimes em afirmar que as duas variáveis apresentaram uma correlação positiva, que, até então, ainda não havia sido verificada por uma análise multivariada.

4.1.2.1.4 Número de observações e classificações dentro das amostras

A Tabela 39 apresenta o número de observações e classificações dentro das amostras. Observa-se que todas as cultivares foram corretamente classificadas.

TABELA 39 Número de observações classificadas entre as 16 cultivares de caféiro *Coffea arabica* L. para as variáveis analisadas no grão cru.

	RB	SB	SR	IA	CV	CN	PL	CCV	CCA	TZ	BA	AA	AC	CA	IV	MN
RB	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SB	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SR	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IA	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CV	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CN	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PL	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CCV	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
CCA	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
TZ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
BA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
AA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
CA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
IV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
MN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3

4.1.2.2 Grãos torrados

A Tabela 40 contém os testes estatísticos que demonstraram haver significância a 5% de probabilidade, existindo assim, um efeito global das variáveis sobre as cultivares avaliadas, com relação ao grão torrado.

TABELA 40 Tabela de MANOVA para os Testes de Critérios e Aproximação de F, para a hipótese de não haver efeito global da amostra, na avaliação de constituintes químicos de grãos torrados de 16 cultivares de cafeeiro *Coffea arabica* L.

Critério	Estatística	F	G.L.	Den DF
Wilk's λ	0,00019453	1,58	195	224,81*
Traço de Pillai	4,98738406	1,33	195	416,00*
Traço de Hotelling Lawley	20,36864967	1,92	195	87,293*
Raiz máxima de Roy	8,56915217	18,28	15	32,00*

* significativo, a 5% de probabilidade pelo teste de F

4.1.2.2.1 Variáveis canônicas

Da mesma forma que foi justificado para os grãos crus, a viabilidade de utilização desta técnica encontra-se na dependência de que as duas primeiras variáveis canônicas sejam responsáveis por um mínimo de 70% a 80% da variação total disponível (Barros, 1991; Cruz & Regazzi, 1994). Em função dessa exigência, considerou-se as três primeiras variáveis canônicas, acumulando, assim, 78,06% da variação disponível.

A Tabela 41 contém as estimativas dos autovalores (Y_i), as proporções individuais e as proporções acumuladas correspondentes às variáveis canônicas (Y_i).

A Tabela 42 traz os autovetores e as porcentagens de explicação individual e acumulada das variáveis canônicas.

TABELA 41 Autovalores, proporção individual e proporção acumulada associados às variáveis originais obtidas com base em treze caracteres avaliados em 16 cultivares de cafeeiros *Coffea arabica* L.

Y1	Autovalor	Proporção	Proporção acumulada
1	8,5692	0,4207	0,4207
2	5,1648	0,2536	0,6743
3	2,1652	0,1063	0,7806

TABELA 42 Autovetores e explicação individual (%) e acumulada (%) das três variáveis canônicas selecionadas.

Variáveis	Y ₁	Y ₂	Y ₃
Açúcares totais	-1,2364	0,3747	-1,9491
Açúcares redutores	1,8601	-1,0528	1,9315
Açúcares não redutores	1,1506	-0,5381	1,8471
Cafeína	-0,9104	-0,1577	0,0445
Polifenóis	-0,2051	0,0004	-0,0304
Acidez total	-0,018	-0,0006	-0,0092
pH	-6,0425	1,6579	-1,0509
Extrato aquoso	-0,0012	0,0065	-0,0090
Extrato etéreo	-0,0166	0,0972	0,1524
Proteína	0,2956	0,4077	-0,1469
Luminosidade (L)	0,0630	0,0285	0,0244
Coordenada cromática A	-0,1775	-0,1466	-0,1653
Coordenada cromática B	0,0211	0,0379	-0,0150
% Explicação	42,07	25,36	10,63
% Acumulada	42,07	67,43	78,06

A seguir, na Tabela 43, encontram-se apresentados os valores das cargas das estruturas canônicas. O critério para a escolha dos autovalores foi de $\lambda \geq 0,60$. Os dados constantes nesta tabela permitem observar que pH foi o descritor químico que mais contribuiu para a primeira variável canônica.

TABELA 43 Coeficientes canônicos das 13 variáveis estudadas, para os grãos torrados de 16 cultivares de *Coffea arabica* L.

Variável	Coeficiente canônico		
	Y ₁	Y ₂	Y ₃
Açúcares totais	0,1929	-0,6889	-0,0595
Açúcares redutores	0,5889	-0,3897	0,1861
Açúcares não redutores	-0,0098	-0,6682	-0,1483
Cafeína	-0,1625	0,2935	0,0611
Polifenóis	-0,4140	-0,1740	0,1620
Acidez total	0,0394	-0,0811	-0,5398
pH	-0,6346	0,3800	0,2450
Extrato aquoso	0,0368	0,0758	-0,0444
Extrato etéreo	-0,1295	0,2712	0,8556
Proteína	0,4894	0,7566	-0,3878
Luminosidade (L)	0,3128	-0,1057	0,6222
Coordenada cromática A	-0,2501	-0,2633	-0,7001
Coordenada cromática B	0,0812	0,0507	-0,5614

Os teores de açúcares totais, açúcares não redutores e proteína apresentaram maior peso para a segunda variável canônica. Para a terceira, o teor de extrato etéreo, a luminosidade e a coordenada cromática A tiveram maior peso.

Para apresentar os *scores* obtidos para cada variável canônica, foram elaborados dois gráficos de dispersão: um envolvendo as duas primeiras variáveis canônicas (Figura 6); o outro, a primeira e a terceira variáveis (Figura 7).

O gráfico permite observar que, em relação à composição química do grão cru, já discutida neste trabalho, a análise multivariada dos dados para os grãos torrados permitiu separar mais as cultivares, demonstrando que existe um efeito do processo de torração sobre a composição química dos grãos.

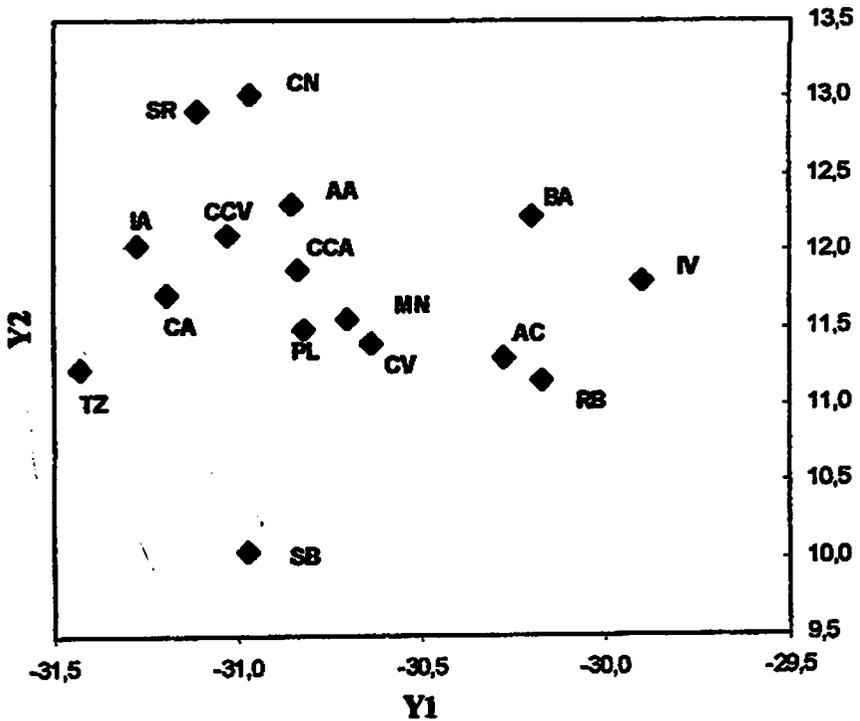


FIGURA 6 Dispersão gráfica de 16 cultivares de *Coffea arabica* L., em relação à primeira (Y_1) e à segunda (Y_2) variáveis canônicas obtidas com base em 13 caracteres avaliados nos grãos torrados.

Destacam-se as cultivares Sabiá e Topázio que mais se distanciaram das demais, ocupando locais isolados no gráfico. Outras cultivares isoladas, porém com menor longitude e com praticamente a mesma aproximação, foram a 'Bourbon Amarelo', a 'Acaiaí', a 'Icatu Vermelho' e a 'Rubi'.

Ressaltando que a primeira variável canônica é a mais importante por explicar 42,07% da variação total, as maiores diferenças podem ser visualizadas horizontalmente no gráfico. Assim, as cultivares que não foram citadas localizaram-se, na mesma região do gráfico e não são consideradas diferentes. As diferenças observadas dizem respeito ao pH, que foi a variável de maior peso

para Y_1 . As cultivares que mais se separaram de todo o grupo, 'Sabiá' e 'Topázio' apresentaram os maiores valores para o pH e 'Bourbon Amarelo', 'Acaia', 'Icatu Vermelho' e 'Rubi', os menores valores.

A análise univariada dos teores de açúcares totais, não redutores e proteína, que influenciaram na separação das cultivares em função de Y_2 , mostrou não haver diferenças para os dois tipos de açúcares, porém para o teor de proteína foi encontrada uma correlação entre os dois métodos estatísticos. As cultivares Sabiá e Topázio, localizadas na região inferior do gráfico foram as que apresentaram menor teor de proteína, e as cultivares Bourbon Amarelo, Acaia, Icatu Vermelho e Rubi estão entre aquelas com maiores teores protéicos.

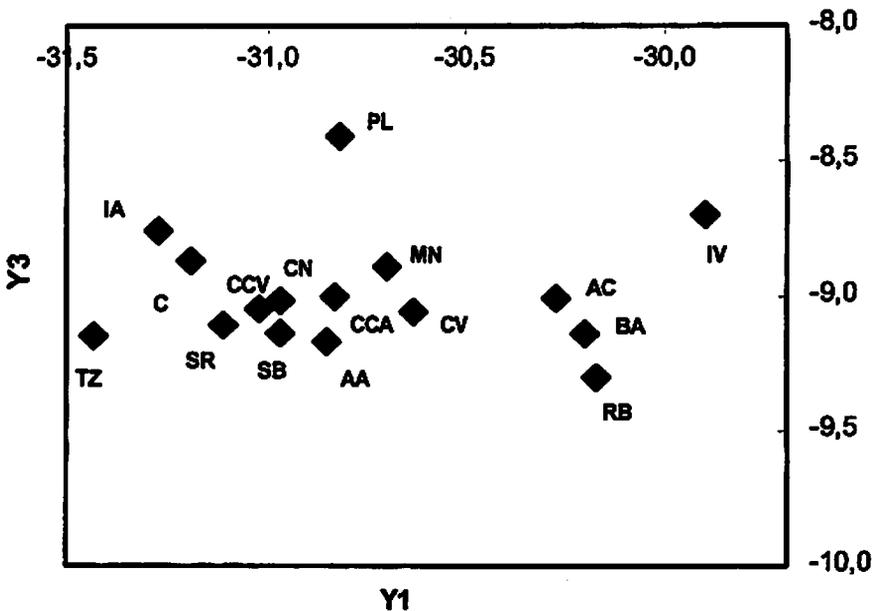


FIGURA 7 Dispersão gráfica de 16 cultivares de *Coffea arabica* L., em relação à primeira (Y_1) e à terceira (Y_3) variáveis canônicas obtidas com base em 13 caracteres avaliados nos grãos torrados.

A observação do gráfico construído em função da primeira e terceira variáveis canônicas (Figura 7), permite observar a separação das cultivares com maior nitidez, sendo que 'Icatu Vermelho' se distancia dos grupo de que fazia parte no gráfico Y_1 x Y_2 . A cultivar Topázio se localiza à maior distância de 'Icatu Vermelho' e a cultivar Palma I se diferencia do grupo. O teor de extrato etéreo, importante componente do grão torrado e as variáveis responsáveis pela medida da cor influenciaram na diferenciação dessas cultivares.

Na quantificação do teor de extrato etéreo, as cultivares Topázio, Acaia, Bourbon Amarelo e Rubi apresentaram os menores teores e 'Icatu Vermelho' um dos maiores.

A fração lipídica dos grãos de café tem sido comumente usada para separar cafés das espécies robusta e arábica (Carrera et al., 1998; Martín et al., 2001; González et al., 2001). Lee et al. (1998) utilizaram com eficiência a composição de ácidos graxos para separar os 8 tipos de oleaginosas. Os autores recomendam a técnica dos componentes principais, para ser usada em vários aspectos da produção de óleos, incluindo detecção de adulteração, controle de qualidade, avaliação de categorias similares e desenvolvimento de produtos.

Os resultados da análise multivariada realizada para os grãos torrados permitiram a separação das cultivares em função dos teores de açúcares totais, açúcares não redutores, proteína, extrato etéreo e pela medida do pH, da luminosidade (L) e da coordenada cromática A. Estes descritores permitiram realizar um agrupamento das cultivares Bourbon Amarelo, Acaia Cerrado, Rubi e Icatu Vermelho, sugerindo haver uma relação entre estas cultivares e os teores destes constituintes.

4.1.2.2 Agrupamento pela distância de Mahalanobis

A distância de Mahalanobis foi utilizada para a medida da similaridade e um dendrograma foi construído a partir do método da distância do vizinho mais próximo (Figura 8).

Considerando que o corte é realizado em função da distância cujo valor de significância é o mais próximo a 5%, para o café torrado, não houve separação das cultivares, pois o valor para corte é 31,31. A metodologia de agrupamento foi a do vizinho mais próximo, por isso, foram plotadas as distâncias equivalentes até 16.

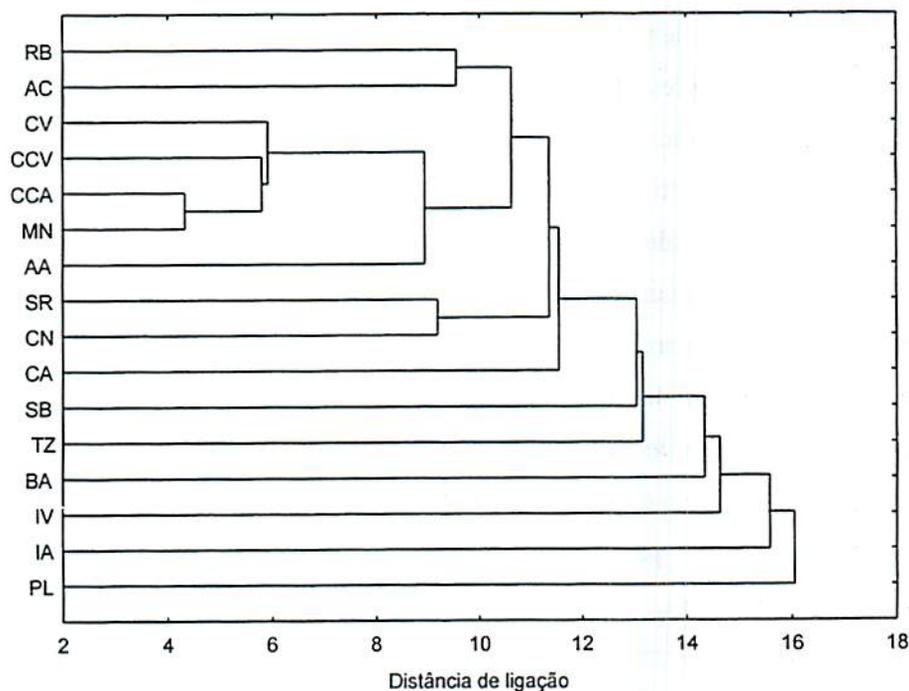


FIGURA 8 Dendrograma utilizando a distância de Mahalanobis e o método do vizinho mais próximo (*single linkage*), para as 16 cultivares de *Coffea arabica* L., a partir da avaliação de 13 caracteres em grãos torrados.

Estes resultados concordam com a pouca variação observada na análise univariada. Nesta avaliação, foram observadas diferenças apenas para 4 das treze variáveis observadas, ou seja, para os teores de açúcares redutores, proteína, extrato etéreo e para o pH. Essas variáveis foram consideradas como descritores químicos na análise pelas variáveis canônicas.

Estes resultados mostram que não foi possível realizar a separação das cultivares, a partir do estudo da composição dos grãos torrados, utilizando-se como método hierárquico aglomerativo, o do vizinho mais próximo, como foi utilizado para a avaliação dos grãos crus.

A Tabela 44 apresenta a distância quadrática entre as amostras e a significância desta medida, calculada pelo teste de F, para as 16 cultivares, avaliada em função de parâmetros químicos dos grãos torrados.

Os dados apresentados permitem observar que a maioria das cultivares não apresentou distância significativa. Em relação ao café cru, as distâncias foram menores. A cultivar que apresentou maior divergência foi a 'Canário' para a qual foram consideradas as distâncias entre 10 cultivares consideradas significativas. Os materiais 'Siriema', 'Catucaí Amarelo', 'Catucaí Vermelho', 'Acauã' e 'Icatu Amarelo' foram os que menos divergiram de 'Canário', em função do cálculo da distância. A semelhança desta cultivar com esse grupo está possivelmente, relacionada ao fato destes materiais serem considerados resistentes à ferrugem e, por isso, apresentarem, em suas genealogias, a espécie *C. canephora* Pierre, para a qual a maioria dos constituintes químicos varia em relação à *C. arabica* L.

A cultivar Bourbon Amarelo divergiu de seis das cultivares consideradas resistentes e da 'Topázio'. A cultivar Mundo Novo apresentou diferenças apenas para a 'Canário', apresentando a menor divergência com o grupo.

TABELA 44 Distância quadrática entre as cultivares e significância calculada pelo teste de F, a 5% de probabilidade, entre as variáveis estudadas nos grãos torrados de 16 cultivares de caféiro *Coffea arabica* L.

	RB	SB	SR	IA	CV	CN	PL	CCV	CCA	TZ	BA	AA	AC	CA	IV	MIN
RB	0,00	30,36 ^{NS}	49,08*	60,61*	15,00 ^{NS}	50,53*	41,31*	30,49 ^{NS}	20,41 ^{NS}	61,01*	14,35 ^{NS}	25,16 ^{NS}	9,46 ^{NS}	45,51*	18,04 ^{NS}	21,38 ^{NS}
SB		0,00	42,01*	36,75*	21,72 ^{NS}	54,69*	29,29 ^{NS}	13,97 ^{NS}	14,30 ^{NS}	20,35 ^{NS}	46,51*	31,58*	25,43 ^{NS}	13,05 ^{NS}	60,08*	18,94 ^{NS}
SR			0,00	15,58 ^{NS}	26,53 ^{NS}	9,18 ^{NS}	35,43*	12,42 ^{NS}	17,71 ^{NS}	39,48*	36,20*	11,37 ^{NS}	46,62*	32,53*	62,43*	27,69 ^{NS}
IA				0,00	23,77 ^{NS}	20,25 ^{NS}	27,71 ^{NS}	19,01 ^{NS}	18,80 ^{NS}	30,78 ^{NS}	48,88*	19,44 ^{NS}	52,96*	22,78 ^{NS}	66,64*	19,85 ^{NS}
CV					0,00	31,88*	21,89 ^{NS}	16,84 ^{NS}	6,94 ^{NS}	26,80 ^{NS}	17,36 ^{NS}	8,93 ^{NS}	10,63 ^{NS}	22,53 ^{NS}	25,19 ^{NS}	5,92 ^{NS}
CN						0,00	40,78*	21,99 ^{NS}	21,73 ^{NS}	54,23*	38,38*	18,04 ^{NS}	51,64*	48,66*	55,88*	31,31*
PL							0,00	19,88 ^{NS}	16,05 ^{NS}	37,40*	40,68*	27,14 ^{NS}	24,61 ^{NS}	17,47 ^{NS}	34,94 ^{NS}	19,74 ^{NS}
CCV								0,00	5,80 ^{NS}	22,08 ^{NS}	32,06*	15,23 ^{NS}	26,79 ^{NS}	11,56 ^{NS}	48,91*	14,74 ^{NS}
CCA									0,00	21,07 ^{NS}	24,00 ^{NS}	10,50 ^{NS}	15,98 ^{NS}	14,53 ^{NS}	32,86*	4,33 ^{NS}
TZ										0,00	69,54*	29,11 ^{NS}	47,60*	13,17 ^{NS}	93,06*	31,08 ^{NS}
BA											0,00	24,20 ^{NS}	15,17 ^{NS}	47,05*	16,33 ^{NS}	23,74 ^{NS}
AA												0,00	25,58 ^{NS}	24,90 ^{NS}	42,26*	15,63 ^{NS}
AC													0,00	33,30 ^{NS}	14,64 ^{NS}	16,69 ^{NS}
CA														0,00	35,84*	21,06 ^{NS}
IV															0,00	25,90 ^{NS}
MIN																0,00

* = significativo, a 5% de probabilidade

NS = não significativo

Existe uma curiosidade acerca das cultivares Catucaí Vermelho e Catucaí Amarelo, com relação à qualidade de bebida, por serem considerados materiais com excelente resposta à resistência contra ferrugem e terem excelente propagação. Ambas as cultivares divergiram de 'Icatu Vermelho' sendo que a primeira diferiu também de 'Bourbon Amarelo'. Isto pode ser considerado um bom resultado, pois é um indicativo de que sua composição química se assemelha à das cultivares não resistentes que, em função dos teores dos compostos desejáveis que apresentam, são consideradas melhores para a qualidade da bebida.

A maior distância foi observada entre as cultivares Icatu Vermelho e Topázio (93,06), que pode ser visualizado na Figura 5, onde as duas encontram-se em lados opostos, sendo então consideradas as mais divergentes. A menor distância ocorreu entre 'Catucaí Amarelo' e 'Mundo Novo' (4,33). São, por conseqüência, as cultivares de menor divergência. Cabe ressaltar também que a segunda menor distância ocorreu entre 'Catucaí Amarelo' e 'Catucaí Vermelho' (5,8), cultivares com genealogia muito próxima, que varia em função da coloração dos frutos.

4.1.2.2.3 Matriz de correlação das variáveis

A Tabela 45 contém as correlações entre as variáveis estudadas no grão torrado. Observa-se, de forma geral, que o número de correlações significativas é maior do que as observadas no grão cru. Esses dados são a comprovação de que, enquanto presente no grão cru, os componentes químicos não apresentam uma relação entre eles. O que se observou foi existir correlação apenas de antagonismo (para os açúcares) e de proporção (lixiviação de K^+ e condutividade elétrica).

TABELA 45 Coeficientes de correlação parciais do erro e probabilidade de correlação entre as variáveis estudadas nos grãos torrados de 16 cultivares de café *Coffea arabica* L.

DF= 32	ACT	ACR	ACNR	CAF	PFN	AT	pH	EA	EE	PRO	L	a	b
ACT	1,00	0,56*	0,97*	0,03 ^{NS}	0,04 ^{NS}	-0,09 ^{NS}	0,51*	0,24 ^{NS}	0,11 ^{NS}	-0,17 ^{NS}	0,74*	-0,63*	0,31 ^{NS}
ACR		1,00	0,34 ^{NS}	-0,09 ^{NS}	0,18 ^{NS}	-0,07 ^{NS}	0,59 ^{NS}	0,35*	0,25 ^{NS}	-0,12 ^{NS}	0,54*	-0,49*	0,25 ^{NS}
ACNR			1,00	0,06 ^{NS}	-0,01 ^{NS}	-0,08 ^{NS}	0,41*	0,17 ^{NS}	0,05 ^{NS}	-0,16 ^{NS}	0,68*	-0,57*	0,28 ^{NS}
CAF				1,00	-0,18 ^{NS}	0,03 ^{NS}	-0,14 ^{NS}	-0,25 ^{NS}	-0,03 ^{NS}	0,24 ^{NS}	0,11 ^{NS}	-0,07 ^{NS}	-0,14 ^{NS}
PFN					1,00	-0,17 ^{NS}	-0,12 ^{NS}	0,17 ^{NS}	0,13 ^{NS}	-0,10 ^{NS}	0,02 ^{NS}	0,0 ^{NS}	0,15 ^{NS}
AT						1,00	-0,55*	-0,07 ^{NS}	0,24 ^{NS}	0,20 ^{NS}	-0,05 ^{NS}	-0,07 ^{NS}	-0,11 ^{NS}
pH							1,00	0,32 ^{NS}	-0,06 ^{NS}	-0,21 ^{NS}	0,61*	-0,54*	0,19 ^{NS}
EA								1,00	0,01 ^{NS}	-0,22 ^{NS}	0,29 ^{NS}	-0,35*	0,06 ^{NS}
EE									1,00	-0,10 ^{NS}	0,08 ^{NS}	-0,15 ^{NS}	-0,2 ^{NS}
PRO										1,00	-0,34 ^{NS}	0,16 ^{NS}	-0,20 ^{NS}
L											1,00	-0,86*	0,13 ^{NS}
a												1,00	0,18 ^{NS}
b													1,00

* significativo, a 5% de probabilidade

NS = não significativo

No caso do café torrado, é possível perceber que a torração promove a combinação dos componentes químicos do grão de café, estabelecendo uma relação de dependência entre eles, que não existe no grão cru.

Entre as variáveis, os três açúcares apresentam uma correlação significativa entre eles e ainda o açúcar redutor está relacionado ao extrato aquoso e às variáveis de medida da cor L (luminosidade) e a coordenada cromática "a". Fica evidenciada a importância dos açúcares na composição do extrato aquoso, variável que simula a obtenção da bebida do café, visto que é obtida pela extração com água fervente.

Outra correlação significativa observada foi entre a medida do pH e a acidez total. Ambas estão relacionadas antagonicamente, pois, em cafés com menor acidez, é encontrado maior valor de pH e vice-versa. O pH demonstrou ser influenciado também pela luminosidade (L) e pela coordenada cromática "a" que por serem medidas de cor, permitem inferir que quanto maior a severidade da torração, verificada por uma coloração mais escura, haverá influência no pH.

O extrato aquoso também foi considerado correlacionado à cor do café, com a coordenada cromática "a". Assim, quanto maior a coloração, portanto, maior o extrato aquoso. A luminosidade (L) apresentou correlação com a coordenada cromática "a", demonstrando, assim, a maior importância destas duas variáveis para a medida da cor, em relação à coordenada "b".

Os teores de cafeína, polifenóis, extrato etéreo e proteína não apresentaram alguma correlação com as outras variáveis.

4.1.2.2.4 Número de observações e classificações dentro das amostras

A Tabela 46 apresenta o número de observações e classificações dentro das amostras. Observa-se que seis cultivares tiveram uma de suas repetições avaliadas classificadas como sendo de outra cultivar.

TABELA 46 Número de observações classificadas entre as 16 cultivares de café *Coffea arabica* L. para as variáveis analisadas no grão torrado.

	RB	SB	SR	IA	CV	CN	PL	CCV	CCA	TZ	BA	AA	AC	CA	IV	MN
RB	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SB	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SR	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
IA	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CV	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CN	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PL	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0
CCV	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
CCA	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0
TZ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
BA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
AA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
CA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
IV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
MN	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2

Isto ocorre devido ao fato de que a composição química de uma das três observações foi semelhante à composição daquela cultivar para a qual foi classificada. Assim, as cultivares Acauã e Palma I tiveram uma observação classificada como sendo da cultivar Catuai Amarelo.

As cultivares Siriema e Catuai Amarelo tiveram uma classificação como 'Catuai Vermelho', em função, possivelmente, da relação das três com a resistência à ferrugem.

A cultivar Canário classificou uma observação como sendo de 'Siriema' e 'Mundo Novo' teve uma considerada como 'Catuai Amarelo'.

Estes resultados estão relacionados com as menores variações observadas no grão torrado, em relação ao grão cru, sendo possível considerar algumas observações de determinadas cultivares, idênticas à de outras.

4.2 Classificação por peneiras

4.2.1 Análise univariada

A partir dos resultados exibidos nas Tabelas 47, 48, 49 e 50, observa-se que a interação entre as cultivares e as peneiras foi significativa.

Por ser uma classificação que gera muitos dados, os resultados observados para a classificação por peneira, serão discutidos por meio da análise multivariada, que examina de forma global a resposta da origem genética para o a produção de grãos, com relação ao tamanho.

Em síntese, primeiramente para as peneiras relacionadas aos grãos chatos, observou-se que a cultivar Rubi obteve a melhor classificação e a maioria dos grãos retidos na 18. As cultivares Acaiá, Canário, Catuai Vermelho e Catuai Vermelho apresentaram os maiores percentuais de retenção dos grãos na peneira 17.

TABELA 47 Resumo da análise de variância das variáveis analisadas por meio da classificação por peneiras dos grãos crus de 16 cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.).

F.V.	G.L.	Quadrados médios e significâncias
Cultivar	15	4,12911 ^{NS}
Peneira	15	11435,6383*
Cultivar * Peneira	225	3725,612*
Erro	512	43,187*
C.V. (%)	—	13,79

* significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de F

Os maiores valores para a peneira 16 foram observados para os grãos das cultivares Catuai Amarelo e pela Icatu Amarelo, que representaram também a maioria do percentual dos grãos destas cultivares.

Para a peneira 15, o maior valor de retenção foi o da cultivar Catuai Amarelo e o menor da ‘Rubi’; os valores observados para a peneira 14 variaram de 5,91% para ‘Icatu Amarelo’ e 0,57% para ‘Topázio’ e ‘Catuai Amarelo’.

Considerando que os frutos de todas as cultivares foram processados pelo descascamento e que houve então uma uniformização dos tratamentos, pode-se entender que as diferenças observadas quanto a essa classificação justificam-se pelas diferentes origens genéticas.

A Instrução Normativa nº 08, que se refere à classificação do café (MAPA, 2003) regulamenta que se o somatório das peneiras 17 e acima (18 e 19) representar a maioria dos grãos, o café será classificado em “chato graúdo”.

Treze das dezesseis cultivares avaliadas, com exceção de ‘Catuai Amarelo’, ‘Icatu Amarelo’ e ‘Sabiá’, classificaram-se nesta subcategoria, sendo a ‘Rubi’ a que apresentou o maior percentual (82,47%).

TABELA 48 Resumo da análise de variância do desdobramento das peneiras avaliadas por meio da classificação por peneiras dos grãos crus de 16 cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.).

F.V.	G.L.	Quadrados médios e significâncias							
		Chato 19	Chato 18	Chato 17	Chato 16	Chato 15	Chato 14	Chato G	Chato M
Cultivar	15	38,6674*	323,6688*	130,2707*	164,2741*	79,0897*	8,2849*	673,3129*	445,2190*
Erro	512	0,12206	0,5906	14,78127	3,9270	2,2123	0,1472	14,7287	6678,285
C.V. (%)	---	10,25	5,45	10,98	8,52	14,92	23,59	7,28	8,30

F.V.	G.L.	Quadrados médios e significâncias							
		Moca 13	Moca 12	Moca 11	Moca 10	Moca 9	Σ Moca	Moca G	Fundo
Cultivar	15	3,5052 ^{NS}	8,5151*	5,8122*	4,9071 ^{NS}	0,0752 ^{NS}	58,1722*	47,9721*	0,7551 ^{NS}
Erro	512	0,1514	0,3620	0,2428	0,1701	0,0187	0,8132	719,5813	0,1485
C.V. (%)	---	46,94	22,40	13,74	15,14	24,84	8,69	9,01	19,37

* significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de F

TABELA 49 Valores médios da classificação por peneiras de 16 cultivares de *Coffea arabica* L.

Cultivar	Peneira de grãos chatos							Chato gráudo	Chato médio
	19	18	17	16	15	14			
Acaíá	2,90 B g	15,92 D e	44,78 A b	19,50 E d	6,30 F f	0,83 B g	63,60 C a	25,80 F c	
✓ Acauã	1,92 B h	14,25 D e	37,25 B b	22,54 D d	10,78 D f	0,92 B h	53,42 D a	33,23 E e	
Bourboun Amarelo	9,35 A f	19,66 C c	33,17 C b	15,98 F d	5,58 F g	1,10 B h	62,18 C a	21,55 G c	
Canário	1,45 B f	9,42 F e	42,72 A b	27,51 C d	7,60 E e	0,88 B f	53,59 D a	35,11 D c	
✓ Catuaí Amarelo	0,62 B h	3,67 G g	20,08 E d	33,92 A b	22,00 A d	1,55 B h	24,37 I c	55,92 A a	
Catuaí Vermelho	0,88 B f	7,73 F e	43,94 A b	24,56 D d	10,18 D e	3,10 B f	52,58 D a	34,74 D c	
105 ✗ Catucaí Amarelo	7,55 A f	27,72 B c	35,01 C b	14,82 F e	5,43 F f	0,57 B g	70,27 B a	20,25 G d	
✗ Catucaí Vermelho	1,99 B g	11,26 E e	42,48 A b	24,48 D d	8,05 E f	0,72 B g	55,72 D a	32,53 E c	
Icatu Amarelo	0,53 B g	3,52 G g	26,85 D c	33,74 A b	17,78 B d	5,91 A f	30,89 H b	51,52 B a	
Icatu Vermelho	9,70 A f	28,37 B c	32,05 C b	13,89 F e	4,64 F g	0,62 B h	70,12 B a	18,53 G d	
Mundo Novo	1,03 B i	7,50 F g	34,03 C c	27,11 C d	13,34 C e	0,90 B i	45,90 F a	40,45 C b	
✗ Palma I	2,65 B h	13,54 D e	33,15 C c	26,12 C d	10,24 D f	1,02 B h	49,35 E a	36,35 D b	
✗ Rubi	10,43 A d	40,96 A b	31,09 C c	7,32 G e	1,91 G f	0,78 B f	82,47 A a	9,23 H d	
✗ Sabiá 398	1,40 B g	6,68 F f	32,77 C b	27,89 C c	14,38 C d	5,23 A f	40,84 G a	42,27 C a	
Siriema	1,36 B e	7,27 F d	31,73 C b	22,23 D c	9,84 D d	2,17 B e	40,36 G a	32,07 E b	
✗ Topázio	0,80 B g	8,03 F e	39,36 B b	30,35 B c	11,43 D d	0,57 B g	48,18 E a	41,78 C b	

Continua.....

Continuação....

Peneiras de grãos moca

Cultivares	13	12	11	10	9	Σ moca	Moca gráudo
Acaia	0,52 A g	1,46 B g	2,95 B g	2,40 A g	0,54 A g	7,88 D f	4,93 C f
Acauã	0,43 A h	1,88 B h	3,32 B g	4,28 A g	0,46 A h	10,37 C f	5,64 C g
Bourboun Amarelo	1,33 A h	4,50 B g	5,30 A g	2,75 A h	0,37 A h	14,24 B d	11,13 B e
Canário	0,51 A f	2,67 B f	3,67 B f	1,44 A f	0,51 A f	8,79 D e	6,85 C e
Catuaí Amarelo	0,41 A h	3,56 B g	5,43 A g	5,80 A g	0,74 A h	15,94 B e	9,40 B f
Catuaí Vermelho	0,48 A f	1,97 B f	2,44 B f	1,73 A f	0,72 A f	7,33 D e	4,89 C f
Catuaí Amarelo	0,52 A g	1,60 B g	2,73 B g	1,88 A g	0,42 A g	7,15 D f	4,85 C f
Catuaí Vermelho	0,58 A g	2,14 B g	3,33 B g	2,62 A g	0,43 A g	9,11 D e	6,06 C f
Icatu Amarelo	0,58 A g	1,81 B g	3,37 B g	2,42 A g	0,75 A g	8,94 D e	5,76 C f
Icatu Vermelho	0,86 A h	2,24 B h	2,75 B h	2,04 A h	0,53 A h	8,41 D f	5,85 C g
Mundo Novo	0,46 A i	2,19 B i	2,78 B i	4,31 A h	0,63 A i	10,37 C f	5,43 C h
Palma I	0,41 A h	2,79 B h	3,89 B h	3,34 A h	0,64 A h	11,07 C f	7,09 C g
Rubi	0,81 A f	2,32 B f	2,12 B f	0,53 A f	0,31 A f	6,08 D e	5,25 C e
Sabiá 398	0,47 A g	2,14 B g	3,23 B g	2,03 A g	0,81 A g	8,68 D e	5,84 C f
Siriema	4,76 A e	8,27 A d	7,50 A d	2,65 A e	0,62 A e	23,82 A e	20,53 A e
Topázio	0,13 A g	1,43 B g	2,58 B f	3,36 A f	0,32 A g	7,82 d e	4,14 C f

* médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna (Cultivares) e minúscula nas linhas (Peneiras) não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott.

A classificação em “chato médio”, que envolve as peneiras 16 e 15, teve os grãos das cultivares Catuai Amarelo, Icatu Amarelo e Sabiá enquadrados nesta classe. Nenhuma cultivar foi considerada de grãos “chato miúdo” que se refere ao maior percentual retido nas peneiras 14 e menores, o que pode estar relacionado à forma de processamento a que foram submetidas.

O café retido no fundo da peneira, embora tenha variado entre 2,97% (Sabiá) e 0,96% (Bourbon Amarelo), não apresentou diferenças significativas.

Com relação à classificação das peneiras para cada cultivar, a classe “chato graúdo” foi a que enquadrou o maior número de cultivares. As exceções foram para a ‘Rubi’, que teve a 18 como maior peneira e a ‘Icatu Amarelo’ e ‘Catuai Amarelo’ com a peneira 16 sendo a maior.

Para o grão moça, que é um grão com formato ovóide, e que também apresenta uma ranhura central no sentido longitudinal, são realizadas classificações com o uso de peneiras de crivos alongados que variam de nº 13 a 8. No presente trabalho, foram avaliadas as peneiras entre os nº 13 a 9 e os dados estão indicados na Tabela 50, individualmente para cada peneira.

Não foram encontradas diferenças para as peneiras 13, 10 e 9 entre as cultivares. Considerando as peneiras dentro de cada cultivar, os menores valores, de forma geral, foram observados nas peneiras que classificaram grãos moça, com exceção da cultivar Siriema, que teve a quantidade total de grãos moça equivalente aos da peneira 16 de grãos chatos.

No somatório de todas essas peneiras, as cultivares Acaiá, Canário, Catuai Vermelho, Catuai Amarelo, Catucaí Amarelo, Catucaí Vermelho, Icatu Amarelo, Icatu Vermelho, Rubi, Sabiá e Topázio tiveram o menor percentual de grãos moça e a cultivar Siriema o maior valor (23,82%).

Não existe uma exigência para o teor máximo de grãos moça como critério para avaliar a qualidade. Guimarães et al. (2002) citam que, para sementes, o critério de padronização indica uma tolerância máxima de 12% de

sementes moca. Com isso, esse resultado observado para a cultivar Siriema não indica um prejuízo para a qualidade deste café, mas sugere alguma dificuldade no processo de fecundação das flores desta cultivar.

Fonseca (1999) utilizou sete parâmetros da classificação por peneiras entre as 19 características que utilizou para separar 77 clones de *Coffea canephora* Pierre, por meio de técnicas multivariadas. A classificação por peneiras é indicada pelo autor por ser uma característica relacionada aos padrões de qualidade do produto, para que sirva como medida na seleção de genótipos para uma nova variedade. Dessa forma, como proposto neste trabalho, as cultivares que apresentam uma melhor classificação por peneiras deve ser considerada para os trabalhos de melhoramento genético do cafeeiro.

4.2.2 Análise multivariada

A partir da Tabela 50, que apresenta os quatro testes critérios realizados, observa-se que as diferenças entre as amostras foram consideradas significativas.

TABELA 50 Tabela de MANOVA para os Testes de Critérios e Aproximação de F, para a hipótese de não haver efeito global da amostra, na classificação por peneiras dos grãos de 16 cultivares de cafeeiro *Coffea arabica* L.

Critério	Estatística	F	G.L.	Den DF
Wilk's λ	0,00000000	12,25	195	225,46*
Traço de Pillai	8,31892187	3,12	195	448,00*
Traço de Hotelling Lawley	821,46744817	68,14	195	83,28*
Raiz Máxima de Roy	658,79200306	1405,42	15	32,00*

* significativo pelo teste de F, a 5% de probabilidade

4.2.2.1 Variáveis canônicas

Empregou-se a metodologia das variáveis canônicas no estudo da classificação por peneiras das 16 cultivares com o propósito de identificar as cultivares mais dissimilares em gráficos de dispersão bidimensionais, buscando-se uma simplificação na interpretação dos resultados.

As duas primeiras variáveis canônicas acumularam 89,01% da variação disponível, sendo eficientes em explicar a variação ocorrida, conforme apresentado na Tabela 51.

A Tabela 51 contém as estimativas dos autovalores (λ_i), as proporções individuais e as proporções acumuladas correspondentes às variáveis canônicas (Y_i).

Os autovetores e as porcentagens de explicação individual e acumulada das duas primeiras variáveis canônicas estão apresentados na Tabela 52.

Na Tabela 53 encontram-se apresentados os valores das cargas das estruturas canônicas. O critério para a escolha dos autovalores foi de $\lambda \geq 0,70$. Através dos valores das cargas é possível observar que as peneiras de grãos chatos de nº 19, 18, 16 e 15 e o somatório das peneiras 17 e acima foram os aspectos que mais contribuíram para a primeira variável canônica.

Os percentuais de grãos moca retidos nas peneiras 13, 12 e 11 foram considerados os descritores mais relacionados com a segunda variável canônica.

TABELA 51 Autovalores, proporção individual e proporção acumulada associados às variáveis originais obtidas com base em quatorze caracteres avaliados em 16 cultivares de cafeeiros *Coffea arabica* L.

Y1	Autovalor	Proporção	Proporção acumulada
1	658,7920	0,8020	0,8020
2	72,3911	0,0881	0,8901

TABELA 52 Autovetores e explicação individual (%) e acumulada (%) das duas variáveis canônicas selecionadas.

Variável	Y ₁	Y ₂
Peneira Chato n ^o 19	0,2456	-0,4127
Peneira Chato n ^o 18	0,3198	0,0987
Peneira Moca n ^o 13	-14,8971	-1,1844
Peneira Chato n ^o 17	0,0383	-0,0023
Peneira Moca n ^o 12	-15,3496	-0,9496
Peneira Chato n ^o 16	5,2921	2,1717
Peneira Moca n ^o 11	-14,9765	-1,0810
Peneira Chato n ^o 15	5,1672	2,0989
Peneira Moca n ^o 10	-15,4190	-1,0768
Peneira Chato n ^o 14	5,1921	1,8534
Peneira Moca n ^o 09	-15,4188	-0,4064
Fundo Peneira	5,7357	2,0772
Σ Peneiras Chato 17 e acima	5,2094	2,1294
Σ Peneiras Moca	20,3489	2,9694
% Explicação	80,20	8,81
% Acumulada	80,20	89,01

TABELA 53 Coeficientes canônicos das 14 variáveis estudadas, para a classificação por peneiras dos grãos de 16 cultivares de *Coffea arabica* L.

Variável	Coeficientes canônicos	
	Y ₁	Y ₂
Peneira Chato n ^o 19	0,9301	-0,2846
Peneira Chato n ^o 18	0,9914	-0,0009
Peneira Moca n ^o 13	-0,0495	-0,7284
Peneira Chato n ^o 17	0,0687	0,5609
Peneira Moca n ^o 12	-0,1721	-0,8084
Peneira Chato n ^o 16	-0,9359	0,1608
Peneira Moca n ^o 11	-0,3796	-0,7893
Peneira Chato n ^o 15	-0,8399	-0,0623
Peneira Moca n ^o 10	-0,6164	-0,0859
Peneira Chato n ^o 14	-0,4255	-0,2233
Peneira Moca n ^o 09	-0,6347	-0,1631
Fundo Peneira	-0,4277	0,2174
Σ Peneiras Chato 17 e acima	0,9292	0,1853
Σ Peneiras Moca	-0,4001	-0,7686

Assim, a partir destas duas variáveis, foi construído um gráfico para representar os *scores* obtidos (Figura 9).

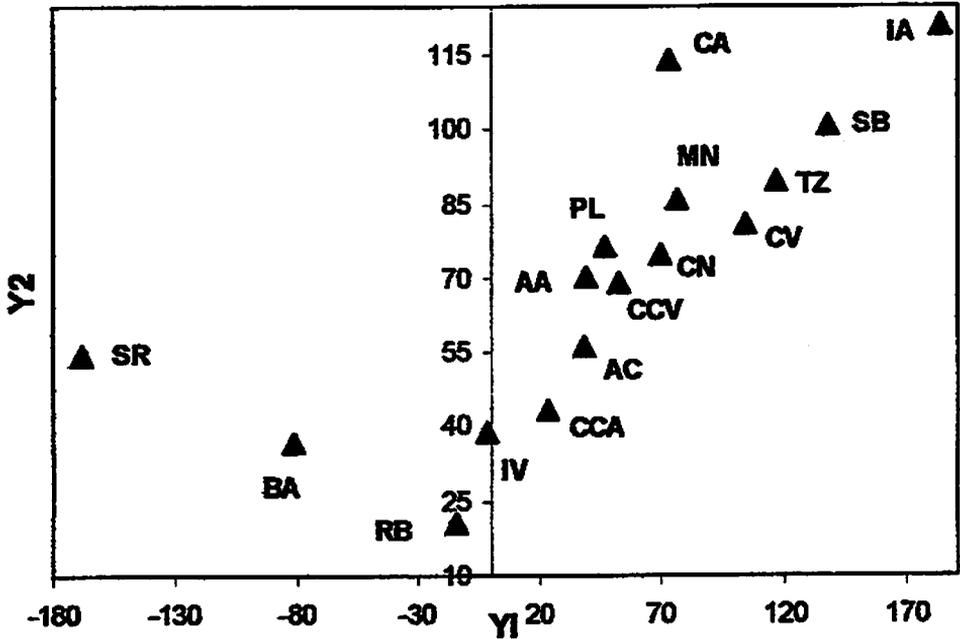


FIGURA 9 Dispersão gráfica de 16 cultivares de *Coffea arabica* L, em relação à primeira (Y_1) e à segunda (Y_2) variáveis canônicas obtidas com base em 14 caracteres avaliados por meio da classificação das peneiras.

Esta análise permitiu a completa separação das amostras. É possível observar, pelo gráfico, que as cultivares Siriema, Bourbon Amarelo e Rubi estão completamente separadas das demais, ocupando o quadrante negativo do eixo da Y_1 . Estas três cultivares diferenciam-se uma das outras, pois, embora estejam na mesma região do gráfico, não há uma proximidade entre elas.

As cultivares Icatu Vermelho e Catucaí Amarelo, que apresentaram o segundo maior valor para o somatório das peneiras 17 e acima, estão localizadas próximo à 'Rubi', que teve o maior valor.

As cultivares mais distintas, com relação à primeira variável canônica são a 'Siriema' e a 'Icatu Vermelho', que se localizam em extremos dos gráficos. A segunda variável canônica, que está relacionada com as peneiras 13, 12, 11 e o somatório total, separou as cultivares Rubi e Icatu Amarelo.

4.2.2.2 Agrupamento pela distância de Mahalanobis

A medida da similaridade foi avaliada pela Distância de Mahalanobis e, com os dados obtidos, um dendrograma foi construído a partir do método da distância do vizinho mais próximo (Figura 10).

Observa-se, a partir do corte realizado pela distância mais significativa (36,35), que é possível observar a separação de todas as cultivares, com exceção de 'Palma' e 'Catucaí Vermelho', que foram enquadradas no mesmo grupo. Estas duas cultivares apresentam em comum a cultivar Catucaí Vermelho em sua genealogia e, embora não estando no mesmo grupo dela, estão muito próximas, segundo o dendrograma.

No estudo de 25 progênes de cultivares de arábica realizado por Dias (2002), com relação ao somatório das peneiras 16 e maiores, observou-se a formação de três grupos de progênes. Conforme o trabalho, a progênie Mundo Novo x Sarchimor ('Acauã'), apresentou o menor percentual de peneira alta (43,1%). No presente trabalho, obtiveram-se, para esta cultivar, 53,47% nas peneiras 17 e acima. Estes resultados mostram a influência das condições de cultivo, que não foram as mesmas.

Dias (2002) analisou também a interação progênes x anos e observou que grande parte das progênes se comportou de forma diferenciada quando comparada nos dois anos analisados, indicando possível influência ambiental.

Ele observa ainda que a progênie Mundo Novo x Sarchimor, que corresponde à 'Acauã' neste trabalho, apresentou baixo percentual de peneira alta em ambos os anos analisados, para o qual o autor associou esta observação a uma possível característica indesejável desta progênie.

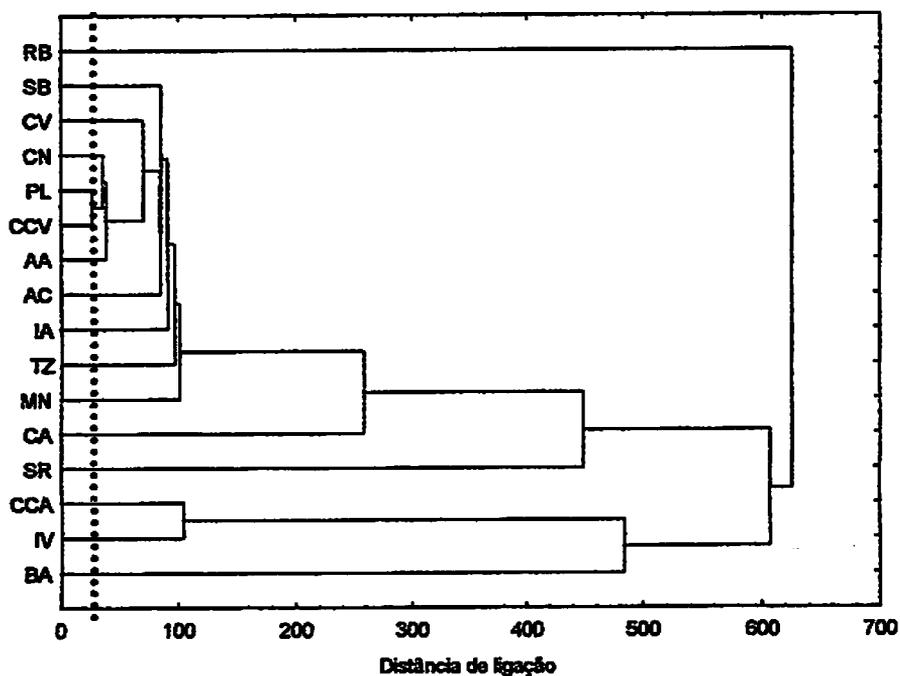


FIGURA 10 Dendrograma utilizando a distância de Mahalanobis e o método do vizinho mais próximo (*single linkage*), para as 16 cultivares de *Coffea arabica* L. a partir da avaliação de 14 caracteres na classificação por peneiras dos grãos.

Lopes (2000) observou as cultivares Icatu Amarelo e Acaiá com os maiores percentuais de peneira 17 e maiores (chato graúdo), entre oito cultivares avaliadas.

A distância quadrática entre as amostras e a significância calculada pelo teste de F, para as 16 cultivares, avaliada em função dos parâmetros obtidos na classificação por peneiras estão representados na Tabela 54.

Observa-se que as distâncias obtidas para todas as amostras foram consideradas significativas, exceto para as cultivares Catucaí Vermelho e Palma, assim como indicou o dendrograma. Esses resultados demonstram que não ocorre apenas uma grande variabilidade genética entre as cultivares, mas também da relação destas com o ambiente, visto que, conforme discutido anteriormente, para a composição química dos grãos crus e torrados, as diferenças foram menores.

Por outro lado, em face da avaliação prévia desta composição química, para a qual poucas diferenças foram denotadas, pode-se inferir que essas variações das peneiras não contribuirão diretamente para alterações na qualidade da bebida, embora estejam diretamente relacionadas com o processo de torração.

A classificação por peneiras visa, sobretudo, medir o grau de homogeneidade na produção dos grãos com relação ao tamanho. O sucesso do processo de torração depende, grandemente, da utilização de grãos com tamanhos iguais para que a torração ocorra de forma mais uniforme possível. Um lote com diferenças no tamanho dos grãos pode promover uma torração rápida e desigual dos grãos menores que são rapidamente queimados, promovendo sabores e aromas desagradáveis ao café.

TABELA 54 Distância quadrática entre as cultivares e significância calculada pelo teste de F, a 5% de probabilidade, entre as variáveis estudadas na classificação por penetas dos grãos de 16 cultivares de caféiro *Coffea arabica* L.

	SB	SR	IA	CV	CN	PL	CCV	CCA	TZ	BA	AA	AC	CA	IV	MN
RB	4376	5047	5357	4262	3819	3128	3404	624,6	4359	2139	3396	2389	6817	711,3	4964
SB	0,0*	450*	91,3*	85,5*	247,7*	294,7*	267,3*	1841*	261,3*	1070*	324*	517*	618,5*	2092*	301*
SR		0,0	541*	587,6*	693,3*	637,5*	2364*	736,9*	1130*	655,1	967,9*	609,5*	2519*	597,40	
IA			0,0	256,7*	503,7*	614,9*	570,4*	2552*	396,0*	1598*	615,3*	952,3*	552,8*	2884*	447,1*
CV				0,0	70,5*	161,8*	106,5*	1711*	103,8*	1131*	172,9*	333,8*	604,5*	2011*	152,7*
CN					0,0	96,4*	36,4*	1416*	97*	1005*	148,6*	202,7*	789,8*	1709*	208,1*
PL						0,0	26,9 ^{NS}	994*	163,9*	636,4*	38,9 ^{NS}	85*	823,4*	1226*	234*
CC							0,0	1144*	109,9*	776,3*	68,3*	101,6*	814*	1399*	204,3*
CC								0,0	1757*	636,4*	1177*	206,7*	3434*	104,4*	2120*
TZ									0,0	1278*	153,2*	361,9*	524,9*	2131*	101,2*
BA										0,0	788,8*	609,5*	1994*	484*	1294*
AA											0,0	155,3*	700,3*	1460*	178,8*
AC												0,0	1393*	855,8*	539,2*
CA													0,0	3702*	258,6*
IV														0,0	2393*
MN															0,0

* = significativo, a 5% de probabilidade
NS = não significativo

4.3 Classificação por tipo

4.3.1 Análise univariada

A análise univariada dos dados demonstrou existir diferença significativa entre os defeitos observados na amostra das cultivares de café, com exceção do defeito preto, que não diferiu entre as amostras (Tabela 55).

Os dados obtidos com a classificação por tipo e os valores médios encontram-se na Tabela 56.

TABELA 55 Resumo da análise de variância da classificação por tipo de 16 cultivares de café (*Coffea arabica* L.)

F.V.	G.L.	Quadrados médios e significâncias			
		Preto	Ardido	Verde	Chocho
Cultivar	15	3,748008 ^{NS}	137,950*	6,0802*	53,5097*
Erro	32	2,430175	11,3958	1,4219	2,8542
C.V. (%)	-	16,45	21,04	28,30	19,92

F.V.	G.L.	Quadrados médios e significâncias		
		Concha	Broca	Total
Cultivar	15	27,7111*	17,7763*	332,621875*
Erro	32	4,4375	1,0417	31,692708
C.V. (%)	-	26,61	22,79	13,99

NS= não significativo

*= significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de F

Na classificação por tipo, que considerou apenas os defeitos intrínsecos, foram encontrados os defeitos preto, ardido, verde, chocho, concha e broca. Em média, os defeitos mais encontrados nas amostras das cultivares, pela ordem, foram o ardido, o chocho e a concha. Os demais apresentaram-se em menores quantidades.

A presença do defeito preto, considerado o mais prejudicial à qualidade, não foi considerada significativa, pois as amostras que continham este defeito não diferiram daquelas em que os grãos pretos não foram detectados.

O defeito ardido, com o segundo nível de importância para a qualidade da bebida do café, foi encontrado em maiores quantidades nas cultivares Catuai Vermelho e Palma.

TABELA 56 Valores médios do número de defeitos encontrados na classificação por tipo dos grãos de 16 cultivares de cafeeiro *Coffea arabica* L.

Cultivar	Preto	Ardido	Verde	Chucho	Concha	Broca	Total
RB	1,0 a	4,67 d	2,00 b	4,00 e	9,67 b	2,67 d	24,00 c
SB	2,0 a	20,33 b	4,67 a	4,33 e	7,33 c	5,00 c	44,33 b
SR	0,7 a	9,33 d	1,67 b	3,33 e	4,67 c	9,33 a	29,00 c
IA	0,7 a	22,00 b	4,00 a	2,67 e	2,00 c	3,67 c	35,00 b
CV	1,0 a	28,67 a	4,00 a	6,00 d	5,67 c	2,00 d	47,33 b
CN	0,0 a	12,00 c	3,33 a	7,33 d	10,00 b	7,00 b	39,67 b
PL	2,0 a	28,33 a	4,67 a	17,33 a	10,00 b	9,00 a	71,33 a
CCV	0,3 a	9,33 d	2,33 b	14,33 b	9,33 b	3,33 d	39,00 b
CCA	0,0 a	10,67 d	1,67 b	10,67 c	5,67 c	7,00 b	35,67 b
TZ	0,0 a	12,67 c	3,33 a	9,67 c	9,00 b	5,00 c	40,67 b
BA	0,7 a	14,67 c	1,33 b	13,00 b	5,33 c	4,00 c	39,00 b
AA	3,0 a	20,33 b	2,67 b	9,67 c	8,00 b	3,00 d	42,00 b
AC	0,0 a	16,67 c	2,33 b	10,00 c	10,00 b	3,00 d	47,00 b
CA	0,3 a	13,67 c	0,50 b	4,67 e	6,67 c	2,67 d	28,50 c
IV	0,0 a	13,33 c	0,67 b	10,67 c	15,33 a	1,00 d	41,00 b
MN	3,0 a	20,00 b	0,33 b	8,00 d	8,00 b	4,00 c	40,33 b

* médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott Knott.

As amostras das cultivares Sabiá, Icatu Amarelo, Catuai Vermelho, Canário, Palma e Catucaí Amarelo continuam a maior quantidade do defeito verde, o que pode indicar uma possível diferença no nível de maturação, em relação às demais cultivares.

A separação do defeito chocho, realizada juntamente com os mal granados, foi maior na cultivar Palma. Contudo, as cultivares Catucaí Vermelho e Bourbon Amarelo também continham quantidades consideráveis desse defeito.

A quantidade do defeito conhecido como concha, que resulta da separação de grãos imbricados oriundos da fecundação de dois óvulos em uma única loja do ovário, foi maior na cultivar Icatu Vermelho.

Os grãos brocados apareceram mais nas cultivares Siriema e Palma, menos em 'Rubi', 'Catuai Vermelho', 'Catucaí Vermelho', 'Acauã', 'Acaiaí', 'Catuai Amarelo' e 'Icatu Vermelho'.

A avaliação global do número de defeitos dividiu as cultivares em três grupos, sendo, na amostra de 'Palma', encontrada a maior quantidade de defeitos. As cultivares Rubi, Siriema e Catuai Amarelo tiveram menor número total de defeitos; as demais ficaram com valores intermediários.

Pela classificação do café beneficiado, em função do defeito e tipo, a maioria das cultivares foi classificada dentro do tipo 4, variando de 4-10 a 4-50. A melhor classificação foi a da cultivar Rubi, que se enquadrou no tipo 3-45 e as piores foram de 'Catuai Vermelho', 'Palma' e 'Acaiaí' com os tipos 5, 5-35 e 5, respectivamente.

O tipo de processamento adotado para o preparo destes cafés favoreceu a eliminação da maioria dos defeitos, considerando que, no descascamento, a maioria dos frutos bóia, que estão relacionados a esses defeitos são eliminados. O que se observa, portanto, é uma possível expressão do genótipo para a ocorrência destes defeitos, dadas as condições de obtenção destes cafés terem sido iguais.

4.3.2 Análise multivariada

A Tabela 58 contém os testes estatísticos que demonstraram haver significância a 5% de probabilidade, existindo assim um efeito global das variáveis sobre as cultivares avaliadas, com relação aos defeitos avaliados.

TABELA 57 Tabela de MANOVA para os Testes de Critérios e Aproximação de F, para a hipótese de não haver efeito global da amostra, na avaliação dos defeitos em amostras de 16 cultivares de cafeeiro *Coffea arabica* L.

Teste estatístico	Critério	F	G.L.	Den DF
Wilk's λ	0,00003965	8,91	90	15,845*
Traço Pillai	4,56786353	6,80	90	192,00*
Traço de Hotelling-Lawley	36,12677709	10,26	90	89,695*
Raiz máxima de Roy	14,02624998	29,92	15	32,00*

* significativo, pelo teste de F a 5% de probabilidade

4.3.2.1 Variáveis canônicas

A Tabela 58 contém as estimativas dos autovalores (λ_i), as proporções individuais e as proporções acumuladas correspondentes às variáveis canônicas (Y_i).

A Tabela 59 traz os autovetores e as porcentagens de explicação individual e acumulada das variáveis canônicas. Nota-se que, em função da necessidade de acúmulo entre 70 a 80% da variação total (Barros, 1991; Cruz & Regazzi, 1994), houve necessidade da utilização das três primeiras variáveis canônicas, acumulando assim 85,68% da variação disponível. A primeira variável explicou 38,83% da variação total.

Na Tabela 60, encontram-se apresentados os valores dos coeficientes das estruturas canônicas.

TABELA 58 Autovalores, proporção individual e proporção acumulada associados às variáveis originais obtidas com base em seis caracteres avaliados em 16 cultivares de cafeeiros *Coffea arabica* L.

Y	Autovalor	Proporção	Proporção acumulada
1	14,0262	0,3883	0,3883
2	9,30086	0,2577	0,6460
3	7,6156	0,2108	0,8568

TABELA 59 Autovetores e explicação individual (%) e acumulada (%) das três variáveis canônicas selecionadas.

Variáveis	Y ₁	Y ₂	Y ₃
Defeito Preto	0,0578	0,1169	0,0220
Defeito Ardido	0,0021	0,0080	0,0566
Defeito Verde	-0,0630	0,0427	-0,0528
Defeito Chocho	0,0841	0,0667	-0,0164
Defeito Concha	0,0479	-0,0158	-0,0284
Defeito Brocado	-0,1315	0,0965	-0,0475
% Explicação	38,83	25,77	21,08
% Acumulada	38,83	64,60	85,68

TABELA 60 Coeficientes canônicos das seis variáveis estudadas em amostras de 16 cultivares de *Coffea arabica* L.

Variável	Coeficiente canônico		
	Y ₁	Y ₂	Y ₃
Defeito Preto	0,0101	0,4264	0,4034
Defeito Ardido	0,0326	0,3979	0,8859
Defeito Verde	-0,3166	0,4966	0,3017
Defeito Chocho	0,6715	0,6791	-0,1752
Defeito Concha	0,6834	-0,0264	-0,3746
Defeito Broca	-0,5901	0,6854	-0,3372

O critério para a escolha dos autovalores foi de $\lambda \geq 0,60$. Os dados constantes nesta tabela permitem observar que os defeitos chocho e concha foram os que mais contribuíram para a primeira variável canônica. Juntamente com os defeitos chochos, os brocados foram o de maior peso para a segunda variável e, para a terceira, foram os defeitos ardidos.

Três gráficos de dispersão foram elaborados para representar as variáveis canônicas. O primeiro envolveu as duas primeiras variáveis canônicas (Figura 11), e outro com a primeira e a terceira (Figura 12).

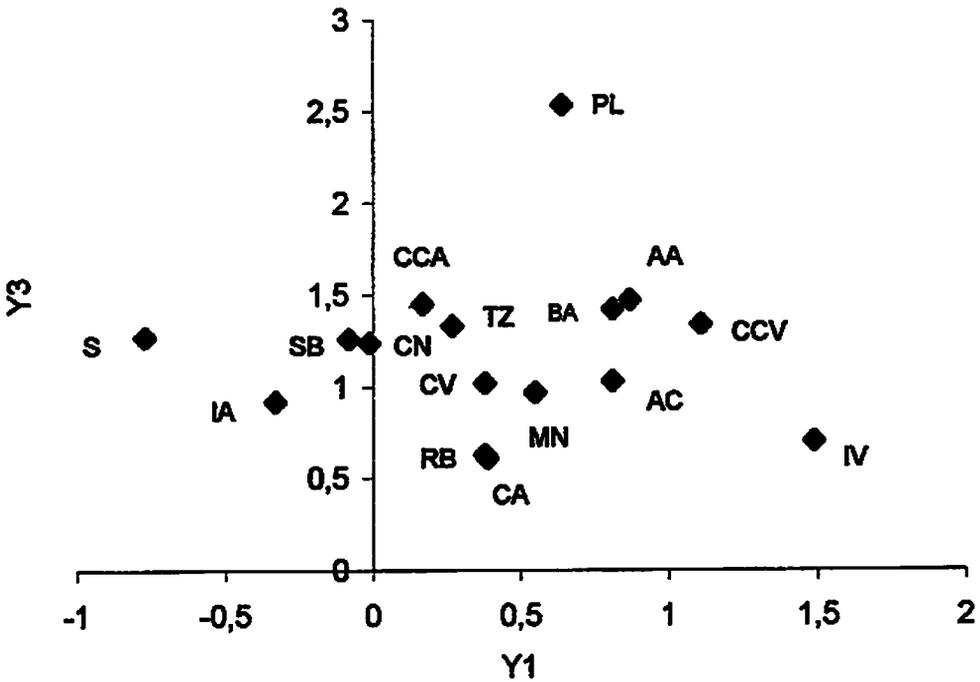


FIGURA 11 Dispersão gráfica de 16 cultivares de *Coffea arabica* L, em relação à primeira (Y_1) e à segunda (Y_2) variáveis canônicas obtidas com base em 6 defeitos observados nas amostras.

É possível observar que as cultivares foram separadas em dois grupos. O primeiro localizado no quadrante negativo para Y_1 , classificou as cultivares Siriema, Icatu Amarelo e Sabiá. Essas três cultivares apresentaram os mesmos valores para os defeitos chocho e concha.

A cultivar Palma que, em geral, teve a maior quantidade de todos os defeitos, ficou isolada das outras cultivares. Rubi e Catuai Amarelo localizaram-se praticamente no mesmo lugar.

As cultivares que aparecem mais isoladas são a 'Icatu Vermelho' e 'Siriema', tendo a primeira apresentado os maiores valores de grãos chochos e conchas, que são as variáveis de peso da Y_1 .

'Topázio', 'Catuai Vermelho', 'Catuai Amarelo', 'Mundo Novo' e 'Rubi' que apresentam estrutura genealógica muito próxima estão localizadas na mesma região do gráfico. Isto permite inferir que existe uma relação entre a origem genética e a ocorrência de defeitos.

Com relação aos grãos brocados, variável de maior peso para a Y_2 , as cultivares Palma e Icatu Vermelho, que tiveram respectivamente o maior e o menor valor, são as mais separadas no gráfico. As cultivares intercaladas entre as duas apresentam quantidade intermediária do defeito brocado.

A partir da primeira e terceira variável canônica, o outro gráfico de dispersão foi construído (Figura 14). Vale lembrar que o defeito ardido foi o que mais contribuiu para Y_3 . É possível observar que as cultivares foram divididas em quatro grupos, localizados em cada quadrante do gráfico.

Na região inferior do gráfico localizaram-se as cultivares com as menores quantidades de defeito ardido, ou seja, 'Siriema', 'Canário', 'Catuai Amarelo', 'Topázio', 'Rubi' e 'Catuai Vermelho'. Na parte superior estão as cultivares Icatu Amarelo, Sabiá, Catuai Vermelho, Mundo Novo, Acauã, Catuai Amarelo, Palma, Bourbon Amarelo, Icatu Vermelho e Acaiá, que contêm mais defeito ardido.

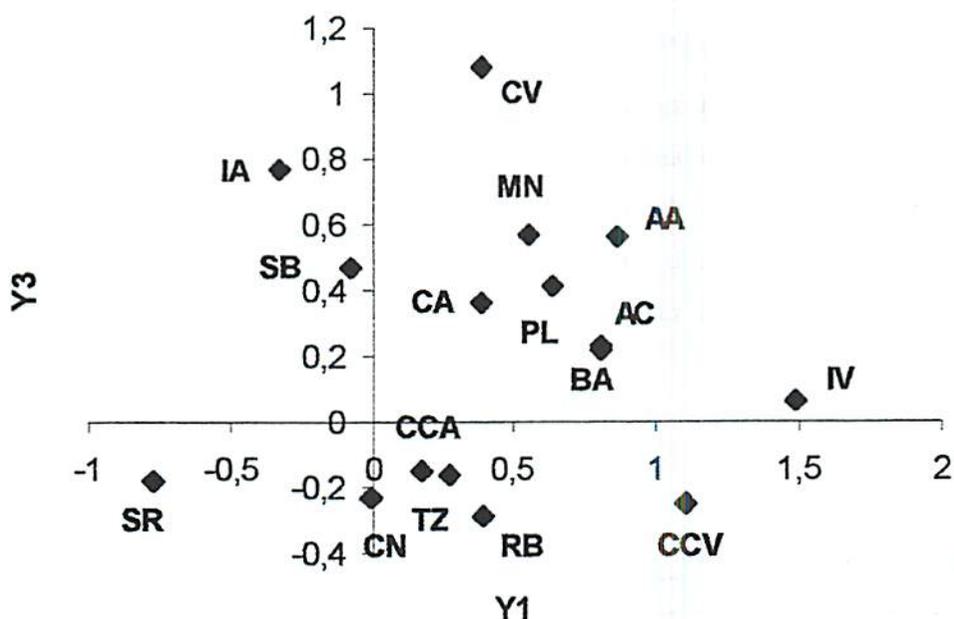


FIGURA 12 Dispersão gráfica de 16 cultivares de *Coffea arabica* L., em relação à primeira (Y_1) e à terceira (Y_3) variáveis canônicas obtidas com base em 6 defeitos observados nas amostras.

A análise multivariada não considerou o número total de defeitos, por isso, mesmo tendo apresentado mais defeitos, 'Palma' localiza-se no gráfico próximo daquelas que tiveram aproximadamente a mesma quantidade de defeito ardido.

As cultivares mais discrepantes, segundo o gráfico, são novamente 'Siriema' e 'Icatu Vermelho'.

4.3.2.2 Agrupamento pela distância de Mahalanobis

Para medir a similaridade das amostras com relação aos defeitos, a distância de Mahalanobis foi utilizada e um dendrograma foi construído a partir do método da distância do vizinho mais próximo (Figura 13).

O valor indicado para se realizar o corte é dado pela distância cujo valor de significância seja o mais próximo a 5%, neste caso, para os defeitos o valor para corte é 12,72.

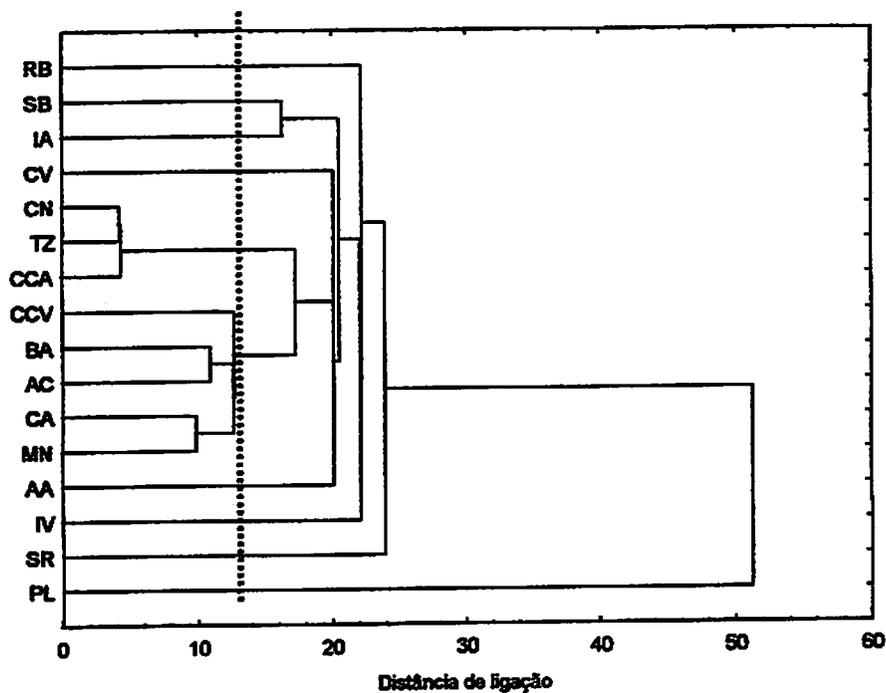


FIGURA 13 Dendrograma utilizando a distância de Mahalanobis e o método do vizinho mais próximo (*single linkage*), para as 16 cultivares de *Coffea arabica* L. a partir da avaliação de 06 caracteres obtidos na classificação por tipo.

O dendrograma permite observar o agrupamento das cultivares Canário, Topázio, Catucaí Amarelo, Catucaí Vermelho, Bourbon Amarelo, Acaiá, Catuaí Amarelo e Mundo Novo, sendo então consideradas similares, para a ocorrência dos defeitos. Nesse grupo, estão correlacionadas geneticamente as cultivares Topázio, Mundo Novo e Catuaí Amarelo e Catucaí Amarelo com Catucaí Vermelho e Canário com Catuaí Amarelo.

As demais cultivares não foram agrupadas, demonstrando haver uma dissimilaridade entre elas e o grupo.

A maior distância foi observada entre as cultivares Rubi e Palma, para as quais foram observados menores e maiores valores para o número total de defeitos.

Em face da enorme influência que os defeitos conferem à qualidade da bebida, conhecer as cultivares com o maior potencial de ocorrência dos defeitos é de extrema importância para o melhoramento genético.

A Tabela 61 apresenta a distância quadrática entre as amostras e a significância desta medida, calculada pelo teste de F, para as 16 cultivares, avaliada em função dos defeitos encontrados na classificação por tipo.

A maioria das distâncias foi considerada significativa. A cultivar Canário foi considerada similar à 'Catucaí Amarelo' e à 'Topázio', o que pode estar relacionado a natureza genética das três que contêm a cultivar Catuaí Amarelo em suas genealogias. 'Catucaí Amarelo' e 'Topázio' também não diferiram, assim como 'Acaiá' e 'Bourbon Amarelo'. Uma similaridade foi observada ainda entre 'Topázio' e 'Mundo Novo' e 'Catuaí Amarelo', seus progenitores.

As cultivares com a maior distância entre elas são 'Siriema' e 'Icatu Vermelho' (178,11), portanto são consideradas as mais dissimilares e 'Topázio' e 'Canário' são as mais próximas (4,22), são as mais similares.

TABELA 61 Distância quadrática entre as cultivares e a significância calculada pelo teste de F, a 5% de probabilidade, entre as variáveis estudadas na classificação por tipo dos grãos de 16 cultivares de caféiro *Coffea arabica* L.

	SB	SR	IA	CV	CN	PL	CCV	CCA	TZ	BA	AA	AC	CA	IV	MN
RB	39,51*	66,49*	63,30*	72,08*	26,91*	142,66*	40,50*	37,30*	25,42*	46,21*	56,32*	29,58*	22,21*	53,62*	50,90*
SB	0,0	37,11*	16,34*	25,79*	21,35*	73,18*	69,52*	28,14*	22,72*	41,63*	35,75*	36,22*	27,94*	100,74*	35,60*
SR	0,0	48,83*	0,0	101,24*	23,95*	126,46*	124,11*	33,80*	41,62*	95,99*	115,52*	92,41*	65,14*	178,11*	80,36*
IA	0,0	20,56*	0,0	20,56*	44,95*	123,42*	105,24*	47,45*	46,34*	62,18*	73,18*	54,53*	30,30*	134,25*	41,86*
CV	0,0	63,33*	0,0	63,33*	79,13*	92,10*	79,13*	59,22*	52,45*	40,07*	38,98*	29,70*	25,42*	80,85*	20,09*
CN	0,0	8,84 ^{NS}	0,0	8,84 ^{NS}	48,43*	79,51*	48,43*	8,84 ^{NS}	4,22 ^{NS}	39,94*	63,93*	31,00*	32,70*	85,20*	40,75*
PL	0,0	74,95*	0,0	74,95*	59,32*	63,13*	51,24*	52,48*	75,25*	119,33*	134,05*	84,08*	54,26*	34,59*	54,26*
CCV	0,0	33,05*	0,0	33,05*	25,97*	12,72*	12,72*	37,25*	17,96*	52,27*	83,42*	35,21*	83,42*	35,21*	33,37*
CCA	0,0	4,34 ^{NS}	0,0	4,34 ^{NS}	18,96*	0,0	20,32*	45,96*	17,30*	28,81*	65,85*	33,37*	45,92*	24,94*	39,85*
TZ	0,0	20,32*	0,0	20,32*	45,96*	17,30*	28,81*	65,85*	33,37*	45,92*	24,94*	39,85*	43,98*	56,71*	39,85*
BA	0,0	10,91 ^{NS}	0,0	10,91 ^{NS}	30,57*	30,57*	30,57*	30,57*	30,57*	30,57*	30,57*	30,57*	30,57*	30,57*	30,57*
AA	0,0	28,42*	0,0	28,42*	43,98*	43,98*	43,98*	43,98*	43,98*	43,98*	43,98*	43,98*	43,98*	43,98*	43,98*
AC	0,0	14,79*	0,0	14,79*	22,13*	22,13*	22,13*	22,13*	22,13*	22,13*	22,13*	22,13*	22,13*	22,13*	22,13*
CA	0,0	46,14*	0,0	46,14*	9,85 ^{NS}										
IV	0,0	42,98*	0,0	42,98*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MN	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

* = significativo, a 5% de probabilidade

NS = não significativo

4.4 Análise sensorial

Os resultados das avaliações sensoriais das bebidas provenientes dos cafés das 16 cultivares de cafeeiro encontram-se nas Tabelas de número 62 a 78.

Considerando que a metodologia usada para a avaliação sensorial foi qualitativa e não quantitativa, optou-se por demonstrar os resultados das três repetições obtidos para cada uma das cultivares estudadas.

Na Tabela 62, estão contidas as descrições sensoriais observadas na bebida de grãos da cultivar Acaia. Observa-se que as três repetições foram unânimes em confirmar que os grãos desta cultivar propiciam a obtenção de uma bebida com qualidade superior, tendo sido classificada como sendo estritamente mole. A acidez foi considerada baixa em duas repetições e média na terceira. A doçura foi denotada como sendo alta e o corpo foi classificado como semi-encorpado. O aroma caramelo, geralmente associado a cafés com excelente bebida, foi destacado nestas amostras.

TABELA 62 Atributos sensoriais e classificação da bebida por meio da prova de xícara de grãos da cultivar Acaia.

Cultivar	Rep	Corpo	Acidez	Doçura	Bebida	Aroma
Acaia	1	SE	B	A	EM	Caramelo
	2	SE	B	A	EM	Caramelo
	3	SE	M	A	EM	Caramelo suave

SE = semi-encorpado B = baixa M = média
A = alta EM = estritamente mole

Na avaliação química dos grãos crus desta cultivar, foram encontrados os maiores valores de açúcares totais, o que indica uma relação entre a doçura percebida na bebida e o teor destes compostos. Embora não tenham sido detectadas diferenças entre as cultivares para os açúcares totais no grão torrado, os valores obtidos são próximos aos observados por Coelho (2000) para cafés com a mesma classificação de bebida. Os açúcares redutores demonstram estar diretamente relacionados com a doçura percebida na bebida, pois estes foram encontrados em maiores quantidades nos grãos torrados desta cultivar.

Na Tabela 63, estão apresentados os atributos sensoriais e suas respectivas denotações para a bebida produzida a partir dos grãos da cultivar Acauã.

A bebida produzida pelos grãos da cultivar Acauã foi classificada como sendo de bebida apenas mole, para as três repetições avaliadas. A acidez média sugere ser uma característica deste padrão de bebida, assim também como a doçura. É importante ressaltar que a cultivar Acauã apresenta grandes vantagens fitotécnicas, dada a sua tolerância à seca e ao nematóide *Meloidogyne exigua* e resistência à ferrugem. Assim, o uso desta cultivar em regiões onde a seca, a presença de nematóides e/ou da ferrugem são considerados como fatores limitantes, pode favorecer a produção de cafés, com economia de insumos e tecnologia.

A descrição dos atributos sensoriais e a classificação da bebida obtida a partir dos grãos da cultivar Bourbon Amarelo encontram-se na Tabela 64.

Observa-se que as três repetições são concordantes em considerar a bebida do café desta cultivar como sendo mole. A acidez foi considerada baixa em apenas uma delas e a doçura como sendo média nas três. Aromas diferenciados foram percebidos, estando muito relacionados com ervas.

TABELA 63 Atributos sensoriais e classificação da bebida por meio da prova de xícara, para os grãos da cultivar Acauã.

Cultivar	Rep	Corpo	Acidez	Doçura	Bebida	Aroma
Acauã	1	SE	M	M	AM	Chocolate
	2	SE	M	M	AM	Caramelo
	3	SE	M	M	AM	Amargor característico, cítrico

SE = semi-encorpado M= média AM = apenas mole

TABELA 64 Atributos sensoriais e classificação da bebida por meio da prova de xícara de grãos da cultivar Bourbon Amarelo.

Cultivar	Rep	Corpo	Acidez	Doçura	Bebida	Aroma
Bourbon Amarelo	1	SE	B	M	M	Cítrico, especiarias
	2	SE	M	M	M	Chá, ervas
	3	SE	M	M	M	Chocolate, ligeiramente cítrico

SE = semi-encorpado B = baixa M= média M = Mole (bebida)

Esta cultivar é apontada como tendo qualidade de bebida reconhecida no exterior; no entanto, apresenta a desvantagem agrônômica de ter baixa produtividade (Qualidade, 1999).

A Tabela 65 contém os resultados da avaliação sensorial da cultivar Canário. Observa-se que a bebida produzida a partir dos grãos, processados pelo descascamento, recebeu duas classificações como sendo apenas mole e uma como estritamente mole.

TABELA 65 Atributos sensoriais e classificação da bebida por meio da prova de xícara da cultivar Canário.

Cultivar	Rep	Corpo	Acidez	Doçura	Bebida	Aroma
Canário	1	E	A	B	AM	Amadeirado ligeiro
	2	SE	M	M	AM	Achocolatado, chá, tabaco
	3	SE	B	A	EM	Caramelo, tabaco

E = encorpado SE = semi-encorpado B = baixa M = média A = alta
 AM = apenas mole EM = estritamente mole

No café de uma das repetições que foi classificado como sendo de bebida apenas mole, os provadores perceberam o atributo “amadeirado ligeiro”, que é considerado como negativo para o aroma. A percepção deste atributo associado a uma baixa doçura e acidez alta favoreceu esta classificação.

A avaliação sensorial dos grãos da cultivar Catuaí Amarelo encontra-se descrita na Tabela 66.

TABELA 66 Atributos sensoriais e classificação da bebida por meio da prova de xícara de grãos da cultivar Catuaí Amarelo.

Cultivar	Rep	Corpo	Acidez	Doçura	Bebida	Aroma
Catuaí Amarelo	1	F	M	A	M	Buquê
	2	E	M	M	AM	Frutado, cítrico
	3	E	M	A	AM	Chocolate

E = encorpado F = fraco B = baixa M = média
 A = alta AM = apenas mole M = mole (bebida)

É possível observar que as repetições não receberam a mesma classificação da bebida, sendo duas consideradas como apenas mole e uma delas como mole.

Embora na primeira repetição o corpo da bebida tenha sido considerado fraco, a doçura se destacou como alta e a amostra foi enquadrada no padrão de bebida mole. Isto leva a acreditar na importância da doçura como atributo que confere qualidade ao café. Na análise dos teores de açúcares totais do grão cru, esta cultivar apresentou também, os maiores valores, o que pode estar diretamente relacionado com esta observação.

O encorpamento da bebida, destacado nas duas repetições, pode ser uma característica influenciada pelos altos teores de sólidos solúveis observados nesta cultivar, visto a relação direta existente entre esta fração e o corpo da bebida.

Na Tabela 67, encontram-se apresentados os resultados para a cultivar Catuai Vermelho.

TABELA 67 Atributos sensoriais e classificação da bebida por meio da prova de xícara de grãos da cultivar Catuai Vermelho.

Cultivar	Rep	Corpo	Acidez	Doçura	Bebida	Aroma
Catuai Vermelho	1	SE	B	A	EM	Cana suave
	2	F	B	A	EM	Floral
	3	E	B	A	EM	Cana, floral

E = encorpado SE = semi-encorpado F = fraco A = alta
 B = baixa EM = estritamente mole

A bebida desta cultivar foi repetidamente considerada como sendo estritamente mole, o padrão máximo de classificação. No entanto, percebe-se que há uma variação na determinação do corpo da bebida, julgado como fraco, semi-encorpado e encorpado em cada repetição. A doçura foi estimada como sendo alta e a acidez como baixa nas três avaliações. O aroma foi qualificado como cana e floral, destacando a doçura como atributo mais relevante nesta bebida.

Cafés de bebida estritamente mole, avaliados por Coelho (2000), apresentaram valores para açúcares totais próximos aos observados para esta cultivar e, da mesma forma, a doçura foi um atributo sensorial de destaque nestes cafés.

A Tabela 68 contém as observações da prova de xícara da bebida dos grãos da cultivar Catucaí Amarelo.

A bebida dos grãos da cultivar Catucaí Amarelo foi classificada como mole em duas repetições e como apenas mole em outra. Considerando a proximidade entre esses padrões, é possível que a acidez, percebida como alta, seja a justificativa para essa qualificação.

TABELA 68 Atributos sensoriais e classificação da bebida por meio da prova de xícara de grãos da cultivar Catucaí Amarelo.

Cultivar	Rep	Corpo	Acidez	Doçura	Bebida	Aroma
Catucaí	1	SE	B	A	M	Manteiga de cacau
	2	SE	M	M	M	Tabaco
Amarelo	3	SE	A	M	AM	Chocolate, caramelo

SE = semi-encorpado B = baixa M = média A = alta
 AM = apenas mole M = mole (bebida)

Embora não tenha atingido o melhor padrão de qualidade de bebida, esta cultivar apresenta compensações pela sua eficiente resistência à ferrugem, que demanda menores custos com agroquímicos.

A análise sensorial da cultivar Catucaí Vermelho, descrita na Tabela 69, permite observar semelhanças com a Catucaí Amarelo.

No entanto, apenas uma repetição recebeu a denominação de mole e duas de apenas mole. Observa-se ainda que o corpo, a acidez e a doçura das repetições 1 e 2 foram considerados iguais, porém, na primeira houve uma percepção do aroma floral e cítrico, não encontrado na segunda. A terceira repetição destacou-se por uma acidez mais elevada e doçura mais baixa, o que promoveu sua classificação como apenas mole.

O perfil sensorial dos grãos de café produzido pela cultivar Icatu Amarelo está exibido na Tabela 70. A bebida desta cultivar foi considerada como mole em duas avaliações e estritamente mole na terceira.

TABELA 69 Atributos sensoriais e classificação da bebida por meio da prova de xícara de grãos da cultivar Catucaí Vermelho.

Cultivar	Rep	Corpo	Acidez	Doçura	Bebida	Aroma
Catucaí Vermelho	1	SE	M	M	M	Floral, cítrico, caramelo, tabaco
	2	SE	M	M	AM	Rapadura. Caramelo, chocolate, tabaco
	3	SE	A	B	AM	Caramelo, chocolate, tabaco

SE= semi-encorpado B = baixa M = média A = alta
AM = apenas mole M = mole (bebida)

TABELA 70 Atributos sensoriais e classificação da bebida por meio da prova de xícara dos grãos da cultivar Icatu Amarelo.

Cultivar	Rep	Corpo	Acidez	Doçura	Bebida	Aroma
Icatu Amarelo	1	SE	M	M	M	Caramelo, rapadura
	2	SE	B	B	M	Tabaco, chocolate, caramelo
	3	F	B	M	EM	.

SE= semi-encorpado F = fraco M = média B = baixa
EM = estritamente mole M = mole (bebida)

Este resultado representa uma vitória do melhoramento genético do cafeeiro, pois, interessado em obter características fitotécnicas importantes, como a resistência à ferrugem, realizou-se o cruzamento entre espécies divergentes para os aspectos qualitativos da bebida, sem ter havido prejuízo para a mesma.

Para a cultivar Icatu Vermelho, entre as três classificações, duas foram para bebida mole, e uma foi para apenas mole, conforme Tabela 71.

TABELA 71 Atributos sensoriais e classificação da bebida por meio da prova de xícara da cultivar Icatu Vermelho.

Cultivar	Rep	Corpo	Acidez	Doçura	Bebida	Aroma
Icatu Vermelho	1	E	M	M	M	Tabaco
	2	SE	M	M	AM	Tabaco
	3	SE	M	A	M	Cereal, adocicado e caramelo.

E = encorpado SE= semi-encorpado M = média A = alta
AM = apenas mole M = mole (bebida)

Observa-se ainda que, no caso das duas repetições classificadas como mole, houve discrepâncias na definição do corpo e da doçura. Isto demonstra que na classificação pela prova de xícara, há uma avaliação global dos caracteres sensoriais e que a depreciação de um é compensada pela valorização do outro.

Os resultados obtidos neste trabalho são semelhantes aos encontrados por Guerreiro-Filho et al. (2003), ao avaliarem sensorialmente cafés originados de oito linhagens desta mesma cultivar. Seis linhagens foram classificadas com a bebida sendo mole, uma como apenas mole e a outra considerada sem classificação, com “gosto estranho”. Os autores afirmam que, com exceção desta última, as linhagens podem ser caracterizadas como produtoras de café gourmet, como consequência da reunião de diversos atributos sensoriais favoráveis.

As observações da classificação da bebida da cultivar Mundo Novo encontram-se na Tabela 72. Nota-se que duas repetições avaliaram a bebida como sendo estritamente mole e uma como sendo mole.

TABELA 72 Atributos sensoriais e classificação da bebida por meio da prova de xícara de grãos da cultivar Mundo Novo.

Cultivar	Rep	Corpo	Acidez	Doçura	Bebida	Aroma
Mundo Novo	1	SE	B	A	EM	Cana, manteiga de cacau
	2	SE	B	A	EM	Adocicado, floral, caramelo
	3	SE	B	B	M	Caramelo, herbáceo, floral cítrico acentuado
SE= semi-encorpado		B = baixa		M = média		A = alta
EM = estritamente mole		M = mole (bebida)				

A bebida deste café caracterizou-se pela doçura alta, acidez baixa e pelo semi-encorpamento. O aroma foi definido como cana, manteiga de cacau, adocicado, floral, caramelo e erval. A cultivar Mundo Novo é reconhecida como excelência na produção de cafés com bebidas superiores, o que justifica o seu uso intensivo no melhoramento genético para a obtenção de novos materiais.

A Tabela 73 traz os atributos sensoriais observados para a bebida da cultivar Palma I. A bebida foi duplamente considerada como mole e na terceira avaliação, tida como estritamente mole.

TABELA 73 Atributos sensoriais e classificação da bebida por meio da prova de xícara de grãos da cultivar Palma I.

Cultivar	Rep	Corpo	Acidez	Doçura	Bebida	Aroma
	1	F	B	M	EM	Levemente cítrico
Palma I	2	SE	B	A	M	Caramelo, floral, manteiga de cacau
	3	E	M	A	M	Cítrico

E = encorpado SE = semi-encorpado F = fraco
 B = baixa M = média A = alta
 EM = Estritamente mole M = Mole (bebida)

Esta progênie teve origem no cruzamento das cultivares Catuaí Vermelho e Catimor. A cultivar Catuaí Vermelho, avaliada no presente estudo, apresentou as três classificações da bebida como sendo estritamente mole. O mesmo fato foi observado na bebida da cultivar Icatu Amarelo.

Os resultados obtidos para a classificação sensorial da cultivar Rubi encontram-se na Tabela 74.

TABELA 74 Atributos sensoriais e classificação da bebida por meio da prova de xícara de grãos da cultivar Rubi.

Cultivar	Rep	Corpo	Acidez	Doçura	Bebida	Aroma
Rubi	1	E	M	M	AM	Caramelo
	2	SE	M	M	M	Chocolate
	3	SE	M	M	M	Manteiga de cacau

E = encorpado

AM = apenas mole

SE= semi-encorpado

M= mole (bebida)

M= média

As amostras foram classificadas repetidamente como mole e uma vez como sendo apenas mole, embora as três repetições não tenham diferido em relação à doçura e à acidez, considerada como média em todas as avaliações. Com relação ao aroma, não foram observadas designações diferenciadas, porém, a denotação conferida ao corpo pode ter sido o atributo diferenciador da bebida.

‘Rubi’ apresenta em sua genealogia, uma relação com as cultivares Mundo Novo e Catuai Vermelho, pois é originada do cruzamento destas duas. No entanto, no presente trabalho, embora tenha apresentado excelente classificação por peneiras, não demonstrou haver um comportamento semelhante ao de suas cultivares progenitoras, que receberam a denominação de estritamente mole para sua bebida.

Os resultados obtidos para a classificação da cultivar Sabiá, encontram-se na Tabela 75.

É possível observar que a avaliação sensorial desta cultivar considerou as três repetições como sendo divergentes tendo sido classificada como estritamente mole, mole e apenas mole. Estes dados salientam uma dificuldade e uma incerteza em classificar a bebida desta cultivar, que teve origem no cruzamento entre a ‘Catimor’ e a ‘Acaiá’.

TABELA 75 Atributos sensoriais e classificação da bebida por meio da prova de xícara da cultivar Sabiá.

Cultivar	Rep	Corpo	Acidez	Doçura	Bebida	Aroma
Sabiá	1	SE	B	M	AM	Amadeirado
	2	SE	B	A	EM	Fruta, floral
	3	F	B	M	M	Floral, caramelo suave

SE= semi-encorpado F = fraco B = baixa
M= média A = alta AM = apenas mole
EM = estritamente mole M=mole (bebida)

A doçura e o corpo foram os atributos que variaram, assim como as nuances do aroma, o que, provavelmente, pode ter contribuído para a imprecisão da qualidade de bebida desta cultivar. Como ocorreu para a cultivar Canário, o atributo amadeirado, considerado como depreciativo, foi observado na bebida classificada como apenas mole.

Na Tabela 76 encontram-se expostos os resultados da análise sensorial da cultivar Siriema. Observa-se que houve uma dificuldade em classificar a bebida desta cultivar, que foi enquadrada em classes distintas. As amostras foram consideradas de bebida mole, apenas mole e dura.

A acidez alta, o semi-encorpamento, a doçura baixa e o aroma de madeira velha caracterizaram a bebida cuja classificação foi considerada como dura. A melhor entre as três caracterizações foi aquela que considerou a bebida como sendo mole, permitindo inferir que a percepção da acidez média, da doçura alta, assim como do aroma relacionado à manteiga de cacau, foi responsável por esta avaliação. O aroma de "madeira velha" é, em geral, considerado pelos degustadores como atributo de depreciação e foi denotado na repetição cuja bebida foi classificada como dura.

TABELA 76 Atributos sensoriais e classificação da bebida por meio da prova de xícara de grãos da cultivar Siriema.

Cultivar	Rep	Corpo	Acidez	Doçura	Bebida	Aroma
Siriema	1	SE	A	M	D	Madeira velha
	2	E	M	M	AM	Floral, chocolate, chá
	3	SE	M	A	M	Manteiga de cacau

E= encorpado SE= semi-encorpado M= média A = alta
 AM = Apenas mole D= dura M= Mole (bebida)

Cabe ressaltar que este material, quando coletado, ainda encontrava-se em fase de estabilização, não disponível para comercialização e que, no entanto, demonstra ser bastante promissor fitotecnicamente, visto que tem sido desenvolvido com o objetivo de resistência múltipla ao bicho-mineiro e à ferrugem. Contudo, cuidados devem ser tomados para que a ausência de vantagens qualitativas para a bebida seja um aspecto negativo dos grãos produzidos por esta cultivar.

Os resultados da análise sensorial da cultivar Topázio estão apresentados na Tabela 77. A avaliação das três repetições foi unânime em considerar a bebida desta cultivar como sendo mole.

O encorpamento da bebida foi destaque em todas as avaliações, enquanto as percepções da acidez e da doçura não apresentaram uma coerência. Estas observações possibilitam entender que o corpo e o aroma foram os determinantes do enquadramento da bebida na classe mole.

De forma geral, observa-se que a avaliação sensorial da bebida das 16 cultivares de café contribuiu para uma maior diferenciação das progênes.

TABELA 77 Atributos sensoriais e classificação da bebida por meio da prova de xícara de grãos da cultivar Topázio.

Cultivar	Rep	Corpo	Acidez	Doçura	Bebida	Aroma
Topázio	1	E	M	M	M	Caractcrístico de café
	2	E	B	A	M	Caramelo, manteiga de cacau
	3	E	A	M	M	Doce, aroma cítrico
E= encorpado	B = baixa	M= média	A = alta	M= mole (bebida)		

Isso demonstra possivelmente, que outros compostos químicos não avaliados no presente trabalho podem ser os responsáveis pelas variações da bebida, visto que há uma grande complexidade de substâncias envolvidas com o sabor e o aroma do café torrado e moído (Carvalho et al., 1997).

A Tabela 78 contém a classificação da bebida das cultivares avaliadas, agrupando-as com relação à resistência e a suscetibilidade à ferrugem.

Observa-se que as novas cultivares desenvolvidas com resistência à ferrugem apresentam uma classificação diferenciada para a bebida, influenciada possivelmente pelo material genético que a originou. A cultivar Siriema recebeu a classificação mais variada, conforme já foi discutido anteriormente e a bebida foi considerada, por tudo isso, a menos valorizada.

TABELA 78 Classificação sensorial da bebida de cultivares de café e sua relação com a resistência à ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berg).

Cultivares	Bebida		
	Repetição 1	Repetição 2	Repetição 3
Novas cultivares resistentes à ferrugem			
Acauã	AM	AM	AM
Canário	EM	AM	AM
Catucaí Amarelo	M	M	AM
Catucaí Vermelho	M	AM	AM
Palma I	EM	M	M
Sabiá	EM	AM	M
Siriema	M	AM	D
Cultivares tradicionais resistentes à ferrugem			
Icatu Amarelo	EM	M	M
Icatu Vermelho	M	M	AM
Cultivares tradicionais suscetíveis à ferrugem			
Acaíá	EM	EM	EM
Bourbon Amarelo	M	M	M
Catuai Amarelo	M	AM	AM
Catuai Vermelho	EM	EM	EM
Mundo Novo	EM	EM	M
Rubi	M	M	AM
Topázio	M	M	M
EM = estritamente mole	M = mole	AM = apenas mole	D = dura

Com relação aos materiais tradicionalmente resistentes, as cultivares Icatu Amarelo e Icatu Vermelho apresentaram diferenças, tendo a bebida da primeira recebida a melhor classificação. Comparando-as com as novas cultivares, observa-se que ‘Catucaí Amarelo’ e ‘Catucaí Vermelho’, que têm origem nestas duas, apresentam certa semelhança para os aspectos sensoriais. A cultivar Palma I obteve a mesma classificação de ‘Icatu Amarelo’.

Entre os materiais suscetíveis à ferrugem, as cultivares Acaia, Catuaí Vermelho e Mundo Novo obtiveram os melhores padrões para a classificação da bebida. A bebida produzida pelos grãos da cultivar Siriema, foi considerada de maneira geral, a menos apreciada pelos provadores, contudo não foi classificada fora do grupo das bebidas finas.

É importante ressaltar a excelente classificação alcançada pela cultivar Mundo Novo, em função da sua significância para o melhoramento genético. Esta cultivar é intensivamente utilizada nos trabalhos de melhoramento genético do cafeeiro, participando de cruzamentos e retrocruzamentos para que as novas cultivares obtidas mantenham o fenótipo para caracteres como qualidade de bebida, produção, aspecto vegetativo e outros (Mendes, 1996).

De forma geral, este grupo de cultivares apresentou melhor avaliação sensorial que a daquelas resistentes à ferrugem.

Entre os diversos fatores envolvidos com a qualidade sensorial do café, destaca-se a composição química do grão de café. Estes constituintes químicos são responsáveis pela formação de compostos ligados ao sabor e aroma, que o café apresenta durante a sua avaliação sensorial.

A espécie *C. arabica* é reconhecida por apresentar melhor e maior combinação destes compostos químicos desejáveis em relação à espécie robusta. Isto faz com que sua bebida seja considerada melhor do que a do robusta, possibilitando a obtenção de maiores preços no mercado. Esta segunda espécie, no entanto, é largamente utilizada em cruzamentos genéticos visando à herança dos caracteres de resistência à ferrugem, entre outros, destaque nesta espécie. Dessa forma, algumas características relacionadas à qualidade da bebida também são herdadas, possíveis motivos pelos quais as cultivares relacionadas a esta espécie apresentaram variações na classificação da bebida.

Por outro lado, considerando que a ocorrência da ferrugem é um dos fatores que mais afetam a produtividade dos cafezais, o cultivo destas planta, favorece uma economia com relação à aplicação de produtos fitossanitários, compensando uma possível desvalorização do café, pela classificação da bebida, em relação às cultivares suscetíveis, que apresentam um melhor padrão de bebida e demandam maior custo de produção.

5 CONCLUSÕES

Os resultados experimentais obtidos no presente trabalho permitem concluir que;

- Na avaliação dos grãos crus, apenas os valores da condutividade elétrica, lixiviação de íons potássio e pH não diferiram entre as cultivares;
- Para os grãos torrados, apenas o pH e os teores de extrato etéreo, proteína e açúcares redutores variaram entre as cultivares;
- A análise multivariada dos dados permitiu separar as cultivares em função da composição química dos grãos crus e torrados, da classificação por peneira e por tipo;
- As variáveis que mais contribuíram para a diferenciação das cultivares pela composição química do grão cru foram os teores de açúcares redutores, proteína, cinzas, extrato etéreo e polifenóis.
- Os melhores descritores químicos do café torrado foram o pH, os teores dos açúcares totais e não redutores, da proteína bruta, do extrato aquoso, do extrato etéreo, e a luminosidade (L) e a coordenada cromática “a”.
- As cultivares apresentaram variações para a classificação por peneiras e a observou-se para a determinação dos defeitos presentes nas amostras de café das cultivares uma resposta diferenciada;
- As amostras avaliadas apresentaram diferenças quanto ao aspecto sensorial da bebida, no entanto, sem indicar prejuízos para a qualidade da bebida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIC divulga os indicadores econômicos do setor torrefador brasileiro. *Jornal do Café*, ABIC: Rio de Janeiro, v.13, n.140, p. 4-8, nov. 2003.

AGUIAR, A. T. da E. **Descritores para caracterização de cultivares e linhagens de café tipo arábica**. 2001. 98p. Dissertação (Mestrado em Melhoramento Genético Vegetal)-Instituto Agrônomo, Campinas, SP.

ALVES, M. R. et al. Contribution of fatty acid profile obtained by high-resolution GC/chemometric techniques to the authenticity of green and roasted coffee varieties. *Journal of the American Oil Chemists Society*, v.80, n.6, p.511-517, 2003.

AMES, J. EU COST action 919 melanoidins in food and hea The nature of melanoidins inf food and health. *International Congress Series*, n.1245, p.389-390, 1999.

ANDUEZA, S. et al. Influence of water pressure on the final quality of Arabica espresso coffee. Application of multivariate analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, v.50, n.25 p. 7426-7431, 2002.

AS TENDÊNCIAS de consumo de café. *Jornal do Café*, Rio de Janeiro, v.13, n.141, p. 10 - 12, dez. 2003.

ASTUA, R.G.; AGUILAR, V.G.J. Prueba comparativa de las cualidades organolepticas de la bebida del catimor T5175, variedad Costa Rica 95, Caturra y Catuai, en ocho regiones cafetaleras de Costa Rica. *Boletín PROMECAFE*, Costa Rica, n.80, v.7, p.9-11, 1998.

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

BARROS, L.M. **Caracterização morfológica e isoenzimática do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.), tipos comum e anão precoce, por meio de técnicas multivariadas**. 1991. 256 p. Tese (Doutorado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

BARTHOLO, G. F. Desenvolvimento fenológico e produtividade de cultivares de *Coffea arabica* L. sob parcelamentos da adubação. 2001. 56p. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Regras para análise de semente. Brasília: CLAV/DNDV/SAND/MA, 1992. 365 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 048, de 16 de agosto de 2002. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, p.22-29, 20 ago 2002. Seção 1.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 8, de 11 de junho de 2003. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, p.22-29, 20 ago 2003. Seção 1.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 377 de 26 de abril de 1999. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, n.80, p.22-29, abr. 1999. Seção 1.

BRASIL SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION. Specialty Coffee. Disponível em: <<http://www.bsca.com.br>> Acesso em: 20 maio 2003.

CAFÉ: não basta ser puro, tem que ter qualidade. **Jornal do Café**, Rio de Janeiro, v.12, n.137, p. 6 - 8, mar. 2003.

CARRERA, F. et al. Authentication of green coffee varieties according to their sterolic profile. **Analytica Chimica Acta** , v.370, 1998, p. 131-139.

CARVALHO, V.D. de; CHALFOUN, S.M.S.; CHAGAS, S. J. de R. Fatores que afetam a qualidade do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11. n. 126, p. 79-92, jun. 1985.

CASAL, S.; OLIVEIRA, M. B.; FERREIRA, M.A. HPLC/diode-array applied to the thermal degradation of trigonelline, nicotinic acid and caffeine in coffee. **Food Chemistry**, Oxford, v. 68, n. 4, p. 481-485, Mar. 2000.

CHARRIER, A.; BERTHAUD, J. Variation de la teneur en caféine dans le genre *Coffea*. **Café Cacao Thé**, Paris, v.11, n.4, p. 251-264, oct./dec. 1975.

CLARKE, R.J.; MACRAE, R. Introduction. **Coffee Chemistry**. London: Elsevier Applied Science: London, v.1, 1995, p.1-42

CLIFFORD, M.N. Chemical and physical aspects of green coffee and coffee products. In: CLIFFORD, M.N.; WILLSON, K.C. (ed.). *Coffee: botany, biochemistry and production of beans and beverage*. New York: Croom Helm, 1985. p.305-374.

COELHO, K. F. Avaliação química e sensorial da qualidade do café de bebida estritamente mole após a inclusão de grãos defeituosos. 2000. 96p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Safra 2004/2005: primeira previsão - dez/2003; Safra 2003/2004: terceira estimativa. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 10 jan. 2004.

CORSE, J.; LAYTON, L. L.; PATTERSON, D.C. Isolation of chlorogenic acids from roasted coffee. *Journal Science Food Agricultural*, v.21, Mar. p.164-168, 1970.

CRESCER mercado consumidor de café orgânico. Embrapa Notícias, Brasília, Disponível em: <<http://www.embrapa.br:8080/aplic/cafenews.nsf/vwnoticias>>. Acesso em: 06 out. 2003.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa, MG: UFV, 1994. 390 p.

CURIOSIDADES. As formas de consumo do café no mundo. *Coffee Break*, Garça, SP. Disponível em: <<http://www.coffeebreak.com.br/saborcafe>>. Acesso em: 22 fev. 2004.

DIAS, F. P. Caracterização de progênies de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) por meio de técnicas multivariadas. 2002. 62p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

EIRA, M. T. S. et al. Aumento da variabilidade genética do café. *Informativo da Cooperativa dos Cafeicultores da Região de Garça*, v. 8, n. 89, set. 2003.

EMBALAGENS: garantindo a qualidade e atraindo o consumidor. *Jornal do Café*, Rio de Janeiro, v.12, n.138, p. 18-21, maio, 2003.

FERNANDES, S.M. Composição química e qualidade do café torrado e moído armazenado à temperatura ambiente e sob refrigeração. 2003. 84p.

Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

FERREIRA, D. F. Aspectos da análise multivariada. *Análise multivariada*. Lavras, MG: UFLA, 1996. p.1-24. 389p.

FERREIRA, D. F. Programa Sisvar.exe. Sistema de Análise de variância. Versão 4.3 (Build 45), (1999 – 2003).

FIGUEROA, S.P. et al. Influencia de la variedad y la altitud em las características organolepticas y físicas del café. In: SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE CAFEICULTURA, 19., 2000, San Jose. Memoria... San Jose : 2000. 493-497.

FONSECA, A. F. A. Análises biométricas em café conillon (*Coffea canephora* Pierre). 1999. 115p. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

GOLDSTEIN, J. L.; SWAIN, T. Changes in tannins in ripening fruits. *Phytochemistry*, Oxford, v. 2, n. 4, p. 371-382, Dec. 1963.

GONZÁLEZ, A.G. et al. HPLC analysis of tocopherols and triglycerides in coffee and their use as authentication parameters. *Food Chemistry*, n.75, p.93-101, 2001.

GRÃOS especiais agregam até 390% mais valor. *News Cafeicultura*, Patrocínio, abr. 2003. Disponível em: <<http://www.revistacafeicultura.com.br/news>>. Acesso em: 15 maio 2003.

GUERRERO, G.; SUAREZ, M.; MORENO, G. Hydroxycinnamic acids as a genotype discrimination criteria. In: COLLOQUE SCIENTIFIQUE INTERNATIONAL SUR LE CAFE, 19., 2001, Trieste, Italy. *Proceedings...* Trieste, Italy: Association Scientifique Internationale du Café (ASIC), 2001. p.1-7.

GUERREIRO-FILHO, O. et al. Características sensoriais da bebida de linhagens da cultivar Icatu Vermelho na região de Assis, SP. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 3., 2003, Porto Seguro. *Anais...* Porto Seguro: IBC, 2003, v.1. p.1285-1290.

GUIMARAES, R.J; MENDES, A. N. G.; SOUZA, C. A. S. Noções de processamento pós-colheita, secagem e beneficiamento de café. *Produção de*

sementes de cafeeiro: legislação e aspectos práticos. In: **Cafeicultura**. Lavras, MG: UFLA/FAEPE, 2002. p.299-300.

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

INDÚSTRIAS atualizam preços do café no varejo. **Jornal do Café**, Rio de Janeiro, v.12, n.134, p. 3, out. 2002.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3.ed. São Paulo, 1985. v.1, p. 190-192.

KADEN, F. O. Analises chimiques comparatives des qualités de café torréfié obtenues para triage photo-électrique. **Café, Cacao e Thé**, v. 8, n.3, July/Sept. 1964, p.211-214.

KY, C. L. et al. Caffeine, trigonelline, chlorogenic acids and sucrose diversity in wild *Coffea arabica* L. and *C. canephora* P. accessions. **Food Chemistry**, Elsevier: London, n.75,p.223-230, 2001.

LERCKER, G. et al. La Frazione lipidica del caffè. **Industrie Alimentari**, Bologna, v.35, n.352, p.1057-1065, Oct.1996.

LERICI, C.R. et al. Processi di trasformazione del caffè : aspetti chimici, fisici e tecnologici. **Industrie delle Bevande**, Pinerolo, v.9, n.3, p. 232-238, 1980.

LOPES, L.M.V. **Avaliação da qualidade de grãos crus e torrados de cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. 2000. 95p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

LOPES, L.M.V. et al. Avaliação da qualidade de grãos de diferentes cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). 2000. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, n.1, p.3-8. 2000. Especial Café.

LUNA, R.M. **Marca, certificação de origem e consumidor de café: um estudo de marketing**. 2001. 126p. Dissertação (Mestrado em Administração da Empresa Rural - Marketing)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MAEZTU, L. et al. Multivariate methods for characterization and classification of espresso coffees from different botanical varieties and types of roast by foam, tast and mouthfeel. **Journal Agricultural of Food Chemistry**, Washington, v.49, n.10, p.4743-4747, 2001a.

MAEZTU, L. et al. Characterization of espresso coffee aroma by static headspace GC-MS and sensory flavor profile. *Journal Agricultural of Food Chemistry*, Washington, v.49, n.11, p. 5437-5444, 2001b.

MAPA/PROCAFÉ. Novas variedades de café: mais produtivas e resistentes. Varginha, MG, 2002. 14p. (Folheto).

MARTIN, M.J.; PABLOS, F.; GONZÁLEZ, A.G. Characterization of green coffee varieties according to their metal content. *Analytica Chimica Acta*, v.358, p-177-183, 1998a.

MARTIN, M.J.; PABLOS, F.; GONZÁLEZ, A.G. Discrimination between arabica and robusta green coffee varieties according to their chemical composition. *Talanta*, v.46, p. 1259-1264, 1998b.

MARTIN, M.J. et al. Fatty acid profiles as discriminant parameters for coffee varieties differentiation. *Talanta*, v.54, p. 291-297, 2001.

MENDES, A.N.G.; GUIMARÃES, R.J. *Genética e melhoramento do cafeeiro: cafeicultura empresarial: produtividade e qualidade*. Lavras, MG: UFLA/FAEPE, 1996. Cultivares melhoradas de *Coffea arabica* atualmente em uso no Brasil: características e histórico de sua obtenção, p. 47-60.

MENDES, A. N. G.; GUIMARÃES, R. J. *Genética e melhoramento do cafeeiro*. Lavras, MG:UFLA, 1998. 99p.

MINAS GERAIS. Imprensa Oficial de Minas Gerais. Só se fala em café de qualidade nas propriedades do Sul de Minas, produto será personalizado. Suplemento Rural, Belo Horizonte. Disponível em: <<http://www.iof.mg.gov.br/iodiario/rural/11042000/Cafe.htm>>. Acesso em: 15 abr. 2003a.

MINAS GERAIS. Imprensa Oficial de Minas Gerais. Cafeicultura busca profissionalização. Suplemento Rural, Belo Horizonte. Disponível em: <<http://www.iof.mg.gov.br/iodiario/rural/08022000/Cafe.htm>>. Acesso em: 20 abr. 2003b.

MYIA, E. E. et al. Defeitos do café e qualidade da bebida. *Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas*, v.5, p.417-432, 1973/1974.

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

NOVO mercado, novo consumidor, nova indústria. **Jornal do Café**, Rio de Janeiro, v.12, n.138, p. 10-14, maio 2003.

O CAFÉ no mundo, produção e consumo. **Governo do Paraná**, Londrina, Disponível em: <<http://www.pr.gov.br/iapar/café/m&prodcons.html>>. Acesso em: 14 fev. 2004.

O MERCADO cafeeiro no contexto da crise global. **Jornal do Café**, Rio de Janeiro, v.8, n.91, p. 6-12, mar. 1999.

OOSTERVELD, A. et al. Extraction and characterization of polysaccharides from green and roasted *Coffea arabica* beans. **Carbohydrate Polymers**, v.52, p. 285-296, 2003.

ORGANIZACION INTERNACIONAL DEL CAFÉ. **Quantitative descriptive flavours profiling of coffees form COOPARAÍSO –MG**. Brasil. Londres, 1991. n.p. (Reporte de Evaluación Sensorial).

PÁDUA, F. R. M. **Composição química e qualidade de diferentes tipos de café torrado e moído durante o armazenamento**. 2002. 76p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

PEDRO, N. A. R. et al. Avaliação da qualidade do café torrado e moído processado na região de Campinas, estado de São Paulo. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v.5, n.1, p.113-117, 1996.

PEREIRA, R.G.F.A. **Efeito da inclusão de grãos defeituosos na composição química e qualidade do café (*Coffea arabica* L.) “Estritamente Mole”**. 1997. 96p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

PIMENTA, C. J. **Efeito da colheita e tempo de permanência dos frutos à espera da secagem, na qualidade do café *Coffea arabica* L.** 2001. 145p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

PIMENTA, C.J. **Qualidade do café (*Coffea arabica* L.) originado de frutos colhidos de quatro estádios de maturação.** Lavras: UFLA, 1995. 94p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos).

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

PITTIA, P.; DALLA ROSA, M.; LERICI, C.R. **Textural changes of coffee beans as affected by roasting conditions.** *Lebensmittel-Wissenschaft-und-Technologie*, v.34 n.3, p.168-175, 2001.

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

QUALIDADE no pé. *Jornal do Café*, Rio de Janeiro, v.8, n.91, p. 18-19, mar. 1999.

QUIJANO-RICO, M.; SPETTEL, B. **Determinación del contenido en varios elementos en muestras de cafés de diferentes variedades.** In: **INTERNATIONAL COLLOQUIUM ON THE CHEMISTRY OF COFFEE**, 7., 1975, Paris. *Proceedings...* Paris: ASIC.1975. p. 165-173.

RAGHAVAN, B.; RAMALAKSHMI, K. **Coffee: chemistry and tecnologia of its processing.** *Indian Coffee*, Bangalore, v.62, n.11, p. 3-11, Nov. 1998.

REDGWELL, R. J. et al. **Effect of roasting on degradation and structural features of polysaccharides in Arabica coffee beans.** *Carbohydrate Research*, Elsevier, London, v.337, p.421-431, 2002.

ROGERS, W. J. et al. **Changes to the content of sugars, sugar alcohols, myo-inositol, carboxylic acids and inorganic anions in development grains from different varieties of Robusta (*Coffea canephora*) and arabica (*C. arabica*) coffees.** *Plant Science*, Elsevier, London, v. 149, p. 115-123, 1999.

SABBAGH, N.K.; YOKOMIZO, Y. **Efeito da torração sobre algumas propriedades químicas de cafés Arábica e Robusta.** *Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.7, p. 147-161, 1976.

SCHLICH, P. What are the sensory differences among coffees? Multi-panel analysis of variance and FLASH analysis. *Food Quality and Preference*, v.9, n.3, p.103-106, 1998.

SINDICATO DA INDUSTRIA DO CAFÉ DE MINAS. *Café no mundo*. Sindicafé, Belo Horizonte. Disponível em: <http://www.sindicafé-mg.com.br/café_mundo.asp>. Acesso em: 10 jan.2004.

SIVETZ, M.; DESROSIER, N.W. Physical and chemical aspects of coffee. *Coffee Technology*, Westport, p. 527-575, 1979.

SMITH, R.F. Les acides chlorogéniques du café. *Café, Cacao, Thé*. v.7, n.3, July/Set. p-245-253, 1963.

SOUZA, M. C. M.; SAES, M. S. M. A qualidade no segmento de cafés especiais. *Informativo da Cooperativa dos Cafeicultores da Região de Garça*, v. 6, n.67, ago. 2001.

THEODORO, V. C. de A. Caracterização de sistemas de produção de café orgânico, em conversão e convencional. 2001. 214p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

VENKATESH, K.; BASAVRJA, K.; NAIDU, R. The need to produce specialty... special coffees *Indian Coffee*, Bangalore, v.62, n.11, p.12-15, nov. 1998

VILLELA, T. C. Qualidade do café cereja despulpado, desmucilado, descascado e natural, durante o processo de secagem. 2002. 69p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

WADA, K. et al. Statistical analysis of the relationships between analytical and sensory properties of coffee aroma. *Journal of the Agricultural Chemistry Society of Japan*, v.63, n. 9, p.1485-1491, 1989